

**APLICACIÓN DE MÉTODOS PARA CARACTERIZAR EL SISTEMA DE
ACUEDUCTO ACUAVARC, PANTANO DE VARGAS**



CHRISTIAN FELIPE SÁNCHEZ SÁNCHEZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN HIDROAMBIENTAL Y DESARROLLO
SOSTENIBLE
TUNJA
2019**

**APLICACIÓN DE MÉTODOS PARA CARACTERIZAR EL SISTEMA DE
ACUEDUCTO ACUAVARC, PANTANO DE VARGAS**



CHRISTIAN FELIPE SÁNCHEZ SÁNCHEZ

**TRABAJO COMO OPCIÓN DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

DIRECTOR DE TESIS:

ING. ROCIO RIVEROS SÁNCHEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN HIDROAMBIENTAL Y DESARROLLO
SOSTENIBLE**

TUNJA

2019

Nota de aceptación:

Ing. Mónica Helena Rodríguez Mesa
Decana de la facultad

Ing. Rocío Riveros Sánchez
Director de grado

Ing. Carlos Andrés Caro Camargo
Jurado

Ing. Laura Natalia Garavito Rincón
Jurado

Tunja, 12 de agosto de 2019

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Doy gracias a Dios por brindarme salud, sabiduría y perseverancia necesaria para enfrentar con criterio y valentía todas las adversidades.

A mi padre y madre por darme el ejemplo, la educación y principios éticos que me fueron inculcados en un hogar lleno de amor junto con mis hermanos.

A Alejandra Gómez por darme todo su apoyo emocional e incondicional; una audaz investigadora que sin ella no se habría cumplido éste objetivo.

A todos los profesores que intervinieron en mi educación, el ingeniero Néstor Rafael Perico Granados, la ingeniera Paula Suárez Alvarado y el ingeniero Camilo Lesmes que me guiaron y me apoyaron en el transcurso de éste proyecto.

Al señor Daniel Buitrago, Nilzon Ovidio Sánchez y Juan de Jesús León, representantes del acueducto ACUAVAC y colaboradores en el trabajo de campo y administrativo.

A todos mis amigos y compañeros que aportaron sus conocimientos en la búsqueda de éste logro.

La dedicatoria es para todos los usuarios del acueducto ACUAVARC, representantes legales y todos los jóvenes investigadores en busca del mejoramiento y protección de los recursos naturales y desarrollo sostenible.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	16
Introducción	17
1 Información preliminar	19
1.1 Localización general.....	19
1.2 Organización administrativa.....	21
2 Planteamiento del problema.....	22
2.1 Pregunta de investigación.....	23
3 Justificación.....	24
4 Objetivos	25
4.1 Objetivo general	25
4.2 Objetivos específicos.....	25
5 Estado del arte.....	26
5.1 Recurso hídrico a nivel mundial.....	26
5.2 Historia de los acueductos	27
5.3 Historia del tratamiento de agua:.....	29
5.4 Acueductos en Suramérica:	29
5.5 Primer acueducto en Colombia	30
5.6 Acueductos en el Pantano de Vargas.....	30
5.7 Marco legal.....	39
6 Materiales y métodos	42
6.1 Diagnóstico técnico del sistema	43

6.1.1	Identificar los procesos y componentes del sistema de acueducto.	43
6.1.2	Recopilar la información técnica y operativa existente.	43
6.1.3	Efectuar los trabajos de campo necesarios y análisis de la información...	44
6.1.4	Producción de informe completo del diagnóstico técnico.	53
6.2	Diagnóstico empresarial	54
6.2.1	Aspectos institucionales y legales	54
6.2.2	Aspectos administrativos	56
6.2.3	Aspectos financieros	57
6.2.4	Aspectos comerciales	61
6.2.5	Informe de diagnóstico empresarial	63
6.3	Balance de agua del sistema	64
6.4	Programa de control de pérdidas	66
6.4.1	Subprograma comercial	67
6.4.2	Subprograma técnico.....	68
6.5	Evaluación de sostenibilidad del recurso hídrico	73
6.6	Propuesta de mejoramiento	73
7	Análisis de resultados.....	74
7.1	Diagnóstico técnico del sistema	74
7.1.1	Procesos y componentes del sistema de acueducto.....	74
7.1.2	Información técnica y operativa existente.....	78
7.1.3	Trabajo de campo.....	81
7.1.4	Criterios de priorización del sistema técnico	98
7.2	Diagnóstico empresarial	99
7.2.1	Aspectos institucionales y legales	99

7.2.2	Aspectos administrativos	102
7.2.3	Aspectos financieros	104
7.2.4	Aspectos comerciales	108
7.3	Balance de agua del sistema	113
7.4	Evaluación de sostenibilidad del recurso hídrico	119
7.4.1	Seguridad hídrica	126
7.4.2	Calidad del agua.....	127
7.4.3	Agua potable	127
7.4.4	Saneamiento	127
7.4.5	Infraestructura	128
7.4.6	Robustez climática	128
7.4.7	Biodiversidad	128
7.4.8	Gobernanza	128
7.5	Propuesta de mejoramiento	130
7.5.1	Pérdidas técnico-operativas.....	130
7.5.2	Pérdidas comerciales.....	131
7.5.3	Captación.....	131
7.5.4	Aducción	131
7.5.5	Tratamiento	131
7.5.6	Almacenamiento	132
7.5.7	Distribución.....	132
8	Alternativas	133
9	Conclusiones	135
10	Recomendaciones.....	137

11	Referencias bibliográficas.....	138
12	Apéndices y anexos.....	142
12.1	Eventos académicos.....	142
12.2	Anexos	144

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Características del agua en estudio.....	32
Cuadro 2 Identificación de componentes del sistema de acueducto	43
Cuadro 3 Diagnóstico de la fuente	44
Cuadro 4 Diagnóstico de la captación.....	44
Cuadro 5 Diagnóstico del desarenador	45
Cuadro 6 Diagnóstico de aducción y conducción	45
Cuadro 7 Diagnóstico global de la planta de tratamiento	47
Cuadro 8 Diagnóstico de capacidad de la planta	48
Cuadro 9 Diagnóstico de eficiencia de la planta	48
Cuadro 10 Diagnóstico de los tanques de almacenamiento	49
Cuadro 11 Diagnóstico de caudales y estanqueidad en el tanque	50
Cuadro 12 Diagnóstico rápido de la red.....	52
Cuadro 13 Preguntas acerca del sistema técnico del acueducto	52
Cuadro 14 Formato guía para el desarrollo de acciones prioritarias.....	54
Cuadro 15 Diagnóstico sobre aspectos institucionales	55
Cuadro 16 Diagnóstico sobre los aspectos administrativos	56
Cuadro 17 Diagnóstico del personal	57
Cuadro 18 Diagnóstico de la gestión financiera	58
Cuadro 19 Análisis de los estados financieros.....	59
Cuadro 20 Proyecciones financieras	59
Cuadro 21 Análisis de cartera por edades	59
Cuadro 22 Diagnóstico de gestión comercial.....	60
Cuadro 23 Conexiones y/o usuarios del servicio	61
Cuadro 24 Consumos facturados	61
Cuadro 25 Análisis de consumos en usuarios sin medición	62
Cuadro 26 Facturación y recaudo	62
Cuadro 27 Estructura tarifaria del servicio de acueducto	63
Cuadro 28 Formato guía para el desarrollo de acciones prioritarias.....	64

Cuadro 29 Balance de aguas	65
Cuadro 30 Composición de las pérdidas en distribución	65
Cuadro 31 Porcentaje de pérdidas en cada etapa del sistema	72
Cuadro 32 Formulación del plan de acción.....	73
Cuadro 33 Componentes del sistema de acueducto ACUAVARC.....	75
Cuadro 34 Diagnóstico de la fuente de acueducto ACUAVARC.....	82
Cuadro 35 Diagnóstico de la captación.....	83
Cuadro 36 Aforo del caudal en zona de captación.....	83
Cuadro 37 Demanda hídrica del acueducto ACUAVARC en verano e invierno	84
Cuadro 38 Diagnóstico de los desarenadores del acueducto ACUAVARC	85
Cuadro 39 Diagnóstico de aducción y conducción	87
Cuadro 40 Diagnóstico global de la planta de tratamiento	87
Cuadro 41 Diagnóstico de capacidad de la planta	89
Cuadro 42 Diagnóstico de eficiencia de la planta de tratamiento	90
Cuadro 43 Resultados de ensayos a la entrada de la planta	91
Cuadro 44 Resultados de ensayos a la salida de la planta.....	91
Cuadro 45 Diagnóstico de los tanques de almacenamiento	92
Cuadro 46 Diagnóstico de caudales y estanqueidad en el tanque	93
Cuadro 47 Diagnóstico rápido de la red.....	94
Cuadro 48 Preguntas del sistema técnico del acueducto.....	97
Cuadro 49 Causas generales de pérdidas de agua en el acueducto ACUAVARC.....	98
Cuadro 50 Diagnóstico sobre aspectos institucionales	100
Cuadro 51 Diagnóstico sobre los aspectos administrativos	102
Cuadro 52 Diagnóstico del personal	103
Cuadro 53 Diagnóstico de la gestión financiera	104
Cuadro 54 Análisis de los estados financieros.....	106
Cuadro 55 Proyecciones financieras	107
Cuadro 56 Costo del agua de acuerdo a la cantidad de consumo	108
Cuadro 57 Análisis de cartera por edades	108
Cuadro 58 Diagnóstico gestión comercial	108

Cuadro 59 Conexiones y/o usuarios del servicio	110
Cuadro 60 Consumos facturados	111
Cuadro 61 Análisis de consumos a usuarios sin medición	111
Cuadro 62 Facturación y recaudo	112
Cuadro 63 Balance de agua.....	113
Cuadro 64 Determinación del número de hogares en el municipio de Paipa	115
Cuadro 65 Balance de agua.....	115
Cuadro 66 Balance de agua.....	116
Cuadro 67 Composición de las perdidas en distribución.....	118
Cuadro 68 Indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 localización geográfica del acueducto ACUAVARC.....	20
Figura 2 Organización administrativa del acueducto ACUAVARC	21
Figura 3 Calidad del agua en municipios de Colombia	22
Figura 4 Construcción de canales en la antigua Roma	28
Figura 8 Plano de planta de tratamiento y tanque de almacenamiento	79
Figura 9 Plano bocatoma ACUAVARC	80
Figura 10 Modelación 3D tanque de almacenamiento y planta existentes	81
Figura 11 Preguntas del sistema técnico del acueducto	97
Figura 12 Sistema de redes del acueducto ACUAVARC	99
Figura 13 Diagnóstico sobre aspectos institucionales.....	101
Figura 14 Diagnóstico sobre aspectos administrativos	103
Figura 15 Diagnóstico de la gestión financiera.....	105
Figura 16 Diagnóstico de la gestión comercial.....	110
Figura 17 Hogares en Paipa según número de personas	114
Figura 18 Manejo del recurso hídrico en el pantano de Vargas.....	119
Figura 19 Indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico, evaluación de 1-10	129

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1 Ganadería sobre las rondas de la quebrada aguas arriba de la bocatoma.....	74
Imagen 2 Bocatoma de fondo, cámaras de sedimentación para cada quebrada.....	76
Imagen 3 Planta de tratamiento acueducto ACUAVARC	77
Imagen 4 Tanque de almacenamiento acueducto ACUAVARC	77
Imagen 5 Método implementado para aforar corrientes de agua	82
Imagen 6 Desarenador aguas abajo de la bocatoma.....	86
Imagen 7 Mantenimiento y limpieza técnica de infraestructura ACUAVARC.....	86
Imagen 8 Aplicación de desinfectante al agua filtrada	88
Imagen 9 Planta de tratamiento, tanques de filtración	90
Imagen 10 Tanque de almacenamiento de acueducto ACUAVARC	93
Imagen 11 Pieza de registros, inicio de la red de distribución.....	95
Imagen 12 Ventosa de alta presión	96
Imagen 13 Ventosa improvisada con reducción a 3/4"	96

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1 Distribución de agua en el planeta tierra.....	26
Tabla 2 Clasificación del agua según su comportamiento en la coagulación	35
Tabla 3 Sistema de caracterización del recurso hídrico	120

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Plano general de planta, redes y usuarios	78
Anexo B Plano general de planta, redes y curvas de nivel	78
Anexo C Plano general de planta, redes, longitudes de red, diámetros existentes	78
Anexo D Certificado tercera jornada I3M: Investigación en 3 minutos	142
Anexo E Certificado, Primer encuentro internacional de investigación universitaria	143
Anexo F Informe resultados del agua, quebrada Caimán	144
Anexo G Informe resultados del agua, quebrada Caimán.....	145
Anexo H Informe resultados del agua, quebrada Peña amarilla	146
Anexo I Informe resultados del agua, quebrada Peña amarilla.....	147
Anexo J Certificado de calibración de medidores.....	148

RESUMEN

En el Pantano de Vargas actualmente se encuentran cuatro (4) acueductos que suministran a toda la vereda, de los cuales ninguno incluye un servicio de agua potable como lo exige el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en la resolución 0330 del 08 de junio de 2017, aumentando el riesgo de generar enfermedades producidas por bacterias como por ejemplo la Escherichia Coli. Por esta razón nuestro objetivo es caracterizar el sistema y elaborar una propuesta de mejoramiento del acueducto ACUAVARC. Dentro de la metodología que se llevó a cabo, se caracterizó y evaluó el sistema de acueducto ACUAVARC en todas sus etapas; por medio de procedimientos analíticos y estadísticos se obtuvo una base de datos que tiene en cuenta las falencias de suministro de agua a la totalidad de puntos del acueducto. En una segunda etapa se evaluó la sostenibilidad del recurso hídrico y la razón por la cual el actual sistema de tratamiento no tiene la capacidad de potabilizar el agua.

De acuerdo a que el índice de riesgo de la calidad del agua presenta un nivel alto para el consumo humano según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en la resolución 2115 del 22 de junio de 2007 y también se encuentran problemas en diferentes etapas del sistema; se genera una propuesta que a su vez permitirá mejorar las condiciones de salud en la vereda Pantano de Vargas al brindarles un suministro adecuado de agua potable.

Palabras clave: sostenibilidad, oferta hídrica, agua cruda, aducción, tratamiento de agua, agua potable, distribución.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que mejoran las condiciones de vida de la población es el hecho de contar con agua de calidad, ya que es uno de los elementos fundamentales para cumplir las necesidades básicas de cada persona, por eso en esta constante evolución se busca contribuir cada vez más a lograr el mejoramiento e implementación de las plantas de tratamiento de agua y a su vez la calidad de la misma, para esto es importante llevar a cabo este tipo de proyectos, que permitan conocer las problemáticas y así realizar propuestas que generen un cambio en la salud pública, como es el caso de este proyecto: APLICACIÓN DE MÉTODOS PARA CARACTERIZAR EL SISTEMA DE ACUEDUCTO ACUAVARC, PANTANO DE VARGAS.

El acueducto ACUAVARC, está ubicado en la vereda del Pantano de Vargas, dando cobertura de su servicio a la mayor parte de la población. Población que ha venido creciendo de manera vertiginosa en los últimos años por el incremento de la actividad turística debido a su patrimonio histórico, ya que en esta zona hace doscientos años se libró la batalla más significativa de la campaña libertadora. Posterior al hecho histórico, que genera el desarrollo y reconocimiento de la región ha propiciado la captación de aguas de las fuentes hídricas que bañan el territorio para surtir éste y otros acueductos, pero hasta la fecha no se ha logrado la potabilización de las mismas; es por esto que el objetivo de este proyecto es caracterizar el sistema de acueducto ACUAVARC en busca de evaluar la infraestructura ya existente y su funcionamiento, e implementar métodos y generar propuestas que ofrezcan un suministro de agua potable completo para todos los usuarios.

La universidad Santo Tomas de Tunja, patrocinó el análisis de agua de las quebradas Caimán y Peña amarilla; por medio de la I convocatoria interna relámpago de consolidación y fortalecimiento de semilleros de investigación. Los resultados obtenidos, permitieron concluir que esta agua no cumple con los parámetros de calidad físico-químicos y microbiológicos, sumándole a esto que el suministro de agua no es eficiente.

Haciendo uso de la cartilla de agua no contabilizada del Ministerio de Desarrollo Económico (hoy Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio), se va a caracterizar el sistema de acueducto, posteriormente se hace la evaluación de sostenibilidad del recurso hídrico desde la captación hasta la distribución y vertimiento, determinando las fallas del sistema y así generar una propuesta de mejoramiento.

1 INFORMACIÓN PRELIMINAR

1.1 LOCALIZACIÓN GENERAL

La Asociación De Suscriptores del Acueducto Sector Varguitas y Centro ACUAVAC, presta sus servicios a la vereda del Pantano de Vargas, Paipa, Boyacá en la que se encuentra ubicado y cuenta con una concesión de aguas superficiales otorgada por CORPOBOYACÁ, según la resolución No. 277 del 24 de febrero de 2014.

El municipio de Paipa que forma parte del corredor industrial de Boyacá, limita por el norte con el departamento de Santander, por el oriente con los municipios de Duitama y Tibasosa, por el sur con Firavitoba y por el occidente con Sotaquirá y Tuta. La vereda del Pantano de Vargas se localiza al sureste del municipio de Paipa, en límites con el municipio de Tibasosa. Los 272 usuarios del acueducto están ubicados en los sectores Centro, Caños, Gachal, llanito, Peña y Varguitas.

La fuente de abastecimiento proviene de la cuenca hidrográfica del páramo Caimán y el Peñón, que aporta el suministro de agua por medio de las quebradas Caimán y Peña amarilla respectivamente.

El acueducto se encuentra ubicado a 5.72800264N, -73.05865191E a una altura de 2611.01 msnm teniendo como punto de georreferenciación la bocatoma.

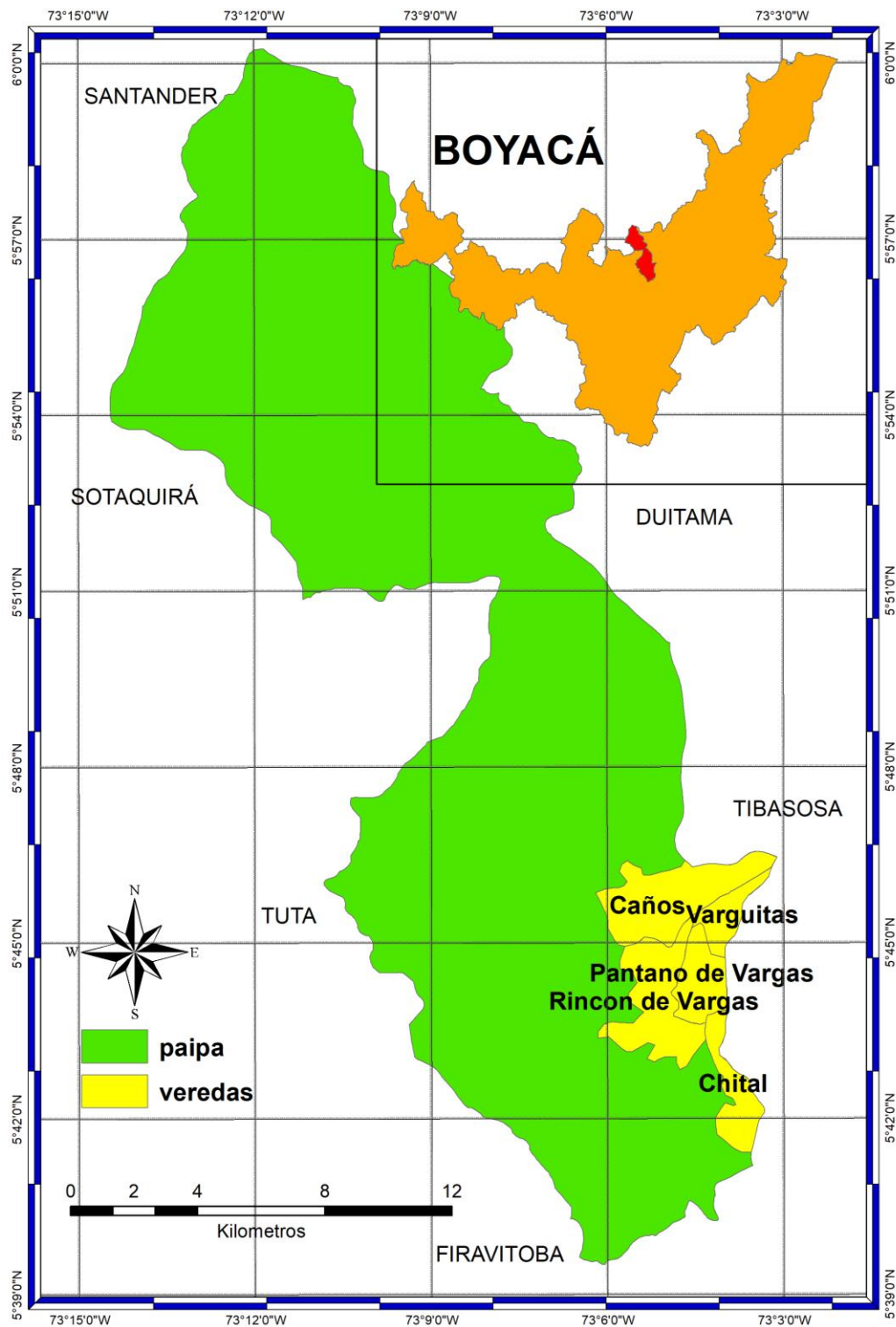


Figura 1 localización geográfica del acueducto ACUAVARC

Fuente: Autor, basado en la cartografía del IGAC.

1.2 ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA

Los usuarios del acueducto ACUAVARC eligen democráticamente una junta administrativa que los represente. Ésta junta es conformada por los mismos usuarios que se reeligen cada cuatro años, a continuación, se muestra la organización administrativa del acueducto:

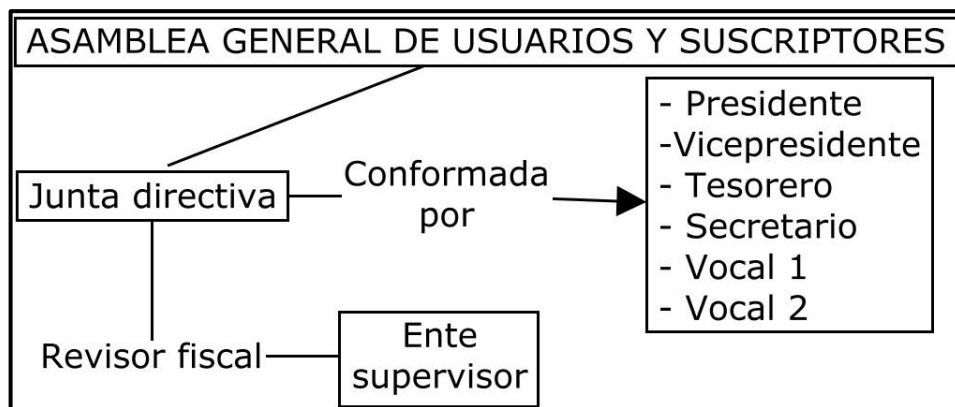


Figura 2 Organización administrativa del acueducto ACUAVARC

Fuente: Autor

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de que se cuenta con diferentes avances tecnológicos, que permiten realizar procesos de potabilización de agua, aún se puede observar que existen lugares urbanos y rurales que no cuentan con sistemas que garantizan la calidad del recurso hídrico. En Colombia, los municipios que incluyen el tema de la calidad del agua en su plan de desarrollo, se tiene que solo el 29% del sector urbano y el 8% del sector rural ofrecen agua potable a sus habitantes. Dichos datos corresponden al 52% en sector urbano y 37% en sector rural de los municipios que informan de la calidad de agua de acuerdo [1].

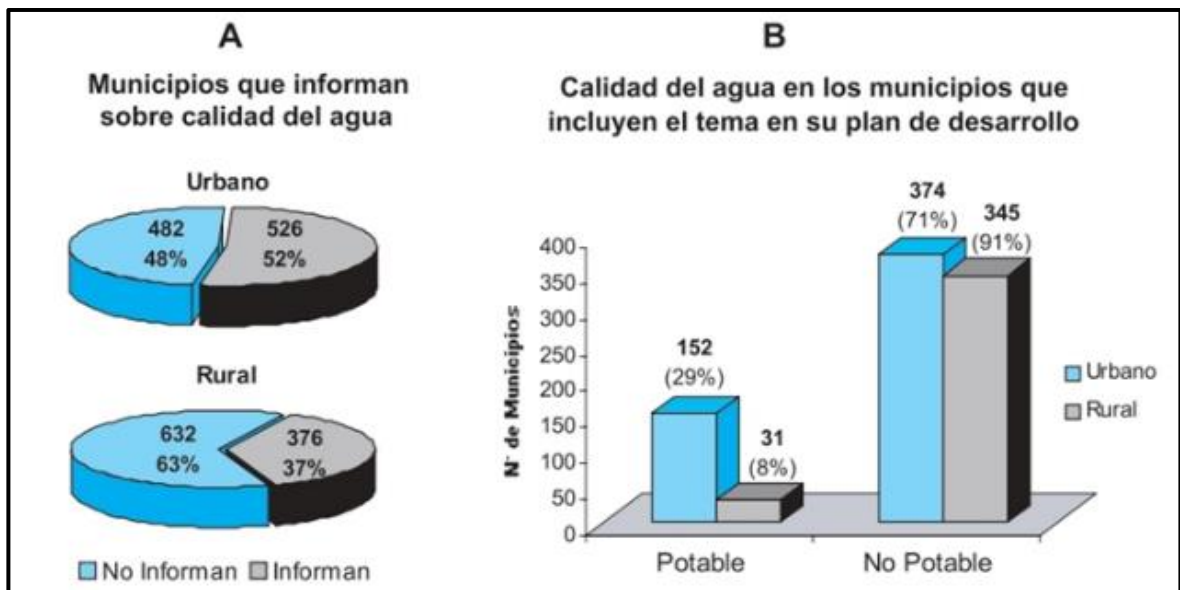


Figura 3 Calidad del agua en municipios de Colombia

Fuente: UNICEF, «Infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales. la planeación local, una oportunidad para todos los niños, niñas y adolescentes del país cuentan con un ambiente adecuado para su desarrollo,» UNICEF, p. 37, 2006.

Los datos del ensayo de calidad del agua para consumo humano del acueducto ACUAVARC, son información obtenida de la empresa ANALIZAR LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO LTDA y la secretaria de salud. La información de éstos ensayos nos indica que el índice de riesgo de calidad del agua para el consumo humano es inviable sanitariamente en la captación

y un nivel de riesgo alto en la distribución, esto de acuerdo con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en la resolución 2115 del 22 de junio de 2007.

El acueducto ACUAVARC, Paipa Boyacá que ofrece su servicio a la vereda Pantano de Vargas, presenta problemas en la captación, tratamiento, infraestructura y distribución, viéndose directamente afectados los usuarios de los 272 puntos con principal uso doméstico, localizados en los sectores Caños, Centro, Gachal, llanito, Peña y Varguitas, a causa de que el agua que les está siendo distribuida, no cumple con los parámetros de potabilidad y calidad, de igual manera hay puntos en los que el suministro no llega a toda hora. datos suministrados por la actual junta directiva del acueducto ACUAVARC. De acuerdo con esto:

2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué acciones y prioridades se deben tener en cuenta para poder ofrecer un suministro de agua potable y continuo a cualquier hora del día por el acueducto ACUAVARC?

3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente la comunidad que se suministra de agua por el acueducto ACUVARC es de aproximadamente 1000 personas; la cual no cuenta con las óptimas condiciones para suministrarse de agua potable [2]. Al plantear un sistema mejorado de suministro y tratamiento de agua, las condiciones de vida de esta población van a mejorar, teniendo en cuenta las diversas enfermedades que se transmiten por consumir agua no potable.

De igual forma, al prestar un servicio de mayor calidad, el valor económico del servicio de agua aumentaría y, por consiguiente, la población se vería forzada a aprovechar de forma adecuada el recurso hídrico; evitando así su desperdicio, hecho que comúnmente ocurre en las zonas rurales de nuestro país (basado en encuestas realizadas a representantes de la junta del acueducto ACUAVARC).

Siguiendo las propuestas y recomendaciones que se generan en éste proyecto, se marcaría una pauta para incentivar la potabilización del agua en la vereda del Pantano de Vargas, ya que esta vereda cuenta con cerca de cuatro (4) acueductos más, de los cuales ninguno presta en la actualidad el suministro de agua potable.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el sistema de acueducto ACUAVARC en busca de evaluar la infraestructura ya existente y su funcionamiento, e implementar métodos y generar propuestas que ofrezcan un suministro de agua potable completo para todos los usuarios de este acueducto.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el manejo del recurso hídrico desde su captación hasta la distribución a los usuarios del acueducto ACUAVARC.
- Evaluar la sostenibilidad del recurso hídrico del acueducto ACUAVARC en las etapas de captación, aducción, tratamiento, conducción, almacenamiento, distribución y vertimiento.
- Proponer un plan de mejoramiento teniendo en cuenta las fallas encontradas en el diagnóstico.

5 ESTADO DEL ARTE

5.1 RECURSO HÍDRICO A NIVEL MUNDIAL

Según Peter H. Gleik [3] cerca del 70% de la superficie terrestre está cubierta por agua, y los océanos contienen alrededor del 96,5% de toda el agua del planeta. Pero también hay agua en el aire en forma de vapor de agua, en ríos y lagos, casquetes polares y glaciares, en la tierra como humedad y en acuíferos, incluso en los cuerpos de todos los seres vivos en la siguiente proporción:

Tabla 1 Distribución de agua en el planeta tierra.

Fuente de agua	volumen de agua en millas cúbicas	volumen de agua en kilómetros cúbicos	porcentaje de agua dulce	Porcentaje total de agua
Océanos y mares	321000000	1338000000	--	96,54
glaciares y nieve	5773000	24064000	68,7	1,74
agua subterránea	5614000	23400000	--	1,69
- dulce	2526000	10530000	30,1	0,76
- salada	3088000	12870000	--	0,93
humedad de la tierra	3959	16500	0,05	0,001
hielo de tierra	71970	300000	0,86	0,022
lagos	42320	176400	--	0,013
- dulce	21830	91000	0,26	0,007
- salada	20490	85400	--	0,006
atmósfera	3095	12900	0,04	0,001
agua de pantanos	2752	11470	0,03	0,0008
ríos	509	2120	0,006	0,0002
agua biológica	269	1120	0,003	0,0001

Fuente: P. H. Gleik, «Water in crisis,» *Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security Stockholm Environment Institute, Oxford University*, p. 13, 1993

“La importancia del agua trasciende no solamente el ámbito de su uso como elemento fundamental de supervivencia: alrededor de ella han surgido actividades económicas, socioculturales, recreativas y religiosas. La mayoría de Estados reconocen al agua como un derecho fundamental de los ciudadanos, apoyado en el establecimiento de pactos y acuerdos internacionales para formalizar este propósito” [4].

5.2 HISTORIA DE LOS ACUEDUCTOS

Isabel Rodá, en 1985 dijo: “Para abastecer de agua a las ciudades, los romanos crearon un impresionante sistema de canales y puentes monumentales. La tecnología que se desarrolló para su captación, distribución y consumo no encuentra comparación hasta nuestro mundo contemporáneo. Es cierto que en las ciudades griegas se construyeron sistemas de túneles, galerías o cisternas, a veces de dimensiones considerables, pero quedan muy lejos de los impresionantes acueductos que los romanos, con sus grandes dotes para la ingeniería y la arquitectura, sembraron a lo largo y ancho de su imperio.

En su mayor parte la conducción de agua se hacía bajo tierra, por canales cuya construcción suponía un ingente trabajo colectivo. Una vez fijado el recorrido, se excavaban una serie de pozos a 70 metros de distancia entre sí, y cuando se alcanzaba la profundidad deseada empezaba la construcción del canal. Los pozos servían para retirar la tierra en cestas y para bajar el material constructivo” [5].

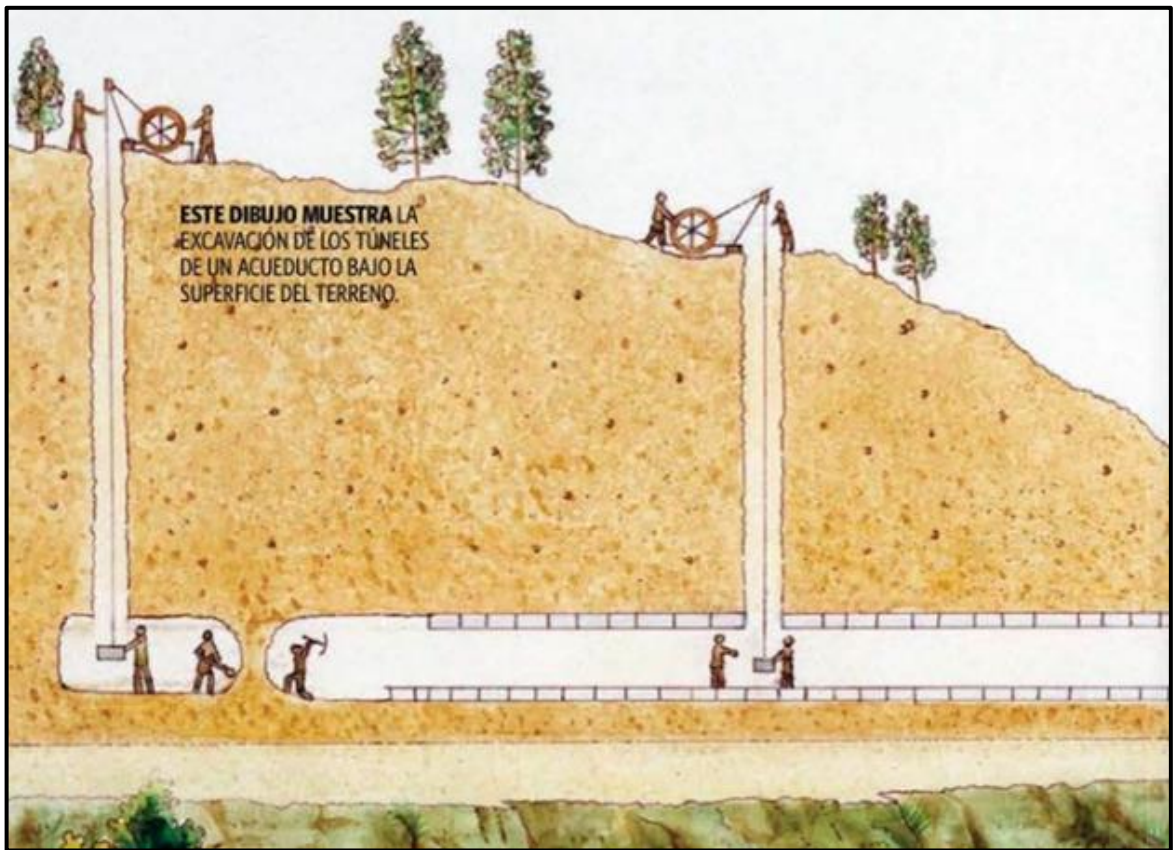


Figura 4 Construcción de canales en la antigua Roma

Fuente: I. Rodà, «La obra maestra de ingeniería romana, Acueductos,» *Universidad autónoma de Barcelona*, p. 4, 1985.

En el libro “La obra maestra de la ingeniería romana de Isabel Rodà”. Las canalizaciones romanas transportaban el agua desde las fuentes hasta la ciudad a lo largo de decenas de kilómetros. La ruta debía seguir una suave pendiente, de modo que la simple fuerza de gravedad impulsara el agua hasta el destino, los ingenieros romanos seguían todo lo posible el relieve natural del terreno, construyendo canales subterráneos de escasa profundidad, aunque eso supusiera dar largos rodeos; por ejemplo, el AQUA TRAIANA recorría en total 90 kilómetros, mientras que la distancia en línea recta entre la fuente y Roma era de unos 50 kilómetros. Solo cuando no había otro medio –para salvar un valle o evitar un descenso brusco de nivel- se construían las espectaculares arquerías, a veces de varios pisos, que constituyen para nosotros el emblema de los acueductos [5].

5.3 HISTORIA DEL TRATAMIENTO DE AGUA:

De acuerdo a un artículo publicado en Lenntech llamado “historia del tratamiento del agua potable”. Los seres humanos han almacenado y distribuido el agua durante siglos. En la época en que el hombre era cazador y recolector el agua utilizada para beber era agua del río. Cuando se producían asentamientos humanos de manera continuada estos siempre se producen cerca de lagos y ríos. Cuando no existen lagos y ríos las personas aprovechan los recursos de agua subterráneos que se extrae mediante la construcción de pozos.

Los griegos fueron de los primeros en tener interés en la calidad del agua. Ellos utilizaban embalses de aireación para la purificación del agua. Los romanos utilizaban el sistema de tratamiento por aireación como método de purificación. El agua de mejor calidad y por lo tanto más popular era el agua proveniente de las montañas.

El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow.

En 1806 París empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. El agua sedimenta durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consisten en arena, carbón y su capacidad es de seis horas.

En 1827 el inglés James Simplón construye un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública [6].

5.4 ACUEDUCTOS EN SURAMÉRICA:

Para el siglo XV en lo que se conoce como territorio pre-colombino, el imperio Inca había desarrollado una tecnología para la distribución de agua por medio de zanjaz descubiertas, canales subterráneos y galerías filtrantes. Que hoy en día siguen funcionando y mantienen cultivos y bellos jardines, aparte de ser un destino turístico de importancia internacional. Estos canales van en dirección paralela a la de los ríos y contruidos en depósitos aluviales que conforman el gran valle de Nazca. Las galerías filtrantes que contruían eran recubiertas

por rocas simplemente apoyadas y el techo era de troncos o rocas en forma de losa, estas construcciones pueden tener distancias entre los 200 y 1500 metros [7].

5.5 PRIMER ACUEDUCTO EN COLOMBIA

De una entrevista con María Carolina Castillo, la gerente de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá, Yolanda Gómez genera el siguiente artículo para el periódico EL TIEMPO:

Después de 130 años del primer acueducto, hoy el reto es ambiental. Era el 2 de julio de 1888. Bogotá tenía 40.000 habitantes y llevaba 350 años tomando agua de las pilas públicas. Ese año empezó un cambio definitivo: entró a operar el primer acueducto de hierro y el líquido empezó a llegar a las casas. El agua corriente que llegaba en una tubería de 1/4”.

Hoy, nueve millones de personas (de Bogotá y los municipios vecinos) reciben la mejor agua potable de América Latina, que se produce a 2.533,84 pesos el metro cúbico. La infraestructura incluye seis plantas de tratamiento (Wiesner, Tibitoc, Dorado, Yomasa, Vitelma y Laguna), 63 estaciones de bombeo que garantizan suministro a barrios de los cerros, 54 tanques de almacenamiento y una red matriz y de distribución que llega hasta los rincones de la ciudad (Gómez Yolanda, 2018) [8].

5.6 ACUEDUCTOS EN EL PANTANO DE VARGAS

En 1969, para la fecha de inauguración del monumento a los 14 lanceros, la empresa de servicios de riego y drenaje se ve obligada a drenar el pantano hacia las rondas del río Chicamocha, con el fin de adecuar el ingreso al monumento y la zona central de la vereda. Toda la zona que era pantano se empieza a usar para la agricultura y ganadería, sin embargo, no tenían un sistema de suministro de agua más que la quebrada Varguitas que aún mantiene el cauce atravesando las fincas del sector. Más tarde, el 3 de marzo de 1984 el señor José Rogelio Sánchez Vásquez organiza una junta con 152 usuarios para construir las redes de distribución e infraestructura para la captación y el almacenamiento, tomando niveles y aprovechando la gravedad se recorre un trayecto de aproximadamente 3.2km desde la unión

de la quebrada peña amarilla con el caimán (en la bocatoma), hasta la vereda. Haciendo llegar el agua a todos los usuarios, creando así lo que es el actual acueducto ACUAVARC. Ésta información fue suministrada por gente de la zona y los datos y fechas están en el libro de matrículas en manos de la actual junta directiva.

Hoy en día en la era contemporánea sabemos que el agua es un elemento fundamental para las necesidades básicas de cada persona; sin embargo, es perjudicial para la salud utilizarla sin una correcta purificación o tratamiento de ella. Para esto, diferentes autores nacionales e internacionales han hecho diferentes estudios y propuestas de mejoramiento en las que podemos encontrar:

Gerson Pavanelli en el 2001 estudia la eficiencia de diferentes tipos de coagulantes para la floculación y sedimentación de agua con turbidez elevada en São Carlos, Brasil. En los que busca obtener las dosificaciones adecuadas de sulfato de aluminio, cloruro férrico, hidroxiclорuro de aluminio, sulfato férrico para la obtención de condiciones optimizadas de coagulación en mecanismos de exploración para aguas con turbidez elevada.

Para el desarrollo de su investigación fueron utilizados los siguientes equipos:

- potenciómetro modelo 420A de la marca ORION
- Turbidímetro modelo 2100P de la marca HACH
- Espectrofotómetro de lectura digital. modelo DR 4000 de la marca HACH.
- Centrífuga de banco, modelo 215 de la marca FANEM.
- Conductímetro modelo DS-15 de la marca HORIBA.
- Agitador marca FISATON 220v, con rotación variable.
- Cronometro digital con precisión de 0,01s.
- Termómetro de bulbo.

Para el procedimiento utilizaron dos tipos de agua y cuatro tipos de coagulantes, en los que se ejecutó la coagulación, floculación y decantación. Medición de parámetros y construcción de diagramas.

El agua Tipo 1 posee elevada turbidez y bajo color verdadero; el agua Tipo 2 tiene alto color verdadero y baja turbidez. En la preparación de las aguas se utilizaron ácido húmico y caolinita.

En el agua tipo 1 fue empleada la caolinita. con el fin de reducir los errores en la preparación de las muestras y también de remover las partículas de arcilla de mayor tamaño, es necesaria la preparación de una suspensión madre de arcilla en agua des-ionizada. Esta suspensión fue preparada mediante adición de arcilla en agua des-ionizada utilizando un contenedor de 18 litros y para este volumen se añadieron 386 g de Caolín K-5, siendo el resto completado con agua des-ionizada. Después de dos horas de agitación violenta, seguidas por quince horas de reposo se recogió el sobrenadante de esa suspensión. colocándola en recipientes y mantenidos llenos con agua des-ionizada por un período de tiempo de 15 días. El agua en estudio fue recolecta de la del pozo y almacenada en depósito de PVC con capacidad de 1500 litros, La dispersión ya lista fue agregada poco a poco en la caja de PVC. y con una escoba de nylon la dispersión fue homogeneizada.

La turbidez fue controlada para no sobrepasar el límite de 100 μ T. Fue necesaria la preparación de otra suspensión madre para conseguir la turbidez deseada. Eran esperados 20 días para estabilización de la dispersión, es decir, hasta medir los parámetros necesarios del agua de estudio en este período, no se observan alteraciones, y llegando a las siguientes características para el agua tipo 1.

Se hizo el mismo procedimiento para el agua de tipo 2 en los que se determinó los siguientes datos:

Cuadro 1 Características del agua en estudio

Parámetro	Agua tipo 1	Agua tipo 2
Color aparente (μ C)	-	160
Color verdadero (μ C)	-	102
Turbidez (μ T)	102	6,20
pH con agitación	7,60	7,55
pH sin agitación	7,75	7,95

Alcalinidad (mg/l de CaCO ₃)	30	30
Conductividad (μS/cm) 25°C	50	50
Dureza (mg/l de CaCO ₃)	15,20	15,2

Fuente: G. Pavanelli, Eficiência De Diferentes Tipos De Coagulantes Na Coagulação, Floculação E Sedimentação De Água Com Cor Ou Turbidez Elevada, São Carlos, 2001.

Se encontró que con el equipo estático se puede determinar, para un agua cualquiera, valores de pH y dosificación para un coagulante, con el fin de optimizar estos parámetros. La utilización del diagrama de coagulación como una herramienta se ha mostrado gran utilidad para definir en él, regiones optimizadas de turbidez o color. Se puede conseguir una gran economía en el consumo de productos químicos para el tratamiento de agua cuando se estudia con los coagulantes disponibles los intervalos de pH y dosificaciones optimizadas a través de los diagramas de coagulación [9].

Comparando los diagramas de coagulación para los diversos coagulantes estudiados se ha comprobado que:

- No siempre grandes dosificaciones proporcionarán una gran remoción de turbidez o color restante.
- Se observan los intervalos de pH óptimos para el agua tipo 1 (remoción de turbidez). se observa que el cloruro y el sulfato férrico tuvieron mejores desempeños para intervalos de valores de pH bajos [9].

Para el año 2010 la aspirante a ingeniería civil en la universidad militar nueva granada Dayana Katherine Grisales Penagos; estudio los sistemas no convencionales de tratamiento de aguas superficiales para comunidades de desplazados en estado de emergencia (caso Villa Clarín). Villa Clarín es una unidad o integración social en gestación dentro del corregimiento de Palermo, Magdalena, la cual se encuentra en peligro por la incertidumbre legal de los terrenos que son habitados. Su referencia territorial primordial es el caño Clarín, la escuela y las casas que están alrededor. Villa Clarín es un territorio dependiente que no se basta así mismo, no tienen vías de acceso ni agua potable, tampoco condiciones mínimas para desarrollar una vida digna.

Como objetivos se tienen analizar alternativas de sistemas no convencionales de tratamiento de aguas superficiales que aporten en la mejora de la calidad de vida a desplazados en estado de emergencia. Dentro de su metodología se recopiló información, se hicieron visitas técnicas, toma de muestras, análisis y caracterización del agua, elaboración de una propuesta de mejoramiento, resultados y conclusiones. En el tratamiento del agua estuvo en estudio la coagulación y floculación en la que se hicieron laboratorios con mandioca o yuca y semillas de moringa, almacenamiento y sedimentación, filtros de mesa con filtros de vela filtrante, carbón y arena, desinfección por medio de radiación solar y cloración, determinación de habitantes y consumo de agua.

Para la selección del grupo de sistemas de tratamiento se tuvo en cuenta los factores como costo, tamaño y facilidad de manejo aparte de la caracterización físico-química y microbiológica. Las técnicas de tratamiento doméstico del agua pueden ser aplicadas por cualquier miembro luego de una breve información básica [10].

En la revista de la facultad de ciencias básicas de la universidad militar nueva granada, la M.Sc. Arcila Hildebrando y el investigador Jhoan Jaramillo exponen agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua [11]. En busca de nuevas alternativas para mejorar la calidad del agua encuentran que elementos de la naturaleza no invasivos tienen la capacidad de desarrollar procesos de coagulación y floculación eficaces.

El proceso de coagulación reduce la carga negativa, contribuyendo a la agregación de partículas para la formación de microfloculos. La floculación consiste en la agregación de partículas para formar floculos más grandes. La sedimentación comprende la precipitación de sólidos, incluyendo los sólidos debidos a la contaminación y los sólidos generados por los químicos. La floculación depende de la temperatura y el pH del agua. Este proceso involucra los siguientes pasos:

- Mezclado rápido: su objetivo es dispersar los químicos en el agua, reducir las fuerzas repulsivas entre las partículas, es decir permitir la coagulación.
- mezclado lento: su objetivo es mantener los componentes en el agua mezclados y promover la formación de floculos largos.
- Sedimentación: el mezclado es suspendido para promover la precipitación del floculo.

Tabla 2 Clasificación del agua según su comportamiento en la coagulación

Tipo de agua	Tipo de coagulación	Requerimiento
Baja concentración de coloides, baja alcalinidad.	Formación de precipitado. Floc de barrido.	Alta dosis de coagulantes, adición de alcalinidad o partículas o ambas.
Baja concentración de coloides, alcalinidad	Formación de precipitado, Floc de barrido.	Alta dosis de coagulantes, adición de partículas.
Alta concentración de coloides, baja alcalinidad.	Adsorción de polímeros metálicos positivos, en la superficie de los coloides. (pH 4 a 7)	Dosis de coagulantes incrementa con concentración de partículas, adición de alcalinidad.
Alta concentración de coloides, alta alcalinidad.	Adsorción de polímeros metálicos positivos y precipitaciones de hidróxidos. (pH>7)	Dosis de coagulante incrementa con concentración de partículas.

Fuente: H. Ramírez Arcila y J. Jaramillo Peralta, «Agentes Naturales Como Alternativa Para el Tratamiento del Agua,» *Revista Facultad de Ciencias Básicas* , vol. 11(2), pp. 136-153, 2016.

Los principales coagulantes para estabilizar partículas son:

- sulfato de aluminio
- aluminato de sodio
- cloruro de aluminio
- cloruro férrico
- sulfato férrico
- sulfato ferroso
- poli-electrolitos (ayudante de floculación)

siendo los más utilizados las sales de aluminio y hierro. Durante los últimos años científicos de todo el mundo han intentado hallar, entre la flora y la fauna, especies endémicas capaces de remover con eficiencia las impurezas presentes en el agua destinada para consumo

humano. Motivados por esta situación investigadores serbios estudiaron las semillas de bellota europea y varias especies de roble. Para cada prueba se usaron 4 muestras con 300 ml de agua con diferente turbidez inicial, entre 17.5 y 70 NTU. Con el fin de cuantificar la actividad coagulante de cada extracto preparado, se realizaron varios ensayos de jarras, donde la mezcla rápida se realizó a 300 rpm por 1 minuto, manteniendo velocidad coagulación de 80 rpm por 30 min y la sedimentación duro 1 hora. La mayoría de los extractos naturales se derivan de semillas, de hojas, de cortezas o savia, de raíces y de frutas, extraídos de árboles y de plantas [11].

Varios agentes naturales son citados en este artículo entre ellos están:

- Moringa Oleífera
- Cactus para aclaración del agua
- Almidones
- Taninos
- Agentes de origen animal

En conclusión: El empleo de los agentes naturales para el tratamiento del agua cruda, es una técnica muy antigua, sin embargo, en las últimas décadas su estudio ha profundizado generando nuevas alternativas mediante el uso de agentes origen vegetal o animal.

Todos los extractos, de origen natural, ensayados y reportados por en esta revisión son eficientes en la remoción de turbidez del agua, comparados en algunos casos con el sulfato de férrico o aluminio.

La adición de coagulantes naturales, como ayudas de coagulación, reduce significativamente la dosis de productos químicos.

Los coagulantes naturales funcionan mediante un mecanismo de adsorción seguido por la neutralización de carga.

El empleo de materiales naturales puede minimizar el impacto de los coagulantes químicos, reduciendo de manera significativa los costos de tratamiento si se dispone de ellos a nivel local.

Las fuentes para la producción de agentes naturales dependen, en gran medida, de la disponibilidad de los recursos.

Diversos estudios han demostrado que la actividad coagulante de las semillas de Moringa es comparable con la obtenida por el uso de sulfato de aluminio, Con la ventaja de no alterar las propiedades del agua tratada, por lo que se recomienda su uso en poblaciones rurales como un sustituto eficaz, barato y sin riesgos para la salud para la población consumidora [11].

Dustin Stephan Meléndez y Ángela María Sánchez realizan un diagnóstico y recomendaciones para la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Corinto, Cauca. De acuerdo a que es una necesidad la implementación de alternativas para el mejoramiento del agua; ellas hacen una propuesta de recomendación para la optimización técnica de la planta ya existente y así mejorar el funcionamiento, cobertura y calidad de vida de la población.

Dentro de su metodología en primera instancia hacen un diagnóstico de las condiciones actuales que presenta la planta de tratamiento de agua potable, en la que se logró recopilar información como la captación de agua en la quebrada Chicharronal y el río la Paila. Consta de bocatomas de fondo y cuatro desarenadores en concreto reforzado.

- El proceso de tratamiento del agua potable empieza con la mezcla rápida en un vertedero rectangular y coagulantes tipo A [sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$].
- Mezcla lenta que consta de un floculador hidráulico de flujo horizontal de dos unidades en concreto reforzado.
- Sedimentador convencional en concreto reforzado.
- Sedimentador de alta tasa en concreto reforzado.
- Seis filtros de alta tasa en concreto reforzado con arena, grava y antracita como material filtrante.
- Inyección de cloro gaseoso para la desinfección
- Almacenamiento en tres tanques de concreto de 600 m³ 800 m³ y 10 m³.

De acuerdo con el análisis y diagnóstico que se ejecutó, se concluye que, aunque en el diagnóstico algunos parámetros no cumplieron con los rangos establecidos por el RAS2000. En los resultados de las pruebas físico-químicos hechas al agua, se ve claramente que el agua cruda después del proceso de tratamiento pasa a ser agua potable y que el agua es óptima para el consumo humano [12].

Actualmente En la guía metodológica para la formulación y diseño de sistemas de acueductos rurales se señalan los requisitos y procedimientos técnicos recomendados para la formulación y diseño de sistemas de acueducto para suministrar agua apta para consumo humano para la población ubicada en zona rural y suburbana colombiana, de acuerdo con la clasificación de suelo rural y suelo suburbano. según lo que se define en los POT de cada municipio [13].

En la resolución 3382 del 01 de octubre de 2015 se define los criterios de calidad para el uso de las aguas superficiales en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá. Para la planificación y administración del recurso agua, de conformidad con las disposiciones contenidas en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 y demás normas que rigen la materia, o las normas que las sustituyan o modifiquen, se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua [14]:

1. Consumo Humano y Doméstico que requieren Tratamiento Convencional.
2. Consumo Humano y Doméstico que requieren Desinfección.
3. Agrícola
4. Pecuario
5. Recreación con contacto primario
6. Recreación con contacto secundario
7. Preservación de Flora y Fauna

Según los estudios realizados por la UNICEF, en los que se evidencia que sólo el 8% de los acueductos rurales en Colombia ofrecen agua potable en su servicio, podemos decir que se activa una alarma de salud pública, ya que el resto de los acueductos no está cumpliendo con los índices mínimos de calidad del agua, dentro de estos el acueducto ACUAVARC. Éste es un motivo relevante de investigación por el cual diferentes autores citados anteriormente, han hecho aportes en el tratamiento y manejo del agua.

5.7 MARCO LEGAL

- **Decreto 1449 de 1977.** establece obligaciones a los propietarios de predios para conservación, protección y aprovechamiento de las aguas.
- **Decreto 1541 de 1978.** reglamenta los usos del agua, define procedimientos para obtención de permisos de vertimiento, obliga el pago de tasas retributivas, obliga a llevar registros de vertimientos, establece la necesidad y procedimientos de concesiones y establece sanciones por infracción de normas. También establece prioridades para la distribución del agua.
- **Decreto 2857 de 1981.** reglamentario de la ley 2811 de 1974 en lo referente a cuencas hidrográficas, éste decreto, asigna a las Corporaciones Autónomas Regionales, Ministerio de Agricultura, y Asociaciones de Usuarios, competencias para ordenamiento territorial y manejo de cuencas. También definen competencias y obligaciones para la conservación de cuencas.
- **Decreto 1594 de 1984.** Uso del agua y residuos líquidos: reglamenta usos del agua y residuos líquidos y, entre otros temas establece metodologías para análisis y seguimiento de calidad de fuentes, obligación de permisos de vertimiento, requerimiento de tratamiento de efluentes, planes de cumplimiento, control y sanciones, normas de calidad para diferentes usos.
- **Ley 99 de 1993.** Crea el Ministerio del medio Ambiente (hoy MAVDT), reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Define el marco legal y asigna funciones en relación con la formulación de la Política Nacional Ambiental, ordenamiento territorial y manejo de cuencas, obras de infraestructura, control de contaminación, definición y aplicación de tasa de uso del agua y retributivas, licencias ambientales, concesiones de agua y permisos de vertimiento, control, seguimiento y sanciones, manejo de conflictos de competencias, cuantificación del recurso hídrico, seguimiento del recurso hídrico, seguimiento de la calidad del recurso hídrico, conservación de cuencas, instrumentos económicos y de financiación.

- **Decreto 1277 de 1994.** entre otras funciones, asigna al IDEAM la de elaborar un balance anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales y cuantificar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico.
- **Ley 142 de 1994.** Régimen de servicios públicos domiciliarios.
- **Ley 373 de 1997.** obliga a incorporar el programa de uso eficiente del agua a nivel regional y municipal, y a utilizar métodos eficientes en el uso del recurso hídrico. También obliga a definir una estructura tarifaria que incentive el uso eficiente y ahorro del agua.
- **Decreto 3102 de 1997.** reglamenta lo relacionado con instalación de equipos sistemas e implementos de bajo consumo de agua.
- **Decreto 475 de 1998.** establece la obligación de llevar registros estadísticos sobre la cantidad de agua captada y suministrada en los sistemas de suministro de agua.
- **Ley 599 de 2000.** Código Penal: determina sanciones por alteración de calidad del agua. Reemplazo la ley 100 de 1980.
- **Resolución 1096 de 2000.** Ministerio de Desarrollo Económico: Reglamento Técnico para el Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS
- **RAS Título C.** Reglamento Técnico del Sector de agua Potable y Saneamiento Básico: sistemas de potabilización, contempla los componentes de un sistema de potabilización de agua, en las distintas etapas, como lo son: conceptualización, diseño, puesta en marcha, operación y mantenimiento. Las obras o componentes de los sistemas de potabilización son: desarenadores, pre filtros, micro tamices, trampas de grasas y aceites, aireador, unidad de mezcla rápida y floculación, sedimentación, flotación, filtración, desinfección, estabilización, ablandamiento, absorción sobre carbón activado, entre otros igualmente se referencian los productos químicos que pueden ser empleados en el tratamiento del agua potable.
- **Decreto 155 de 2004.** reglamenta el artículo 43 de la ley 99 de 1993, sobre las tasas de utilización del agua.
- **Resolución 240 de 2004.** reglamenta la tarifa mínima para el cobro de las tasas por utilización del agua.

- **Decreto 1575 de 2007.** 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.
- **Resolución 2115 de 2007.** emitida por el Ministerio de 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, así como los índices de riesgo de calidad del agua para consumo humano.
- **Resolución 0330 de 2017.** Reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta que el objetivo principal de éste proyecto es caracterizar el sistema de acueducto ACUAVARC, y de acuerdo con los estudios de investigación mencionados en el estado del arte; a continuación, se presenta la metodología a utilizar. Ésta metodología está conformada por tres capítulos esenciales para determinar si el acueducto en estudio está cumpliendo con los parámetros establecidos en la normatividad o necesita mejoramientos y reformas, articulado con la resolución 0330 del 08 de junio de 2017. En su respectivo orden los capítulos son:

- Caracterización del sistema: en éste capítulo se desarrolla una serie de actividades articuladas con el manual de agua no contabilizada en municipios menores y zonas rurales [15]; éste es un plan desarrollado por el Sistema Nacional de Capacitación Municipal con el que se va a realizar el diagnóstico general. El diagnóstico general está conformado por diagnóstico técnico, diagnóstico empresarial, balance de aguas y programa de control de pérdidas.
- Evaluación de sostenibilidad del recurso hídrico: teniendo en cuenta el diagnóstico general del sistema, se procede a evaluarlo determinando cómo es el funcionamiento del acueducto, si se encuentra en óptimas condiciones o necesita mejoramientos y reformas. Para el desarrollo de éste capítulo se lleva a cabo el procedimiento de 24 indicadores impuesto en el artículo “City Blueprints: 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle” [16].
- Propuesta de mejoramiento: en éste último capítulo se presentan propuestas que buscan mejorar o implementar procesos necesarios en el acueducto para obtener un suministro de agua potable y continuo en todos los periodos del año.

A continuación, se define cada uno de los procedimientos basados en la cartilla de agua no contabilizada:

6.1 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA

Este diagnóstico consta de cuatro parámetros que son fundamentales para la iniciación correcta de un programa de control de pérdidas en la empresa de acueducto ACUAVARC:

- Identificar los procesos y componentes del sistema de acueducto.
- Recopilar la información técnica y operativa existente.
- Efectuar los trabajos de campo necesarios y análisis de la información.
- Producir un informe completo del diagnóstico técnico y del plan de choque.

6.1.1 Identificar los procesos y componentes del sistema de acueducto.

Haciendo uso del siguiente formato, se muestran los sistemas de acueducto más comunes, al igual que los procesos, subsistemas y componentes que lo conforman.

Cuadro 2 Identificación de componentes del sistema de acueducto

Sistema	Proceso	Subsistema/ Componente	Existe (SI/NO)	Tipo de estructura	Observaciones
---------	---------	---------------------------	-------------------	--------------------	---------------

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

6.1.2 Recopilar la información técnica y operativa existente.

Dentro de la información más relevante se encuentra:

- Plano general del sistema
- Plano de la infraestructura de captación
- Plano planta-perfil de línea de conducción
- Plano de la planta de tratamiento incluyendo todas las etapas existentes
- Tipo de medición para cuantificar el agua que se suministra
- Plano de tanques de almacenamiento
- Plano de red de distribución

- Memorias de cálculo de diferentes componentes del sistema
- Manuales de operación del sistema y/o cada uno de los equipos

6.1.3 Efectuar los trabajos de campo necesarios y análisis de la información.

Una vez obtenidos los documentos anteriores, se debe entrar a estudiar uno por uno los componentes del sistema realizando trabajos de campo, así:

6.1.3.1 Subsistema de producción

El sistema de producción se estudia a partir de los siguientes componentes:

- Cuenca hidrográfica
- Fuente de abastecimiento

Las fuentes de abastecimiento de un acueducto se clasifican como superficiales y subterráneas. El diagnóstico de una fuente se efectúa utilizando el siguiente formato:

Cuadro 3 Diagnóstico de la fuente

Tipo y nombre	Caudal (l/s)		Calidad del agua de la fuente			
	Verano	Invierno	Turbiedad	Color	Coliformes	DBO

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

En el sistema de acueducto se deben tener contemplados los datos de caudal, calidad del agua de la fuente, captación, desarenador, aducción/conducción. Debido a que en muchos casos las obras civiles se encuentran deterioradas o agentes externos generan obstrucciones en el paso del agua, para este análisis se pueden utilizar los siguientes.

Cuadro 4 Diagnóstico de la captación

Tipo de captación	Nombre/ubicación	Capacidad (l/s)	Estado y funcionamiento	Mantenimiento
-------------------	------------------	-----------------	-------------------------	---------------

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Cuadro 5 Diagnóstico del desarenador

Nombre/ubicación	Capacidad (l/s)	Estado de acceso	Estado de colmatación	Estado de la estructura	Mantenimiento y limpieza
------------------	-----------------	------------------	-----------------------	-------------------------	--------------------------

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Cuadro 6 Diagnóstico de aducción y conducción

Tramo	Tipo y material	Sección / diámetro	Longitud (m)	Capacidad (l/s)	Accesorios	Observaciones
-------	-----------------	--------------------	--------------	-----------------	------------	---------------

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Uno de los aspectos más importantes en el análisis de las tuberías de aducción y conducción es su capacidad y funcionamiento hidráulico. La mayoría de los sistemas plantean grandes incertidumbres, dentro de ellas:

- ¿la capacidad hidráulica de la línea de conducción es suficiente?
- ¿Por qué se pierde tanta presión en el trayecto?
- ¿Por qué se pierde tanto caudal en el trayecto?

Para solucionar estas dudas es necesario hacer un diagnóstico adecuado de la aducción y/o conducción contemplando los análisis de caudal y análisis de presión; éstos análisis consisten en cuantificar por medio de macromedidores en la salida de la captación y llegada a la planta de tratamiento, en el caso de la conducción es entre la planta de tratamiento y los tanques de almacenamiento del agua. De esta manera se logra determinar las pérdidas de agua entre los puntos de salida y entrada.

Para el diagnóstico del análisis de presión se debe incluir la verificación física del estado y funcionamiento de la tubería por medio de una inspección visual a lo largo del recorrido, identificándose aspectos tales como:

- Conexiones o salidas fraudulentas.
- Existencia de válvulas o ventosas y su estado.
- Posibles fugas en accesos o en la misma tubería.

Gracias a ésta verificación se tiene una idea de cómo funciona la línea. En algunos casos el solo mantenimiento, cambio o instalación de ventosas produce efectos importantes de aumento de capacidad y presión; sin embargo, la mayoría de las veces no se le presta atención a este tipo de accesorios, que pueden dar una solución rápida y económica al problema.

- Planta de tratamiento

La planta de tratamiento es la estructura conformada por equipos y materiales necesarios para conducir el agua produciendo en ella cambios físicos, químicos y microbiológicos necesarios para que el agua sea potable. De acuerdo con su funcionamiento y proceso, reciben diferentes nombres, dentro de ellas están:

- Plantas convencionales (de ciclo completo): incluyen los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.
- Plantas de filtración en múltiples etapas: en ellas existen filtros dinámicos combinados con filtros lentos.
- Plantas de filtración directa: aquellas en que el agua es llevada directamente a los filtros para realizarse en seguida el proceso de cloración.
- Plantas de filtración en línea: adelantan procesos de coagulación, filtración y cloración.
- Plantas compactas: llevan a cabo todos los procesos en un mismo modulo prefabricado.

También existen sistemas de desinfección mediante un dosificador de cloro instalado directamente en los tanques de almacenamiento.

Para el diagnóstico de la planta de tratamiento se debe hacer un reconocimiento de las estructuras físicas para evaluar: la condición de trabajo de los muros de los tanques y canales, detectando fugas visibles por fisuras, reboses; la operación de válvulas y compuertas; el tipo de mantenimiento que se le da a los elementos electromecánicos que conforman la planta, los posibles problemas de colmatación de la planta, que impiden que pueda operar adecuadamente u obligan a botar agua. El resultado de esta inspección permite definir las obras prioritarias requeridas y cuantificar su costo. Para el diagnóstico global de la planta se puede utilizar el siguiente formato.

Cuadro 7 Diagnóstico global de la planta de tratamiento

Nombre/ubicación	Proceso de tratamiento	Estado de la estructura	Operación y mantenimiento
------------------	------------------------	-------------------------	---------------------------

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Para determinar el balance hidráulico del sistema en la planta de tratamiento, es indispensable obtener los principales valores de caudales utilizados en el proceso de tratamiento:

- Medición de caudal de entrada y salida de la planta. Esta información se puede obtener directamente con los medidores de caudal instalados a la entrada y salida de la planta. Una vez obtenido el caudal de funcionamiento actual, se puede comparar con los valores requeridos según la curva de demanda del periodo de análisis. Así establecer las necesidades de optimizar o ampliar alguno de los módulos de la planta.
- Aforos volumétricos para determinar perdidas por estanqueidad en la planta. Se afora el caudal de desagüe de la planta a la salida de la tubería en la cámara de entrega. El aforo volumétrico consiste en medir mínimo 5 veces el volumen del agua que se recoge en periodos de 30 segundos determinando un resultado promedio de las pruebas.

$$Q \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{\text{volumen en litros}}{\text{tiempo en segundos}}$$

- Determinación del consumo interno de la planta. Entendido como el volumen de agua que se utiliza en el lavado de filtros y otras unidades de tratamiento. Este es un dato que debe suministrar el operador de la planta, calculando el valor promedio de este consumo de los últimos seis (6) meses. En caso de no existir estos registros, el dato debe ser estimado. El agua utilizada en el lavado de filtros no se debe considerar como perdida; su volumen debe medirse para incluirlo en el consumo de costos y tarifas.

Los valores de los caudales obtenidos en la planta de tratamiento se deben registrar en el siguiente cuadro.

Cuadro 8 Diagnóstico de capacidad de la planta

Nombre/ubicación	Caudal (l/s)		Perdidas por estanqueidad (m ³ /mes)	Consumo interno de la planta (m ³ /mes)
	Entrada	Salida		

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Diagnóstico de calidad de agua. Una evaluación rápida consiste en comparar los parámetros de calidad del agua a la entrada y a la salida de la planta y en evaluar la eficiencia de la misma. Para esto, basta con hacer ensayos físicos, químicos y bacteriológicos y comparar los resultados obtenidos en las muestras tomadas en la salida del agua tratada con las normas vigentes para agua para consumo humano, según la resolución 2115 del 22 de junio de 2007. Para hacer el diagnóstico de calidad de agua se emplea el siguiente formato.

Cuadro 9 Diagnóstico de eficiencia de la planta

Fecha de los ensayos			Día/Mes/Año	
Parámetro	Deseable	Admisible	A la entrada	A la salida
pH				
Hierro				
Color				
Turbiedad				
Coliformes				

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

6.1.3.2 Subsistema de distribución

El sistema de distribución en un acueducto comienza a partir de la salida de la planta de tratamiento e incluye los siguientes componentes:

- Almacenamiento
- Redes de distribución

El **almacenamiento** comprende tanques de reserva y/o de compensación que permiten guardar volúmenes de agua para compensar los consumos máximos que hacen los usuarios

a ciertas horas del día o para casos de emergencia que demanden cantidades adicionales de este recurso.

Para hacer el diagnóstico sobre el almacenamiento se debe tener información básica respecto a: localización de la estructura, con relación a las áreas de distribución; dimensiones de los tanques y volúmenes de almacenamiento; estado físico y de funcionamiento de válvulas y accesorios; niveles de agua y reboces.

Para realizar el diagnóstico de los tanques de almacenamiento se puede utilizar el siguiente formato.

Cuadro 10 Diagnóstico de los tanques de almacenamiento

Ítem	Tanque
Nombre del tanque	
Localización	
Tipo	
Dimensiones	
Alto (m)	
Ancho (m)	
Largo (m)	
Capacidad (m ³)	
Nivel máximo	
Nivel mínimo	
Numero de fisuras	
Numero de fugas	
Zonas que abastece	

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

En este componente es necesario evaluar los siguientes aspectos:

- Caudal de entrada al taque. Este valor tiene un gran significado porque es la referencia para el cálculo de pérdidas de agua entre los puntos de salida de la planta de tratamiento y de entrada al tanque de almacenamiento, tambien de la entrada a la salida del tanque.

- Caudal de salida del tanque. Es el volumen de agua que se está entregando a la red de distribución o usuarios del servicio. Su medición debe realizarse durante 24 horas continuas, con registros horarios de tal forma que se pueda conocer el caudal mínimo nocturno que se genera entre las 12 p.m. y 4 a.m.
- Prueba de estanqueidad. Permite conocer las pérdidas de agua, en litros por segundo (l/s) o en metros cúbicos por día (m³/día) ocasionadas por fisuras y porosidades en las estructuras de concreto, así como también filtraciones en tuberías, accesorios, válvulas de lavado o desagüe, que hacen parte de la operación de estas estructuras. Se realiza a través de un método volumétrico que consiste en aforar el volumen de agua que sale en un determinado tiempo por el sistema general de desagüe de las instalaciones.
- Elaboración de la curva de masas. En el gráfico que representa las variaciones del nivel del agua en la estructura, en un periodo continuo de 24 horas. Esta información se obtiene a partir de una medición manual (por ejemplo, lecturas con mira o sobre reglilla) o con equipos de ultrasonido instalados en el interior del tanque.

La evaluación de cada uno de los anteriores permitirá posteriormente realizar el balance de aguas del sistema. Para hacer el diagnóstico sobre caudales de entrada y salida, así como sobre volúmenes de estanqueidad, se puede utilizar el siguiente formato.

Cuadro 11 Diagnóstico de caudales y estanqueidad en el tanque

Tanque N°	Caudal (l/s)		Pérdidas por estanqueidad (m ³ /mes)
	Entrada	Salida	

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

La **red de distribución** es el conjunto de tuberías destinadas al suministro en ruta de agua potables a las viviendas y demás establecimientos rurales, públicos y privados. Comprende todas las tuberías matrices y secundarias, con sus respectivos accesorios y conexiones domiciliarias a los usuarios. Se denominan redes primarias o matrices a aquellos conductos o tramos de tuberías que por sus condiciones técnicas de diseño y construcción presentan diámetros mayores a 12 pulgadas (300 mm). Las redes menores o secundarias son aquellas

que se derivan de las redes matrices y presentan por lo general diámetros inferiores o iguales a 12 pulgadas.

Se puede llevar a cabo un diagnóstico rápido de la red de acuerdo con los siguientes pasos:

- a. Obtener en la entidad prestadora del servicio de acueducto ACUAVARC un plano general de las redes de distribución.
- Localizar y dibujar sobre el plano maestro la información existente sobre los siguientes aspectos:
 - Tuberías (primarias y secundarias).
 - Diámetros, material y longitud.
 - Válvulas (tipo y estado).
 - Hidrantes (número y estado).
- b. Con el plano maestro en elaboración, efectuar u recorrido por la zona con cuadrillas dirigidas por el encargado del área de operación y mantenimiento de la empresa y asistidas por el fontanero, para verificar la localización, el estado de funcionamiento y las características de los accesorios en la red y determinar las longitudes de la red en cada diámetro.
- c. Medir caudales en algunos puntos importantes para determinar cómo se está distribuyendo el agua a lo largo de la red. Dependiendo de las características técnicas de conformación y tamaño de la red, estas mediciones pueden realizarse en el tramo de tubería principal de alimentación de la red (antes de bifurcarse) y obtenerse una medida global del caudal. O, por el contrario: si las redes existentes se encuentran subdivididas o sectorizadas, las mediciones podrían hacerse por sectores.
- d. Medir presiones a diferentes horas del día en diferentes puntos estratégicos de la red, tales como puntos bajos, altos y en el centro de la localidad.
- e. Establecer la operación actual del sistema en lo que se refiere a periodos de suspensión por zonas, válvulas de cierre, sectores definidos, etc.

Para llevar a cabo el diagnóstico rápido de la red, se puede utilizar en cada sector o zona el siguiente cuadro.

Cuadro 12 Diagnóstico rápido de la red

Red	Diámetro	Material	Longitud (m)	Cantidad	Válvulas		Hidrantes	
					Tipo	Estado	Cantidad	Estado

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Con el diagnostico anterior se puede realizar una simulación del funcionamiento hidráulico de la red, establecer sus condiciones actuales de operación y recomendar las acciones inmediatas para su mejor funcionamiento.

De acuerdo con el análisis anteriormente realizado, se puede resolver el siguiente cuestionario:

Cuadro 13 Preguntas acerca del sistema técnico del acueducto

Preguntas	Si	No
¿Existen zonas de baja presión en la red?		
¿Existen zonas de alta presión en la red?		
¿Se puede mejorar la presión reparando o instalando algunas pocas válvulas?		
¿Es necesario ejecutar o actualizar el catastro de redes?		
¿Es necesario reemplazar tuberías por problemas de edad?		
¿Es necesario reemplazar tuberías por problemas de material?		
¿Existe el personal capacitado para operar la red y hacerle mantenimiento?		
¿Está definido el presupuesto para optimizar la red de distribución?		

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Conexiones domiciliarias. Son aquellas tuberías que conectan la red de distribución con la instalación interna de las viviendas de los usuarios. En general las conexiones son en tubería de media pulgada y están equipadas con aparatos de medida del consumo de cada vivienda. El diagnóstico completo y detallado de la situación de las conexiones domiciliarias, los medidores y los usuarios reales y potenciales del sistema se realiza mediante un catastro de usuarios.

6.1.4 Producción de informe completo del diagnóstico técnico.

Con la información recopilada mediante los formatos propuestos y los trabajos de campo e investigaciones explicadas anteriormente, se prepara un informe de diagnóstico técnico, que debe contener los siguientes puntos:

- Título y fecha de elaboración.
- Identificación de los componentes del sistema de acueducto.
- Diagnóstico de cada componente.
- Resumen de pérdidas visibles en sistema de producción.
- Pérdidas identificadas en subsistema de distribución.
- Criterios de priorización y atención de las pérdidas.
- Priorización de actividades.
- Plan de choque, lista de reparaciones.

Mediante el diagnóstico técnico se van a controlar las pérdidas físicas visibles en el acueducto, tales como reboses en los tanques, fugas por filtración en las estructuras y escapes en tuberías y accesorios.

Las actividades para controlar estas pérdidas se denominan plan de choque y deben ser acometidas como máximo dentro del siguiente mes a la terminación del diagnóstico técnico. Al finalizar el plan de choque, se debe tomar nuevamente lecturas de caudal y presión en los diferentes puntos del subsistema de producción y del de distribución y elaborar un informe con los resultados obtenidos. Para definir y priorizar el plan de choque se pueden adoptar en su orden los siguientes criterios:

- Identificar las fugas visibles en el sistema de acueducto.
- Establecer las medidas correctivas para las fugas más representativas.
- Atender con prioridad las fugas en el subsistema de distribución.
- Establecer prioridades en la atención de fugas que afecte las presiones de las redes o continuidad del servicio.

En el siguiente formato se propone una guía para el desarrollo y el seguimiento de las acciones prioritarias para la entidad prestadora del servicio de acueducto, las que,

conjuntamente con las acciones definidas en el diagnóstico empresarial, conduzcan a la disminución de las pérdidas del sistema.

Cuadro 14 Formato guía para el desarrollo de acciones prioritarias

Acción a efectuar	Fecha de inicio	Fecha de terminación	Responsable
-------------------	-----------------	----------------------	-------------

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

6.2 DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL

El diagnóstico empresarial o institucional de una entidad encargada de prestar el servicio de acueducto en una localidad es un trabajo sencillo que se puede adelantar fácilmente siguiendo las pautas que se presentan a continuación. Los aspectos que comprenden este diagnóstico son:

- Diagnóstico institucional y legal.
- Diagnóstico administrativo.
- Diagnóstico financiero.
- Diagnóstico comercial.

A continuación, se presentan las pautas para llevar a cabo el diagnóstico área por área.

6.2.1 Aspectos institucionales y legales

La ley 142 de 1994, o ley de Servicios Públicos Domiciliarios, definió el marco legal que deben observar todas las entidades que prestan servicios públicos domiciliarios, incluyendo el de acueducto. En desarrollo de este marco normativo, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) y, en algunos casos el Ministerio De Desarrollo Económico, así como la Superintendencia De Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), han expedido una serie de decretos y resoluciones que reglamentan con mayor detalle la prestación de estos servicios en todo el territorio nacional.

Como se mencionó antes, el diagnóstico legal institucional deberá establecer inicialmente cual es la situación de la entidad prestadora del servicio frente al cumplimiento de esta reglamentación y en seguida, la incidencia de la gestión de la entidad en los niveles de

pérdidas de la empresa. Para tal efecto, su administrador o gerente, junto con el equipo de colaboradores, debe dar respuesta al cuestionario contenido en el siguiente formato.

Cuadro 15 Diagnóstico sobre aspectos institucionales

Preguntas	Si	No
¿Se ha realizado el proceso de transformación empresarial en la entidad prestadora?		
¿Se realizó el estudio de viabilidad de la entidad prestadora?		
¿Se ha realizado el estudio de costos y tarifas según la metodología de la CRA?		
¿Se ha informado a la CRA, la SSPD, las autoridades locales y los usuarios acerca de los estudios de costos y tarifas de los servicios?		
¿Se ha implementado el sistema de control interno?		
¿Se lleva contabilidad separada de los servicios?		
¿Se ha creado y puesto en funcionamiento la oficina de peticiones, quejas y recursos?		
¿Se ha implementado el plan de cuentas definido por la SSPD?		
¿Se ha implementado la estratificación socioeconómica de los usuarios?		
¿Se ha creado el fondo de solidaridad y redistribución de ingresos para los subsidios?		
¿Se ha elaborado y/o implementado el programa de uso eficiente y ahorro del agua?		
¿Se ha establecido un programa permanente de control de pérdidas y de agua no contabilizada?		
¿Se ha conformado el comité de desarrollo y control social?		
¿Se ha conformado un archivo organizado de la información y los documentos legales de constitución de la empresa?		
¿Se ha controlado la auditoria externa de gestión y resultados?		
¿Se ha elaborado y presentado a la corporación autónoma regional el programa de gestión integral de residuos sólidos?		

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

La mayoría de las preguntas que se presentan en este cuestionario se refieren a obligaciones de carácter legal que la entidad debe haber cumplido, estas obligaciones tienen como finalidad mejorar la prestación del servicio a la población y, por lo tanto, su cumplimiento debe ser acometido de manera prioritaria, no como un imperativo legal, sino como una oportunidad de mejoramiento.

Cada pregunta del cuestionario que tenga como respuesta la palabra “no” implica que la entidad prestadora del servicio deberá iniciar de inmediato las acciones necesarias para su cumplimiento.

6.2.2 Aspectos administrativos

Para realizar el diagnóstico del área administrativa, el administrador o gerente de la entidad prestadora, junto con su equipo de colaboradores debe obtener información referente a los aspectos contenidos en los siguientes formatos.

Cuadro 16 Diagnóstico sobre los aspectos administrativos

Preguntas	Si	No
¿Se ha creado la planta de personal en la entidad prestadora?		
¿Está determinada la estructura orgánica de la empresa?		
¿Existe reglamento interno de trabajo?		
¿Se ha elaborado e implementado el manual de funciones?		
¿Se ha elaborado e implementado el manual de procedimientos?		
¿Se ha creado e implementado un procedimiento de selección personal?		
¿Se ha definido e implementado un registro de actualización de las hojas de vida del personal?		
¿Se ha suscrito contrato de trabajo con todos los empleados?		
¿Se ha programado e implementado un curso de inducción para el personal nuevo?		
¿Están afiliados los empleados al régimen de seguridad social?		
¿Se ha implementado un sistema de promoción, estabilidad y ascenso del personal?		
¿Se ha implementado un sistema de evaluación periódica de desempeño del personal?		
¿Se han establecido las necesidades y el presupuesto anual de capacitación?		
¿Se ha establecido e implementado un procedimiento (Kardex, manual o sistematizado) para la administración de materiales?		
¿Se ha definido e implementado un plan anual de compras?		
¿Se tiene establecido el registro actualizado de precios y proveedores?		
¿Se ha cuantificado el patrimonio actual por cada servicio y se ha establecido un procedimiento para su actualización?		

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Con la información que resulte de diligenciar el formato del diagnóstico del personal, se debe realizar un análisis crítico sobre excesos o carencias de personal de nómina o por contrato, grado de escolaridad y capacitación, estabilidad del personal, costos del personal respecto a los ingresos de la empresa, entre otros.

Cuadro 17 Diagnóstico del personal

Funcionarios	Administrativos	Operativos
De planta		
Por contrato		
Con estudios de primaria		
Con estudios de secundaria		
Con estudios intermedios		
Con estudios profesionales		
Horas de capacitación en fontanería		
Horas de capacitación en plantas de potabilización		
Horas de capacitación en equipos electromecánicos		
Horas de capacitación en administración y gerencia		
Valor de la nómina mensual		
Antigüedad (promedio aritmético)		

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

6.2.3 Aspectos financieros

El diagnóstico financiero de la entidad prestadora se orientará básicamente hacia los siguientes aspectos:

- Análisis de gestión financiera de la empresa.
- Análisis de los estados financieros.
- Proyecciones financieras.
- Análisis de la cartera por edades.

Para el análisis de la gestión financiera, el administrador o gerente de la entidad, junto con su equipo de colaboradores, debe dar respuesta al cuestionario contenido en el siguiente formato.

Cuadro 18 Diagnóstico de la gestión financiera

Preguntas	Si	No
¿Se ha creado la planta de personal en la entidad prestadora?		
¿Se ha elaborado y gestionado la aprobación de presupuesto anual de ingresos y egresos de una entidad prestadora de los servicios?		
¿Se elaboran y se llevan los libros de control de ejecución presupuestal mensual o manual?		
¿Se elaboran y se llevan los libros de contabilidad mayor, diario y auxiliares?		
¿Se reportan los estados financieros a la CRA y la SSPD, de acuerdo con los formatos definidos por la SSPD en el SIVICO?		
¿Se ha desarrollado e implementado el sistema unificado de costos y gastos definidos por la SSPD?		
¿Se han elaborado y actualizado los procedimientos de tesorería?		
¿Se ha implementado el plan de cuentas definido por la SSPD a nivel de documento fuente?		
¿Se ha elaborado e implementado un procedimiento de reporte periódico de estado de caja y bancos con el fin de conocer el estado de liquidez?		
¿Se ha incorporado en el presupuesto anual la apropiación del 1% de presupuesto de investigaciones para mantenimiento de cuencas?		
¿Se ha incorporado en el presupuesto anual la apropiación de recursos para contribuciones a la SSPD y a la CRA?		
¿Se elaboran e implementan procedimientos de reporte periódico de compromisos de pago de la entidad prestadora?		

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

En lo que respecta al análisis de los estados y proyecciones financieras, éste deberá apoyarse en un profesional especialista en el tema, tal como un contador titulado, un administrador de empresas, etc. El diagnóstico deberá realizarse con base a la información contenida en los siguientes formatos.

Cuadro 19 Análisis de los estados financieros

	Años		Variación
Balance general			
Estado de ganancias o pérdidas			
Razones financieras			

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Cuadro 20 Proyecciones financieras

Concepto/años	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Balance general						
Estado de ganancias o pérdidas						
Flujo de caja						

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Con base en la información obtenida en éstos formatos, se debe realizar un análisis crítico que permita identificar entre otras las siguientes acciones: mejoramiento del área contable, evaluación de la viabilidad de las inversiones, relaciones con las entidades financieras, disminución de cartera morosa. El análisis debe contener una evaluación de los siguientes aspectos:

- Evaluación de las políticas y manejo contables.
- Evaluación y comentarios sobre el manejo de activos fijos.
- Análisis de los ingresos financieros y los resultados de los flujos de caja, traídos a valor presente.
- Evaluación y análisis del plan de inversiones.
- Análisis de la cartera morosa por edades y cálculo de su costo de oportunidad.

Cuadro 21 Análisis de cartera por edades

Estrato/uso	< 3 meses		4 - 6 meses		> 7 meses		Total
	Valor (\$)	%	Valor (\$)	%	Valor (\$)	%	(\$)

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002.

Cuadro 22 Diagnóstico de gestión comercial

Preguntas	Si	No
¿Se ha elaborado e implementado el contrato de condiciones uniformes?		
¿Se ha establecido un procedimiento para atender solicitudes nuevas de servicio?		
¿Se tiene establecido un procedimiento para incorporación de usuarios?		
¿Se tiene definido e implementado un procedimiento permanente para la detección de usuarios clandestinos?		
¿Se ha realizado e implementado el catastro de suscriptores?		
¿Se ha realizado e implementado el catastro de medidores?		
¿Se han instalado medidores nuevos a usuarios ya existentes?		
¿Se ha elaborado e implementado un programa de revisión y calibración de medidores?		
¿Se ha ejecutado un programa de reposición de medidores que han cumplido su vida útil?		
¿Se tienen definidos los procedimientos para la lectura de medidores?		
¿Se adecua la factura a los requerimientos de la ley 142 de 1994?		
¿Se ha definido e implementado un procedimiento de facturación?		
¿Se ha implementado un formato para la actualización mensual de niveles tarifarios?		
¿Se ha implementado un formato para crítica y revisión previa?		
¿Se tienen implementados las listas de control de facturación?		
¿Se ha implementado un procedimiento individualizado de recaudo?		
¿Se ha implementado un programa de recaudo a domicilio?		
¿Se ha implementado un programa de recaudo a través de bancos y/o establecimientos comerciales?		
¿Se han elaborado listas de control de no pago?		
¿Se han implementado formatos de control de eficiencia en el recaudo?		
¿Se han definido e implementado procedimientos para cobro a morosos, suspensión, corte y reconexión?		
¿Se ha realizado e implementado un registro de actualización de la cartera morosa?		
¿Se han implementado listas para el registro de consumos por estrato?		
¿Se ha establecido un procedimiento para obtener registros actualizados de agua producida y agua facturada?		
¿Se ha formulado e implementado jornadas de capacitación a la comunidad en control social y gestión comercial del servicio?		
¿Se ha formulado e implementado un programa anual de capacitación sobre uso eficiente y ahorro de agua?		
¿Se ha formulado e implementado un programa anual de capacitación en saneamiento básico y educación de higiene?		

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Cuadro 23 Conexiones y/o usuarios del servicio

Mes año:												
Estrato / uso	Conexiones/usuarios								Medidores en reparación		Número estimado de usuarios clandestinos	
	Con medidor funcionando		Con medidor parado		Sin medición		Total conexiones / usuarios					
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

6.2.4 Aspectos comerciales

Al igual que las anteriores áreas, el análisis de los aspectos comerciales se inicia con la evaluación de los procesos de gestión llevados a cabo. Éste deberá ser adelantado por el administrador o gerente de la entidad prestadora, quien, junto con su equipo de colaboradores, dará respuesta a el cuestionario del formato de diagnóstico de gestión comercial.

En lo que corresponde a el diagnóstico de los procedimientos y las actividades comerciales del servicio relacionados con las causales de pérdidas y/o de agua no contabilizada en el sistema de acueducto, la información mínima requerida se analiza en los siguientes formatos.

Cuadro 24 Consumos facturados

Estrato / uso	Consumos facturados en los últimos 6 meses a los usuarios con medidor funcionando (m ³ /mes)						CP M	NU P	CP MU	CFU SM	VFU SM	CFUC MP	VFUC MP
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(7/8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	feb	mar	abr	may	jun	jul							

- CPM: consumo promedio mensual
- NUP: número de usuarios promedio
- CPMU: consumo promedio mensual por usuario
- CFUSM: consumo facturado a usuarios sin medición
- VFUSM: volumen facturado a los usuarios sin medición
- CFUCMP: consumo facturado a usuarios con medidor parado
- VFUCMP: volumen facturado a usuarios con medidor parado

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Cuadro 25 Análisis de consumos en usuarios sin medición

Mes año:							
Estrato /uso	Consumo de usuarios con medidor funcionando (m ³ /mes)	Número de usuarios con medidor funcionando (usuarios)	Consumo por usuario con medidor funcionando (m ³ /usu*mes)	Factor de consumo en usuarios sin medición (factor)	Consumo en usuarios sin medición (m ³ /usu*mes)	Número de usuarios sin medición (usuarios)	Volumen de consumo de usuarios sin medición (m ³ /mes)

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Volumen de consumo en usuarios sin medición. Para realzar ésta medición de manera técnica, es necesario tener el tamaño de las familias y su estrato socioeconómico. Algunas mediciones sitúan este valor entre el 30% y 50% adicional al consumo promedio de los usuarios residenciales. Para determinar el consumo de los usuarios sin medición se puede emplear el formato de análisis de consumos en usuarios sin conexión.

En general, no deben existir usuarios sin medición en sectores industriales comerciales u oficiales; sin embargo, en caso de existir, se debe establecer factores de consumo para ellos.

Cuadro 26 Facturación y recaudo

Mes año:								
Mes	Estrato /uso	Facturación (\$)			Recaudo (\$)			No. Facturas canceladas
		Meses anteriores	Presente mes	Total	Meses anteriores	Presente mes	Total	

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Volumen de consumo en usuarios con medidor parado. Los usuarios con medidor parado presentan una tendencia de consumo similar a la de los usuarios con medidor en funcionamiento. El volumen de consumo para usuarios con medidor parado se calcula multiplicando el número de usuarios con medidor parado por el consumo real promedio de los usuarios con medidor en funcionamiento.

Cuadro 27 Estructura tarifaria del servicio de acueducto

Mes año:						
Estrato/uso	Número total de suscriptores	Tarifa plena (\$/mes)	Cargo fijo (\$/usu*mes)	Cargo básico (\$/m ³)	Cargo complementario (\$/mes)	Cargo suntuario (\$/m ³)

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Prueba de exactitud promedio en la micromedición. Los instrumentos de medición tienden con el tiempo y el aumento de los volúmenes de agua registrados, a desgastarse internamente, ocasionando un subregistro en la facturación del consumo. Éste error de constituye en una de las principales causales de pérdida de agua en el sistema o de desviación de los registros. Para el cálculo de estas pérdidas es necesario determinar el grado de error o de exactitud con que están trabajando los medidores, lo que se hace generalmente en un banco de prueba por parte de personal especializado. Usualmente los pequeños municipios o empresas no cuentan con estas herramientas, siendo necesario acudir a la entidad prestadora de servicios más cercana que disponga de ellas. El grado de error o subregistro se expresa con relación al volumen real consumido.

6.2.5 Informe de diagnóstico empresarial

Con la información recopilada con los formatos antes propuestos y los trabajos de campo, se prepara un informe de diagnóstico empresarial, que debe contener los siguientes puntos principales:

- Título y fecha de elaboración.
- Diagnóstico de cada área.
- Recomendaciones.
- Priorización de actividades a corto, mediano y largo plazo.
- Plan de choque con tiempos, responsables y estimación de costos.

Con el diagnostico empresarial se establecen las actividades que, ejecutadas de inmediato, permitirán con una mínima inversión reducir las pérdidas comerciales y financieras de la entidad prestadora. Este es el caso del catastro de usuarios, la incorporación de usuarios

clandestinos, la instalación de medidores a usuarios industriales y comerciales, el cobro por vía disciplinaria a los usuarios oficiales, la instalación de medidores a usuarios nuevos, la reposición de medidores con índices altos de subregistro o con registro acumulado mayor a 3000 m³, la actualización tarifaria conforme a la normatividad vigente, la ejecución de corte y suspensiones, etc.

Las actividades para controlar estas pérdidas conforman el plan de choque empresarial y deben ser acometidas, como máximo, dentro de los dos meses siguientes a la terminación del diagnóstico empresarial. Al finalizar el plan de choque, se debe calcular nuevamente los volúmenes de agua producida y facturada, así como los valores de facturación y recaudo, y elaborar un informe con los resultados obtenidos.

Cuadro 28 Formato guía para el desarrollo de acciones prioritarias

Acción a efectuar	Fecha de inicio	Fecha de terminación	Responsable
-------------------	-----------------	----------------------	-------------

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

6.3 BALANCE DE AGUA DEL SISTEMA

El balance de aguas es el método para calcular los volúmenes de pérdida de agua en los diferentes procesos que se realizan en un sistema de acueducto. Con esta información se permite conocer las condiciones técnicas de funcionamiento del acueducto, determinar los índices de pérdidas en los subsistemas que lo constituyen, formular y priorizar un programa de disminución y control de pérdidas, que redunde en el mejoramiento de la gestión técnica de la entidad prestadora del servicio y cumplimiento de la normatividad legal existente.

Un balance de aguas se realiza a partir de la evaluación de la información general relacionada con la prestación del servicio de acueducto y, en especial, de los resultados del diagnóstico técnico del sistema. El formato de balance de aguas presenta de manera ordenada la información general, comercial y técnica requerida, la metodología de cálculo para

determinar el balance de aguas del sistema de acueducto, así como también los resultados de los análisis sobre pérdidas en el sistema.

Cuadro 29 Balance de aguas

A) Información general					
Variable	Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable	
				Sitio	Procedimiento

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

El balance de aguas en el proceso de distribución está determinado por una ecuación lineal, que puede tener una o varias incógnitas y cuya estructura general es la siguiente:

$$\text{Pérdidas en distribución} = \text{Pérdidas comerciales} + \text{Pérdidas técnicas}$$

Las pérdidas en el proceso de distribución se deben descomponer para formular de manera adecuada el programa de control de pérdidas. Para esto se puede emplear el siguiente formato.

Cuadro 30 Composición de las pérdidas en distribución

Concepto	Volumen de pérdidas (m ³ /mes)	Puntos porcentuales de pérdidas	Puntos porcentuales fijos por concepto	Meta de reducción de puntos porcentuales
----------	---	---------------------------------	--	--

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Las metas propuestas suponen reducir el índice de agua no contabilizada al 25%, concentrando los esfuerzos en los porcentajes de pérdidas más significativos, estos factores se deben comparar con los siguientes valores de referencia:

- Si FI < 0.3 no hay necesidad de buscar fugas
- Si 0.3 < FI < 0.6 se debe iniciar un programa de búsqueda de fugas
- Si FI > 0.6 es prioritario iniciar un programa de búsqueda de fugas

La información obtenida en este capítulo aporta los elementos que se requieren para establecer unos criterios precisos para formular el programa de control de perdidas, desarrollado en el capítulo siguiente.

6.4 PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS

Un programa de control de perdidas es un conjunto armónico de actividades realizadas por una empresa, destinadas a alcanzar y mantener un nivel en el que los componentes y las causas de las perdidas sean los mínimos posibles, dentro de condiciones de viabilidad ambiental, financiera y social. Las actividades de control de pérdidas se extienden a todas las áreas de la entidad prestador del servicio de acueducto, como ya se explicó en los capítulos anteriores.

Los resultados alcanzados por la entidad prestadora del servicio a través del control de perdidas contribuyen para una gestión empresarial y técnica eficiente, capaz de alcanzar en forma permanente sus objetivos con el menor costo posible. Esta gestión está enmarcada en el logro de cinco metas fundamentales que la caracterizan:

- El sistema de abastecimiento de agua debe ser capaz de captar, bombear, conducir, tratar y distribuir volúmenes de agua suficientes para la atención de la demanda de la población (cantidad).
- El agua entregada a la población debe cumplir con parámetros de calidad dentro de los estándares de potabilización reconocidos (calidad).
- El sistema de abastecimiento de agua debe proveer a la población un servicio continuo, sin intermitencia (continuidad).
- Las variables capaces de influir en el abastecimiento de agua deben ser bien conocidas y dominadas por el personal encargado de las labores de operación y mantenimiento (confiabilidad).
- El costo del agua entregada a la población debe ser el menor posible (eficiencia de costo).

6.4.1 Subprograma comercial

Contempla las acciones y actividades necesarias para reducir las pérdidas del agua relacionadas con las actividades de comercialización del servicio de acueducto.

6.4.1.1 Proyecto de instalación de micromedidores

Tiene como objetivo controlar la utilización racional del servicio de acueducto, cobrándolo según su utilización y permitiendo distribuir distribuirlo equitativamente al mayor número de usuarios. Incluye el desarrollo de las siguientes actividades:

- Definición de políticas de micromedición (criterios técnicos, sociales, económico-financieros).
- Procedimientos administrativos (adquisición, instalación y control de micromedidores).
- Mantenimiento de los medidores (correctivo y preventivo).
- Determinación de consumos (lectura y crítica).
- Análisis del comportamiento de los consumos y de los medidores (tipo de consumidores).

6.4.1.2 Proyecto de censo de usuarios y catastro de suscriptores

Permite registrar los consumidores que constituyen el mercado de servicio de la empresa. Incluye a los consumidores reales y a los clandestinos para el cobro de servicio, así como también a los factibles y potenciales para la planificación y comercialización necesarias para la expansión de los servicios.

6.4.1.3 Proyecto de detección y control de conexiones clandestinas

Tiene como finalidad reducir el porcentaje del consumo de agua no facturada en aquellos predios ubicados en áreas de servicio de la empresa que hacen uso del agua del sistema de acueducto mediante fraude en sus instalaciones. Éste proyecto incluye el desarrollo de las siguientes actividades:

- Diagnóstico y legislación de conexiones clandestinas.
- Estudio para detección, clasificación y caracterización de conexiones clandestinas masivas.
- Estudio para detección, clasificación y caracterización de conexiones clandestinas dispersas.

- Medidas encaminadas a disminuir el porcentaje de conexiones clandestinas.

6.4.2 Subprograma técnico

Comprende las acciones y actividades necesarias para reducir las pérdidas de agua que se presentan en los componentes técnicos del sistema de acueducto. Contempla, entre otros la ejecución de los siguientes proyectos:

- Instalación de equipos de macromedición.
- Sectorización de las redes de distribución.
- Control de figuras visibles y no visibles.
- Rehabilitación de las redes.

6.4.2.1 Proyecto de control de fugas visibles y no visibles

Su objetivo es reducir al mínimo del tiempo promedio que transcurre entre la aparición de una fuga y su eliminación, a través de la revisión y el ajuste de los procedimientos y la metodología.

El proyecto debe contemplar las siguientes etapas:

- Establecer un procedimiento para promover entre la población la comunicación de fugas visibles.
- Establecer en la empresa procedimientos que garanticen una atención al público correcta y eficiente.
- Diseñar procedimientos para la eliminación rápida de fugas.
- Participación de los funcionarios de la empresa en la información sobre las fugas visibles detectadas durante trabajos externos.
- Identificación de áreas críticas donde hay mayor incidencia de fugas y adopción de medidas correctivas.
- Instrumentación de un servicio de detección y localización de fugas no visibles a través procesos compatibles con las condiciones tecnológicas, operacionales, económicas y financieras de la empresa. La determinación del proceso más adecuado deberá basarse en un análisis de costo beneficio.
- Disponibilidad de quipos e instrumentos básicos para la detección de fugas.
- Capacitación del personal.

- Caracterización en planos o formatos de las fugas detectadas.
- Acciones para reducir fugas en las instalaciones intradomiciliarias mediante instalación de medidores y campañas de educación de los usuarios para mejorar del mantenimiento de las instalaciones hidráulicas.
- Reducción de la pérdida de agua por fugas mediante la reducción de la presión en la red de distribución.

6.4.2.2 Proyecto de catastro de redes del sistema de acueducto

Tiene por objeto realizar o actualizar el catastro de tuberías y accesorios indispensable para su operación y mantenimiento y para el control de la operación del sistema de abastecimiento. También sirve de apoyo a las tareas de detección, localización y reparación de fugas.

Este proyecto incluye el desarrollo de las siguientes actividades:

- Definición de las características de los planos catastrales.
- Definición de las características de los croquis de cruces de vías públicas (esquineros).
- Definición de los procesos para archivo y recuperación de información catastral.
- Definición de los procedimientos para el levantamiento de información catastral de campo.
- Instrucciones para la actualización de los planos catastrales y los croquis de las vías.

6.4.2.3 Proyecto de instalación de los macromedidores

Se desarrolla con el fin de instalar medidores permanentes para la obtención, procesamiento, análisis y divulgación de datos operacionales de rutina relativos a caudales, presiones y niveles de agua en el sistema de abastecimiento. Si bien con la ejecución de este proyecto no se reducen las pérdidas en el sistema, es un programa indispensable para tomar acciones razonables, desde el punto de vista económico para reducir las pérdidas.

Para poner en marcha este proyecto, la entidad prestadora del servicio de acueducto debe identificar y seleccionar puntos estratégicos de medición que le permitan: establecer el balance de aguas del sistema, tal como se indicó en el capítulo 6.3; adecuar los sitios de medición; instalar los elementos y/o equipos de medición; analizar y evaluar los resultados obtenidos y acometer las acciones para controlar las pérdidas.

El número y tipo de macromedidores que se deben instalar depende de la complejidad y las características técnicas del sistema y de los volúmenes que se miden. La macromedición es un instrumento imprescindible para orientar la operación del sistema de abastecimiento de agua y para obtener estadísticas de producción y distribución de agua, tales como:

- Evaluación permanente de las condiciones hidráulicas reales del funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua.
- Determinación de los volúmenes y caudales de agua en varios puntos del sistema y su análisis, teniendo en cuenta los comportamientos esperados.
- Determinación y análisis de las presiones en las tuberías y de los niveles de agua en tanques o pozos, para orientar tanto la operación de rutina del sistema como la planificación de cambios en ella.
- Evaluación del tiempo de saturación de los sistemas, en función de la evolución demográfica, socioeconómica y cultural de las comunidades.
- Determinación periódica de las pérdidas en el sistema de distribución, a través de la diferencia entre los volúmenes de agua producidos y suministrados al sistema de distribución y los volúmenes de agua facturados.
- Determinación periódica de los componentes de las pérdidas, tales como errores de macro y micromedición, pérdida de agua por fugas y rebosamientos, conexiones clandestinas, consumos especiales y consumos operacionales.
- Determinación de coeficientes de consumo, incluidos los consumos per cápita, los relativos a hora y día de mayor consumo, los consumos por extensión de la red, por conexión domiciliaria, los consumos mínimos nocturnos.
- Determinación de los volúmenes de agua potable producidos e inyectados al sistema de distribución.
- Determinación de los volúmenes de agua utilizados en el proceso de tratamiento de agua.
- Evaluación de los sistemas de micromedición existentes, incluyendo: grado de adecuación de los medidores domiciliarios al régimen de demanda de los domicilios, grado de precisión y sensibilidad de los medidores y equipos, eficiencia del

mantenimiento, planificación de la sustitución de los medidores y grado de eficiencia de la lectura y procesamiento de datos.

6.4.2.4 Proyecto de sectorización de redes de distribución

Tiene por objeto mejorar las condiciones de funcionamiento, operación y mantenimiento de las redes de distribución del sistema de acueducto. También procesar y analizar la información que caracteriza el estado de funcionamiento hidráulico de las redes en cuanto a caudales, presiones, niveles de agua y procesos de manipulación de elementos de control, como válvulas de control y estaciones de bombeo.

Para desarrollar este proyecto es necesario que la entidad restadora del servicio conozca las características físicas de la red, es decir, cuente con el catastro técnico y esté al tanto del funcionamiento hidráulico. Es importante que, al definirse los límites de los sectores y subsectores, se haga de manera que corten el menor número de tuberías y se minimice el número de puntos de medición de caudal, sin afectar la calidad del servicio.

- Planificación de la operación del sistema de distribución.
- Definición de criterios y opciones de operación destinados a establecer la configuración más adecuada del sistema de abastecimiento de agua.
- Diseñar los sectores de la red.
- Desarrollar y utilizar modelos computacionales de simulación de las condiciones hidráulicas de las redes.
- Materializar los sectores en el terreno.
- Implantar métodos de medición de caudales por sectores.
- Regular las presiones de servicio en las redes de distribución.

6.4.2.5 Proyecto de rehabilitación de redes

Se desarrolla con el fin de rehabilitar o reponer oportunamente las redes de transporte y distribución de agua de sistema de acueducto. Garantizando así la atención de la demanda, la continuidad y la calidad del servicio en el corto, mediano y largo plazo. Igualmente, permite reducir al mínimo las pérdidas de agua por causa del deterioro físico en las redes.

Para realizar este proyecto, se requiere que la entidad prestadora identifique las causas que motivan la rehabilitación de las redes, cómo: ocurrencia de daños, edad de tuberías, materiales de las redes y adecuación de las redes a proyectos de ampliación.

Este proyecto incluye el desarrollo de las siguientes actividades:

- Registro y control del estado de funcionamiento de las redes, en cuanto a número de roturas, fugas, etc.
- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Elaboración de planes y programas de renovación de redes, con criterios de factibilidad técnica, económica y financiera.

FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTROL DE PERDIDAS

Para reducir las pérdidas en el sistema de acueducto, la entidad prestadora del servicio identificará los proyectos y las actividades que requiere realizar en el corto, mediano y largo plazo y que le permitan adelantar una gestión eficiente en la prestación de servicio. Para este fin una vez adelantado el diagnóstico técnico y empresarial y evaluados sus resultados, la entidad deberá programar las metas anuales para alcanzar.

Todo sistema de acueducto presenta pérdidas fijas en sus diferentes componentes y pérdidas mínimas, por debajo de las cuales puede resultar antieconómico e inconveniente adelantar programas de reducción y de pérdidas. A manera de guía, el siguiente formato presenta los puntos o porcentajes de pérdidas para cada subprograma y proyecto que conforma un programa de control de pérdidas. Estos puntos permiten orientar las prioridades para que la empresa prestadora del servicio de acueducto reduzca el índice de agua no contabilizada hasta niveles admisibles.

Cuadro 31 Porcentaje de pérdidas en cada etapa del sistema

Programa	Puntos totales	Puntos fijos en un sistema	Meta de puntos a reducir
Subprograma comercial:			
Micromedición			
Catastro de usuarios, facturación y clandestinos			
SUBTOTAL			
Subprograma técnico:			
Fugas no visibles, visibles y sectorización			

Catastro de redes			
Macromedición			
SUBTOTAL			
Total IANC			

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

Cuadro 32 Formulación del plan de acción

Empresa: ACUAVARC			Municipio: PAIPA						
Programa	Actividades	Indicadores	Valor actual	Metas anuales					TOTAL
				2019	2020	2021	2022	2023	

Fuente: MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002

6.5 EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

La evaluación de sostenibilidad del recurso hídrico se realiza a partir de la caracterización del sistema, a continuación, se definen y evalúan los indicadores asignados en el artículo “City Blueprints: 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle” [16]. Los indicadores se encuentran clasificados dentro de los siguientes capítulos:

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Seguridad hídrica | 5. Infraestructura |
| 2. Calidad del agua | 6. Robustez climática |
| 3. Agua potable | 7. Biodiversidad |
| 4. Saneamiento | 8. Gobernanza |

6.6 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

En la propuesta de mejoramiento al sistema de acueducto ACUAVARC se presentan propuestas que buscan mejorar o implementar procesos necesarios en el acueducto para obtener un suministro de agua potable y continuo en todos los periodos del año, ésta etapa se realiza a partir de los datos y la información obtenida en los capítulos de caracterización y evaluación de la sostenibilidad del recurso hídrico.

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA

7.1.1 Procesos y componentes del sistema de acueducto

En el siguiente cuadro se encuentra toda la información de las etapas del sistema de acueducto ACUAVARC, se divide en el sistema de producción y sistema de distribución, se caracteriza si existe o no en éste acueducto y se define el tipo de estructura, a continuación, se presenta de forma detallada cada una de sus características.

Ésta información ha sido recopilada en prácticas de campo a todos los puntos del acueducto, en compañía del fontanero y con el permiso de la junta administrativa ACUAVARC.

La cuenca que abastece a la vereda del Pantano de Vargas viene del municipio de Tibasosa a 3,8 km del monumento a los lanceros en dirección surdeste. En ésta zona se ven procesos de ganadería, agricultura y minería que afectan directamente la calidad del agua, cómo se puede ver en la imagen No. 1.



Imagen 1 Ganadería sobre las rondas de la quebrada aguas arriba de la bocatoma

Fuente: Autor

Cuadro 33 Componentes del sistema de acueducto ACUAVARC

Sistema	Proceso	Subsistema/ Componente	Existe (SI/NO)	Tipo de estructura	Observaciones
Producción	Captación	Cuenca	SI	---	---
		Fuente	SI	---	Quebrada peña amarilla y el caimán
		Captación	SI	De fondo	
		Estación de bombeo	NO	---	---
		Aducción - impulsión	SI	Tubería PVC 4"	
		Desarenador	SI	Estructura en concreto	Ubicado en la bocatoma
		Aducción	SI	Tubería PVC 3"	
	Tratamiento	Tratamiento - macro medición	SI	Incompleto	Constituido por tanques de filtración y cloración en el mismo
Distribución	Distribución	Bombeo	NO	---	---
		Almacenamiento - macro medición	SI	Un tanque	En concreto reforzado, semi-enterrado
		Distribución	SI	Tubería PVC	
		Redes principales	SI	Tubería PVC	diámetro de 2"
		Redes secundarias	SI	Tubería PVC	diámetros de 1/2", 3/4" y 1½"
		Conexiones domiciliarias	SI	Tubería PVC	Diámetro 1/2"
		Instalaciones internas	SI	Tubería PVC y HG	---

Fuente: Autor

La fuente de abastecimiento consta de dos quebradas llamadas Peña amarilla y el Caimán que se unen en la zona de captación, la infraestructura de la bocatoma georreferenciada a 5,72800264N, -73,05865191E y 2611,01 msnm, consta de un sistema de sedimentación con tres cámaras que discipan la velocidad del agua por medio de cortinas en concreto; una

cámara para cada quebrada que recibe el flujo de agua por medio de rejillas en aluminio, y una última cámara más grande dónde se hace la captación. Cada cámara consta de válvulas de desagüe para hacer su respectivo mantenimiento.

La corporación autónoma regional de Boyacá dio la concesión al acueducto ACUAVARC de 2,13 l/s cómo suma de los caudales de ambas quebradas.

La captación se hace en una bocatoma de fondo por medio de una tubería en PVC de 4" cómo se muestra en la imagen No. 2.



Imagen 2 Bocatoma de fondo, cámaras de sedimentación para cada quebrada

Fuente: Autor

La red de aducción desde la bocatoma hasta la planta de tratamiento tiene una longitud de 2000 m, solo en el punto de captación tiene tubería de 4" hasta la válvula de control, el resto de la longitud es en diámetro de 3". La planta de tratamiento consta de cinco tanques de filtración con capacidad de 300 litros, a diferencia del resto de estructuras, éstos tanques se encuentran debidamente resguardados en un cuarto que le brinda la protección necesaria ante cualquier tipo de daño o afectación al sistema. La planta también incluye un sistema automatizado para la cloración, sin embargo, no está en funcionamiento y se adecuó un tanque aparte para dicho proceso. La estructura de esta planta está construida sobre el tanque

de almacenamiento que cubica 135,4 m³, sus dimensiones externas son: 6,6 x 8,2 m y 2,8 m de altura, tiene 4 ductos de ventilación y aparentemente no tiene fugas visibles.



Imagen 3 Planta de tratamiento acueducto ACUAVARC

Fuente: Autor



Imagen 4 Tanque de almacenamiento acueducto ACUAVARC

Fuente: Autor

Las redes de distribución del sistema son en PVC con diámetros de 3/4" hasta 2", los sectores que hacen parte de éste acueducto son: Camino histórico, Caños, Centro, Gachal, Llanito, Peña y Varguitas.

7.1.2 Información técnica y operativa existente

Con autorización de la junta administrativa del acueducto ACUAVARC se hizo la recopilación de información técnica del sistema que hay existente.

De la información requerida se recopilaron los siguientes documentos:

- Plano general de planta, redes y usuarios.
- Plano general de planta, redes y curvas de nivel.
- Plano general de planta, redes, longitudes de red, diámetros existentes y accesorios.

Se anexa los archivos como evidencia. la demás información requerida no se encuentra en manos de los administrativos, por lo cual se hizo el levantamiento de éstos específicamente para éste proyecto.

Anexo A Plano general de planta, redes y usuarios

Anexo B Plano general de planta, redes y curvas de nivel

Anexo C Plano general de planta, redes, longitudes de red, diámetros existentes

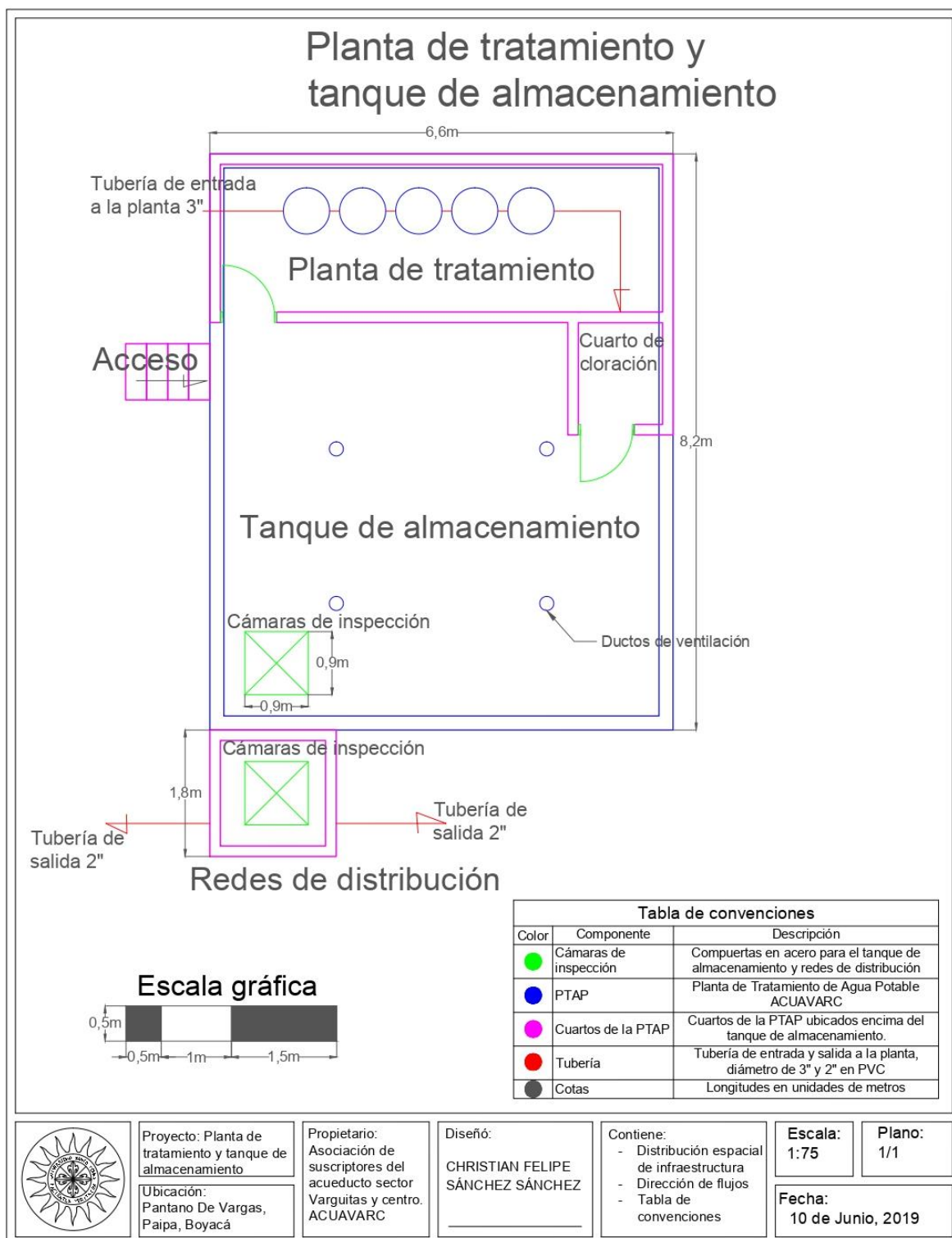


Figura 5 Plano de planta de tratamiento y tanque de almacenamiento

Fuente: Autor

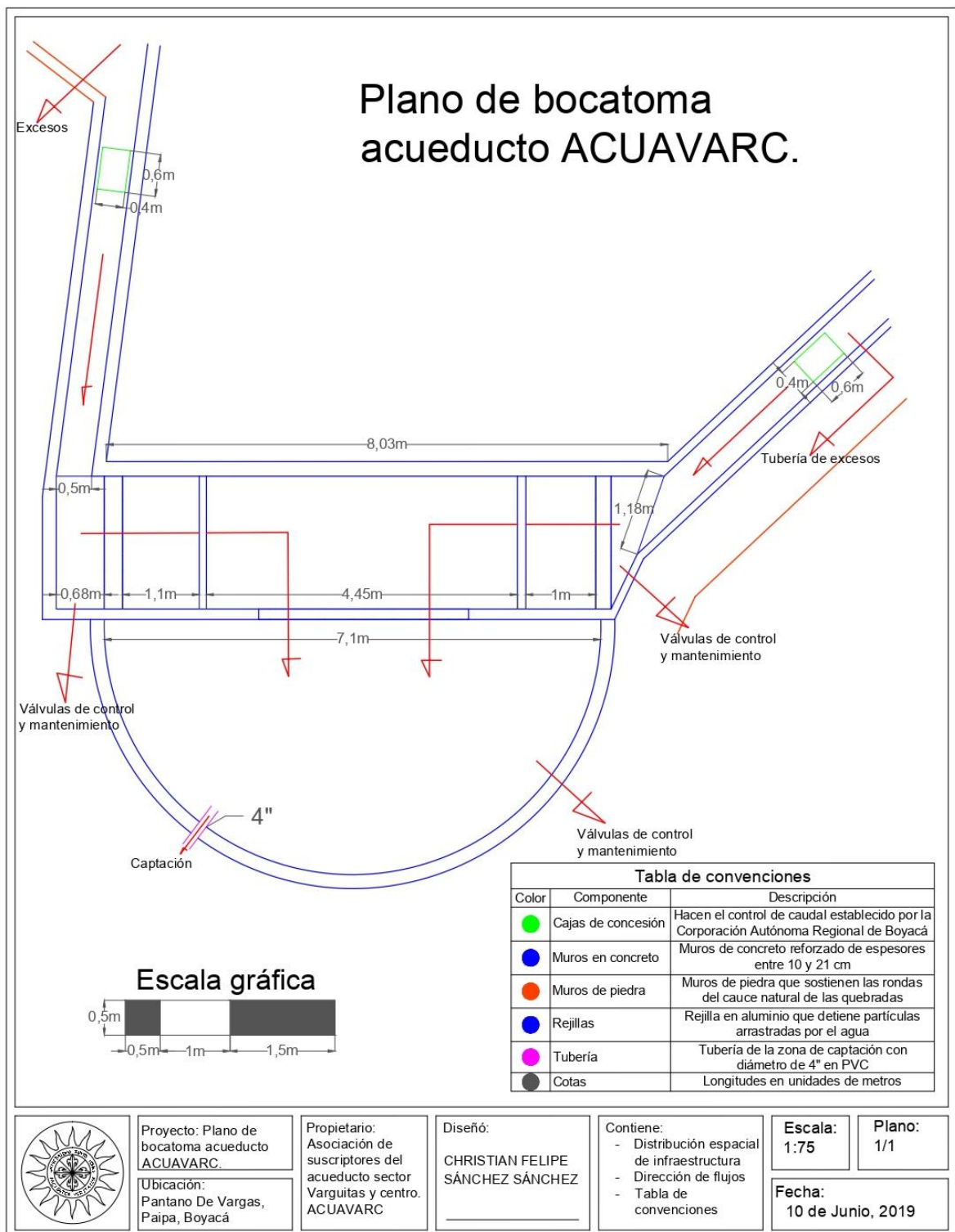


Figura 6 Plano bocatoma ACUAVARC

Fuente: Autor

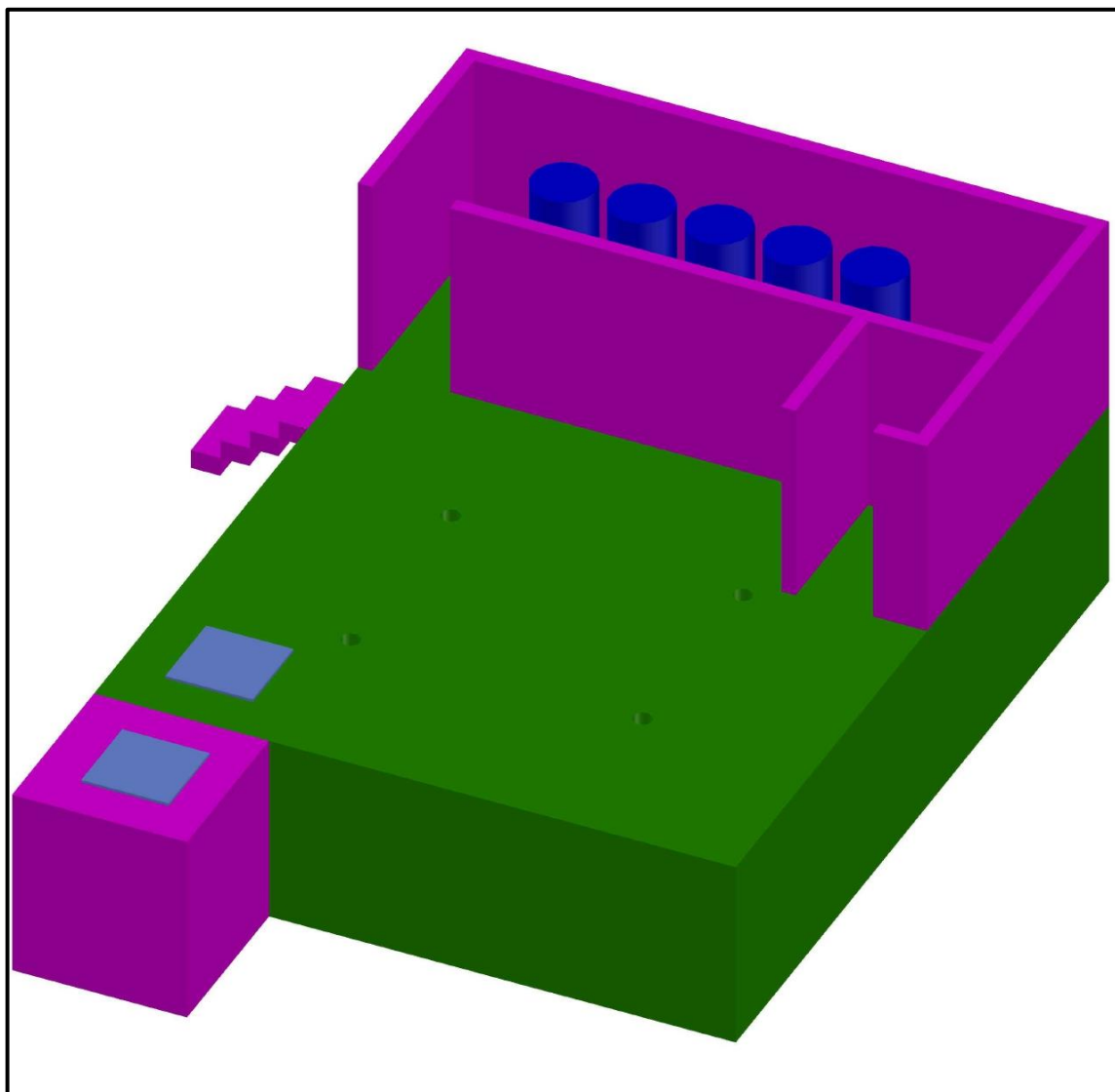


Figura 7 Modelación 3D tanque de almacenamiento y planta existentes

Fuente: Autor

7.1.3 Trabajo de campo

7.1.3.1 Subsistema de producción

En el sistema de producción se estudian los siguientes componentes:

- Cuenca hidrográfica
- Fuente de abastecimiento

Cuadro 34 Diagnóstico de la fuente de acueducto ACUAVARC

Tipo y nombre	Caudal (l/s)		Calidad del agua de la fuente				
	Verano	Invierno	Turbiedad (UNT)	pH	Coliformes (UFC/100cm ³)	DBO (mg O ₂ /l)	Color (UPC)
Superficial, Quebrada Peña Amarilla y Caimán	4,3	9,21	6,03	10,5	820	5	19,19

Fuente: Autor

La información del caudal en diferentes épocas del año fue recopilada en el transcurso de la ejecución del proyecto, se tomaron en cuenta los valores más críticos.

Desde el año 2017 la universidad Santo Tomas, subsidió el análisis de laboratorio físico-químico y microbiológico en la empresa de calidad certificada Analizar.

La metodología implementada para aforar la corriente de agua fue tomar el tiempo que tarda en llenar un balde de 12 litros, para obtener un dato más preciso se grabó un video enfocando la corriente de agua y un cronómetro como se observa en la imagen No. 5.



Imagen 5 Método implementado para aforar corrientes de agua

Fuente: Autor

Para el diagnóstico de captación se hizo el estudio de la capacidad de captación, se llevó el registro y caracterización del estado y funcionamiento de la infraestructura y el mantenimiento de ella, diligenciando el siguiente formato:

Cuadro 35 Diagnóstico de la captación

Tipo de captación	Nombre/ubicación	Capacidad (l/s)	Estado y funcionamiento	Mantenimiento
De fondo	Unión de quebrada el Caimán con Peña Amarilla	9,72	Bueno	Bueno

Fuente: Autor

La estructura de captación fue diseñada en el punto donde se une la quebrada Peña amarilla con el Caimán con una capacidad máxima de 9,72 l/s, de manera que existe una sola captación de fondo en todo el sistema de acueducto, el funcionamiento es bueno siempre y cuando se haga mantenimiento con la frecuencia que el fontanero ha venido haciéndolo, ya que es una zona boscosa que genera material suspendido y obstruye el flujo del agua en las rejillas.

Mediante la resolución No. 277 del 24 de febrero de 2014. La Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYCA, otorgo concesión de aguas superficiales a nombre de la asociación de suscriptores del acueducto sector Varguitas y centro “ACUAVARC”, con un caudal autorizado de 2,13 l/s, a derivar de la unión de las fuentes denominada “Quebrada Caimán y Peña amarilla”. Información suministrada por la actual junta directiva del acueducto ACUAVARC.

Cuadro 36 Aforo del caudal en zona de captación

Aforo de caudal en zona de captación			
Fecha	Tiempo /12lts	Aforo lt/s	Promedio /mes
14-oct-17	1,3	9,23	9,21
	1,3	9,23	
	1,31	9,16	

23-jun-18	1,6	7,50	7,83
	1,5	8,00	
	1,5	8,00	
30-jun-18	1,8	6,67	6,67
	1,8	6,67	

18-nov-17	1,8	6,67	6,43
	1,9	6,32	
	1,9	6,32	
7-dic-17	2	6,00	5,90
	2,1	5,71	
	2	6,00	
22-dic-17	2,2	5,45	5,63
	2,1	5,71	
	2,1	5,71	
13-ene-18	2,1	5,71	5,63
	2,2	5,45	
	2,1	5,71	
2-feb-18	2	6,00	6,21
	1,9	6,32	
	1,9	6,32	

8-sep-18	1,8	6,67	7,83
	1,6	7,50	
	1,5	8,00	
20-oct-18	1,5	8,00	8,79
	1,3	9,23	
	1,4	8,57	
3-nov-18	1,4	8,57	4,74
	2,5	4,80	
	2,6	4,62	
12-ene-19	2,5	4,80	4,29
	2,8	4,29	
	2,8	4,29	
Valor máximo en aforos:			9,21
Valor mínimo en aforos:			4,30

Fuente: Autor

Teniendo en cuenta los aforos realizados para esta investigación se determinó que el caudal que se está captando actualmente por el acueducto es de 4,3 l/s en verano y 9,21 l/s en invierno, lo que implica un exceso de caudal de 2,17 y 7,08 l/s respectivamente con respecto al caudal concesionado, es decir un 101,9% y 332,4 l/s respectivamente.

Cuadro 37 Demanda hídrica del acueducto ACUAVARC en verano e invierno

Tipo de captación	Nombre/ubicación	Caudal concesionado (l/s)	Caudal captado (l/s)	Exceso (%)
De fondo	Unión de quebrada el Caimán con Peña Amarilla	2,13	4,3 y 9,21	101,9% y 332,4%

Fuente: Autor

Dentro del sistema de acueducto se encuentran dos estructuras que cumplen su función como desarenador; una de ellas se encuentra ubicada en la bocatoma y hace el proceso de sedimentación antes de que el agua sea captada, el segundo desarenador es una estructura más vieja que se encuentra a 80 metros aguas debajo de la bocatoma. En esta segunda

estructura existe un rebose de agua que es regresada al cauce de la quebrada Varguitas, se aforó y se determinó el desperdicio en el siguiente cuadro:

Cuadro 38 Diagnóstico de los desarenadores del acueducto ACUAVARC

Nombre/ ubicación	Capacidad (l/s)	Estado de acceso	Estado de colmatación	Estado de la estructura	Mantenimiento y limpieza
Unión de quebrada el Caimán con Peña Amarilla	9,72	Bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable
Desarenador No. 2	8,39	Bueno	Malo	Aceptable	Aceptable

Fuente: Autor

Para la determinación del caudal de rebose del segundo desarenador se aforó en diferentes épocas del año con un balde de 12 litros y se tomó tiempos promedio de 9 segundos.

$$\text{Caudal de rebose} = \frac{\text{capacidad del balde (lts)}}{\text{tiempo de llenado (s)}}$$

$$\text{Caudal de rebose} = \frac{12 \text{ (lts)}}{9 \text{ (s)}}$$

$$\text{Caudal de rebose} = 1,33 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de salida} = \text{caudal de entrada} - \text{caudal de perdidas en rebose}$$

$$\text{Caudal de salida} = 9,72 \text{ l/s} - 1,33 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de salida} = 8,39 \text{ l/s}$$

La estructura del segundo desarenador presenta una tubería de rebose que regresa el agua concesionada al cauce natural de la quebrada, lo cual genera un desperdicio. Por otra parte, la placa en concreto no tapa completamente la superficie de la estructura.



Imagen 6 Desarenador aguas abajo de la bocatoma

Fuente: Autor

De acuerdo con el fontanero del acueducto ACUAVARC, JUAN DE JESÚS LEÓN, el mantenimiento general; es decir, hecho desde la bocatoma, desarenador, planta de tratamiento y tanques de almacenamiento se hace cada jueves teniendo en cuenta que es el día en que menos consumo de agua hay por parte de los usuarios, aparte de éste, es necesario ir a la bocatoma y desarenador día de por medio a hacer limpieza de material orgánico suspendido.



Imagen 7 Mantenimiento y limpieza técnica de infraestructura ACUAVARC

Fuente: Autor

La aducción y conducción son los procesos a los que el agua es sometida para llegar de la zona de captación hasta la planta de tratamiento y luego ser almacenada en los tanques de almacenamiento [15]. En el siguiente cuadro están recopilados los datos del diagnóstico de aducción y conducción.

Cuadro 39 Diagnóstico de aducción y conducción

Tramo	Tipo y material	Sección / diámetro	Longitud (m)	Capacidad (l/s)	Accesorios	Observaciones
Aducción	PVC	3" y 4"	2000	8,39	1 Válvula de cierre 4" 6 codos 4" 1 unión 4" 1 te 4"	La capacidad de las tuberías se puede mejorar si se controla el desperdicio en el desarenador, también si se instalan ventosas que expulsen el aire del sistema ya que no hay. No se observan fugas.
Conducción	PVC	2"	1	8,39		

Fuente: Autor

El diagnóstico de la planta es necesario para determinar el balance hidráulico del sistema, es importante hacer un reconocimiento de las estructuras físicas y su funcionamiento.

Cuadro 40 Diagnóstico global de la planta de tratamiento

Nombre/ubicación	Proceso de tratamiento	Estado de la estructura	Operación y mantenimiento
Planta de tratamiento	Filtración con arena y carbón activado mezclados	Aceptable, la estructura está conformada por cinco tanques en acero de 300 litros cada uno, trae un sistema integrado para la desinfección que no está en uso debido a que no hay personal capacitado.	El mantenimiento de éstos tanques de filtración es denominado retro lavado. Se hace dos veces a la semana.

	Desinfección, con aplicación de hipoclorito de calcio granulado	El sistema de aplicación del desinfectante es aceptable, consta de un tanque de 250 litros en el que se hace la dosificación y se administra al tanque de almacenamiento por goteo.	La aplicación de éste desinfectante se hace dos veces al día y el método de suministro es por goteo.
--	---	---	--

Fuente: Autor

De acuerdo con los ensayos del agua presentados en los cuadros 42, 43 y 44; el acueducto no cuenta con un sistema adecuado para el tratamiento del agua, los tanques de filtración están ubicados en serie y el material filtrante es una mezcla de carbón activado y arena, a pesar de que éstos tanques cuentan con un sistema automático, el procedimiento se hace manual por falta de mano de obra calificada y electricidad.

El método de limpieza es denominado retro lavado y consiste en inyectar agua a los tanques en sentido contrario, así el material retenido sale en forma de lodos, éste procedimiento se debe hacer por lo menos dos veces a la semana para que no se tapen los filtros.

En la etapa de conducción de la planta de tratamiento a los tanques de almacenamiento se aprovecha la turbulencia para agregar por goteo el hipoclorito de calcio granulado, la dosificación de este varía de acuerdo a los análisis de agua y el cloro residual libre.



Imagen 8 Aplicación de desinfectante al agua filtrada

Fuente: Autor

Como se puede ver en la imagen No. 8. El fontanero del acueducto JUAN DE JESÚS LEÓN extrae agua del tanque de almacenamiento para hacer la dosificación de hipoclorito de calcio granulado, se agregan 500 gramos por cada 250 litros de agua, luego se aplica por goteo al volumen total del tanque de almacenamiento.

Cuadro 41 Diagnóstico de capacidad de la planta

Nombre/ubicación	Caudal (l/s)		Perdidas por estanqueidad (m ³ /mes)	Consumo interno de la planta (m ³ /mes)
	Entrada	Salida		
Planta de tratamiento	8,39	8,38	7,2	16,8

Fuente: Autor

Para el diagnóstico de capacidad de la planta es indispensable obtener los valores de entrada y salida de la planta, ésta información ha sido registrada y suministrada por los operadores de la planta. A simple vista no se ven pérdidas por fugas, el consumo interno de la planta se genera cuando se hace el retro lavado de la misma, las pérdidas por estanqueidad son un valor estimado del agua no contabilizada en el momento de aforar la corriente de agua en la conducción a los tanques.

Para un diagnóstico de calidad del agua se hace una evaluación que consiste en comparar los parámetros de calidad del agua antes y después del tratamiento, así se determina la eficiencia de la misma.



Imagen 9 Planta de tratamiento, tanques de filtración

Fuente: Autor

Los parámetros admisibles son información de la resolución 2115 del 22 de junio de 2007. Los datos del ensayo de calidad del agua para consumo humano a la salida de la planta de tratamiento del acueducto ACUAVARC, son información suministrada por la secretaria de salud, y analizada en el Laboratorio Departamental de Salud, corresponden al código SS-G43-F02, muestra No. 18. La información de los ensayos de calidad del agua para el consumo humano a la entrada de la planta de tratamiento del acueducto ACUAVARC, son información obtenida del informe de resultado de ensayos de la empresa ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUÍMICO LTDA.

Cuadro 42 Diagnóstico de eficiencia de la planta de tratamiento

Fecha de los ensayos			24-ago-17
Parámetro	Admisible	A la entrada	A la salida
pH	6,5 - 9,0	N/A	6,7
Hierro	$\leq 0,3 \text{ mg/l}$	2,22	N/A
Color	$\leq 15 \text{ UPC}$	14,84	15
Turbiedad	$\leq 2 \text{ UNT}$	12,30	4,14
Coliformes totales	0 (UFC/100cm ³)	410	142

Fuente: Autor

En las salidas de campo se encontró que hay actividad de ganadería aguas arriba de la captación y no se respetan las rondas de las quebradas, de manera que se hace evidente la presencia de Escherichia Coli [17].

Gracias a esta información podemos hacer una comparación y determinar la eficiencia de remoción de partículas físico-químicas y microbiológicas que hace ésta planta de tratamiento, en el siguiente cuadro se evidencia si es aceptable o no cada componente.

Cuadro 43 Resultados de ensayos a la entrada de la planta

Parámetro	A la entrada	Diagnóstico
pH	N/A	N/A
Hierro	2,22	No aceptable
Color	14,84	Aceptable
Turbiedad	12,30	No aceptable
Coliformes totales	410	No aceptable

Fuente: Autor

$$IRCA(\%) = \frac{\sum \text{puntaje de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntaje de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{31,5}{37,5} \times 100$$

$$IRCA(\%) = 84\%$$

Cuadro 44 Resultados de ensayos a la salida de la planta

Parámetro	A la salida	Diagnóstico
pH	6,7	Aceptable
Hierro	N/A	N/A
Color	15	Aceptable
Turbiedad	4,14	No aceptable
Coliformes totales	142	No aceptable

Fuente: Autor

$$IRCA(\%) = \frac{\sum \text{puntaje de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{puntaje de riesgo asignado a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{30}{37,5} \times 100$$

$$IRCA(\%) = 80\%$$

Haciendo uso de la resolución 2115 del 22 de junio de 2007 se puede determinar el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) en los ensayos de agua a la entrada y salida de la planta de tratamiento. Cómo se puede ver, en este caso podemos notar que la planta de tratamiento no cumple los requerimientos necesarios para que el agua sea apta para el consumo humano. De acuerdo con la resolución, el agua a la entrada de la planta tiene un nivel inviable sanitariamente y a la salida de la planta tiene un nivel de riesgo alto.

7.1.3.2 Subsistema de distribución

El subsistema de distribución inicia en los tanques de almacenamiento, donde se permite guardar grandes cantidades de agua y así evitar desabastecimiento a la vereda. El diagnóstico de los tanques de almacenamiento está registrado en el siguiente cuadro:

Cuadro 45 Diagnóstico de los tanques de almacenamiento

Ítem	Tanque
Nombre del tanque	Único tanque
Localización	Latitud: 5.745340N Longitud: -73.067176E Altitud: 2581.9
Tipo	En concreto, semi-enterrado
Dimensiones	Rectangular
Alto (m)	2,8
Ancho (m)	7,8
Largo (m)	6,2
Capacidad (m ³)	135,4
Nivel máximo (m)	2,8
Nivel mínimo (m)	0,1
Numero de fisuras	4
Numero de fugas	0
Zonas que abastece	Todos los usuarios

Fuente: Autor

El único tanque de almacenamiento del acueducto ACUAVARC es un diseño en concreto semienterrado que se encuentra debajo de la planta de tratamiento, tiene una capacidad de

135,4 m³, tiene válvulas de corte a la entrada y salida, aparte de un conducto directo para el suministro a los usuarios en caso de que se necesite hacerle mantenimiento. En la placa superior se reparten equitativamente 4 ductos de 4" para la ventilación y reducción de presiones producidas por los cambios de temperatura en el transcurso del día.

A simple vista el tanque de abastecimiento tiene fugas en la válvula de entrada, se percibe corrosión, turbiedad en el agua, a continuación, en el diagnóstico de caudales y estanqueidad en el tanque se muestran los valores de entrada y salida del tanque.

Cuadro 46 Diagnóstico de caudales y estanqueidad en el tanque

Tanque N°	Caudal (l/s)		Perdidas por estanqueidad (m ³ /mes)
	Entrada	Salida	
1	8,38	8,37	26,3

Fuente: Autor



Imagen 10 Tanque de almacenamiento de acueducto ACUAVARC

Fuente: Autor

Después del tanque de almacenamiento, la siguiente etapa es la distribución del servicio a todos los usuarios, para éste se crean ramificaciones definidas como primarias, secundarias, y así continúa hasta llegar a la acometida de cada usuario.

Dentro del Pantano de Vargas se subdividen sectores para organizar la repartición, a continuación se muestra un cuadro con las redes y sus características.

Cuadro 47 Diagnóstico rápido de la red

Red	Ø	Material	Long (m)	Válvulas			Hidrantes	
				Tipo	No.	Estado	No.	Estado
Primarias								
Sector Varguitas	2"	PVC	3870	Compuerta	3	aceptable	0	aceptable
Sector Centro	2"	PVC	3545	Compuerta	2	aceptable	3	aceptable
Secundarias								
Sector Caños	3/4"	PVC	1678	Compuerta	1	aceptable	0	aceptable
Sector Peña	2"	PVC	4516	Compuerta	1	aceptable	0	aceptable
Sector Llanito	2"	PVC	1320	Compuerta	1	aceptable	0	aceptable
Sector Camino Histórico	3/4"	PVC	326	Compuerta	1	aceptable	0	aceptable
Sector Gachal	2", 1½ y 3/4"	PVC	1870	Compuerta	1	aceptable	0	aceptable
Totales			1712 5		8		3	

Fuente: Autor

El servicio que presta el acueducto ACUAVARC, tiene como fin suplir las necesidades domésticas, sin embargo, hay un alto número de usuarios que utilizan de ésta agua con fines agropecuarios, a pesar de que el distrito de riego y drenaje USOCHICAMOCHA también presta sus servicios a la vereda del Pantano de Vargas.



Imagen 11 Pieza de registros, inicio de la red de distribución

Fuente: Autor

En la imagen No. 11. Se muestra el inicio de las redes de distribución, a simple vista se ve un sistema en mal estado, humedad constante en el suelo, válvulas sin perilla que, según el fontanero, ya cumplieron con su vida útil, se hizo registro de planos generales del acueducto, sin embargo, éstos tienen información desactualizada que data del 2010.

En la totalidad de la red de distribución solo se encuentran tres ventosas sobre la red que abastece el sector Centro, una de ellas es una ventosa de alta presión, en seguida se construyeron empíricamente las otras dos, utilizando una te de 2" y una reducción a 3/4" con su respectivo tapón, sólo funcionan si el encargado las destapa. Éstas ventosas improvisadas generan un gran desperdicio al momento de su uso, debido a que se va a seguir derramando agua hasta que el encargado las vuelva a sellar.



Imagen 12 Ventosa de alta presión

Fuente: Autor



Imagen 13 Ventosa improvisada con reducción a 3/4"

Fuente: Autor

De acuerdo con la información anterior y con la colaboración del fontanero del acueducto, se diligenció el siguiente cuestionario:

Cuadro 48 Preguntas del sistema técnico del acueducto

Preguntas	Si	No
¿Existen zonas de baja presión en la red?	X	
¿Existen zonas de alta presión en la red?	X	
¿Se puede mejorar la presión reparando o instalando algunas pocas válvulas?	X	
¿Es necesario ejecutar o actualizar el catastro de redes?	X	
¿Es necesario reemplazar tuberías por problemas de edad?	X	
¿Es necesario reemplazar tuberías por problemas de material?		X
¿Existe el personal capacitado para operar la red y hacerle mantenimiento?	X	
¿Está definido el presupuesto para optimizar la red de distribución?		X

Fuente: Autor

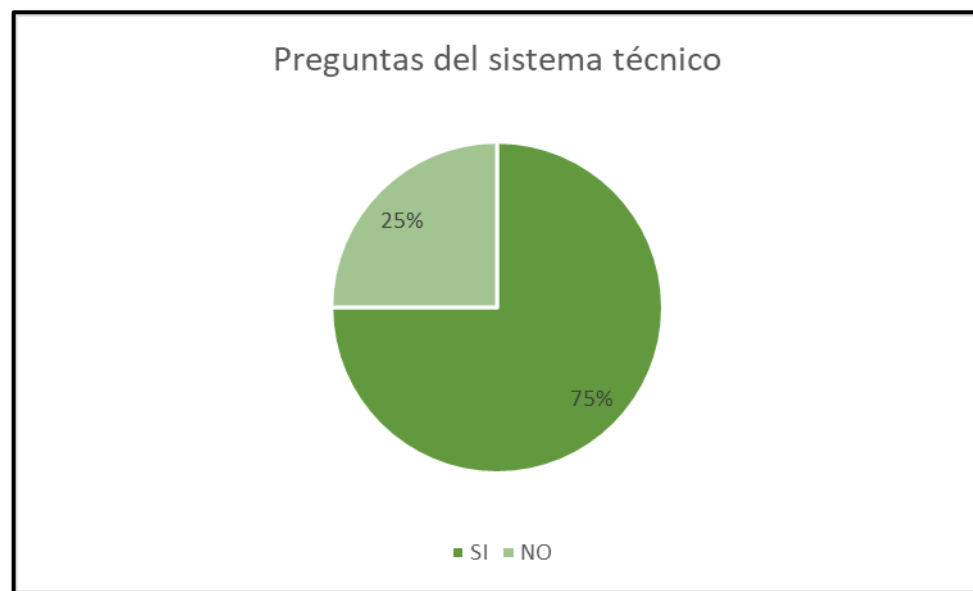


Figura 8 Preguntas del sistema técnico del acueducto

Fuente: Autor

Cómo se puede ver en la figura No. 11. El 75% de las preguntas del anterior cuestionario son motivo de mejoramiento del acueducto; actualmente el acueducto sigue funcionando, sin embargo, con este diagnóstico se puede identificar los criterios de priorización.

7.1.4 Criterios de priorización del sistema técnico

Teniendo en cuenta toda la información recopilada en trabajo de campo, encuestas al personal del acueducto y administrativos, se determinó las mayores causas de pérdida de agua en el sistema, en el siguiente cuadro se explican y se hace una retroalimentación para tener en cuenta.

Cuadro 49 Causas generales de pérdidas de agua en el acueducto ACUAVARC

Causas generales de pérdidas de agua en el sistema de acueducto ACUAVARC		
Proceso de captación	Proceso de tratamiento	Proceso de distribución
- A pesar de que en la zona de captación se está recibiendo más caudal del concesionado, hay pérdidas inmediatamente en la pieza de registro de la bocatoma, desarenador y entrada a la planta. - Fugas en válvulas de control en la bocatoma. - Rebose de agua en el segundo desarenador.	- No existe macromedición en ningún punto del acueducto. - Consumo interno de la planta en retro lavado.	- Filtraciones en válvulas de paso a la entrada del tanque de almacenamiento. - Filtración en ventosas en mal estado. - Ausencia de macromedición. - Conexiones sin medidor. - Derivaciones fraudulentas. - Errores en micromedición. - Conexiones con medidor parado.

Fuente: Autor

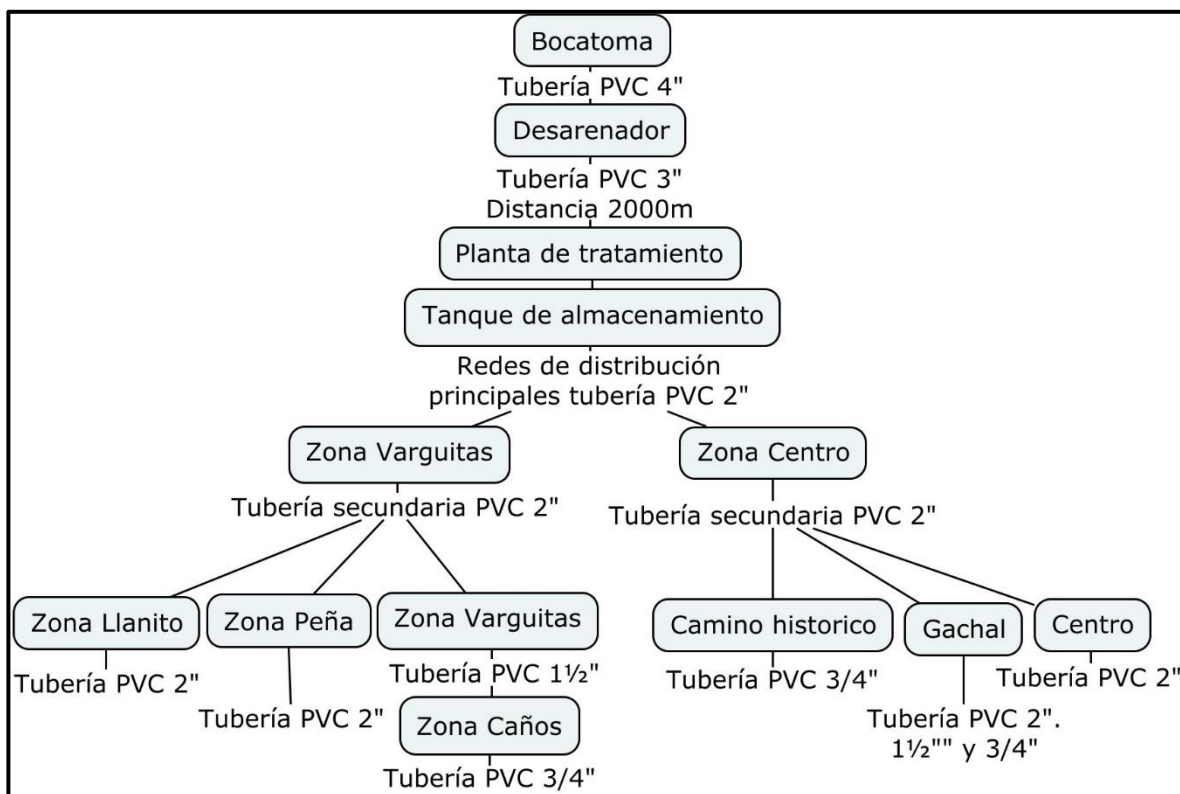


Figura 9 Sistema de redes del acueducto ACUAVARC

Fuente: Autor

7.2 DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL

El conocimiento completo y preciso de las condiciones en que se gerencia y administra la prestación del servicio de acueducto, es un factor esencial para adelantar cualquier actividad de mejoramiento de la gestión empresarial, siendo de esencial importancia el control y la disminución de pérdidas de agua, que se inician desde el mismo proceso de captación [15].

7.2.1 Aspectos institucionales y legales

La ley 142 de 1994, definió el marco legal que deben observar todas las entidades que prestan servicios públicos domiciliarios, incluyendo los acueductos. En el desarrollo de éste marco, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), el Ministerio de

Desarrollo Económico (hoy Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), han expedido una serie de decretos y resoluciones que reglamentan con mayor detalle la prestación de estos servicios en todo el territorio nacional [15].

Cuadro 50 Diagnóstico sobre aspectos institucionales

Preguntas	Si	No
¿Se ha realizado el proceso de transformación empresarial en la entidad prestadora?	X	
¿Se realizó el estudio de viabilidad de la entidad prestadora?		X
¿Se ha realizado el estudio de costos y tarifas según la metodología de la CRA?	X	
¿Se ha informado a la CRA, la SSPD, las autoridades locales y los usuarios acerca de los estudios de costos y tarifas de los servicios?	X	
¿Se ha implementado el sistema de control interno?	X	
¿Se lleva contabilidad separada de los servicios?	X	
¿Se ha creado y puesto en funcionamiento la oficina de peticiones, quejas y recursos?		X
¿Se ha implementado el plan de cuentas definido por la SSPD?	X	
¿Se ha implementado la estratificación socioeconómica de los usuarios?		X
¿Se ha creado el fondo de solidaridad y redistribución de ingresos para los subsidios?		X
¿Se ha elaborado y/o implementado el programa de uso eficiente y ahorro del agua?	X	
¿Se ha establecido un programa permanente de control de pérdidas y de agua no contabilizada?		X
¿Se ha conformado el comité de desarrollo y control social?		X
¿Se ha conformado un archivo organizado de la información y los documentos legales de constitución de la empresa?	X	
¿Se ha controlado la auditoria externa de gestión y resultados?		X
¿Se ha elaborado y presentado a la corporación autónoma regional el programa de gestión integral de residuos sólidos?		X

Fuente: Autor

En el cuadro anterior, se muestran las respuestas suministradas por el tesorero NILZON OVIDIO SÁNCHEZ del acueducto ACUAVARC, acerca de la situación de la entidad prestadora de servicio frete al cumplimiento de esta reglamentación.

Del 100% de las encuestas acerca de aspectos institucionales, el 50% está implementado en la administración del acueducto.

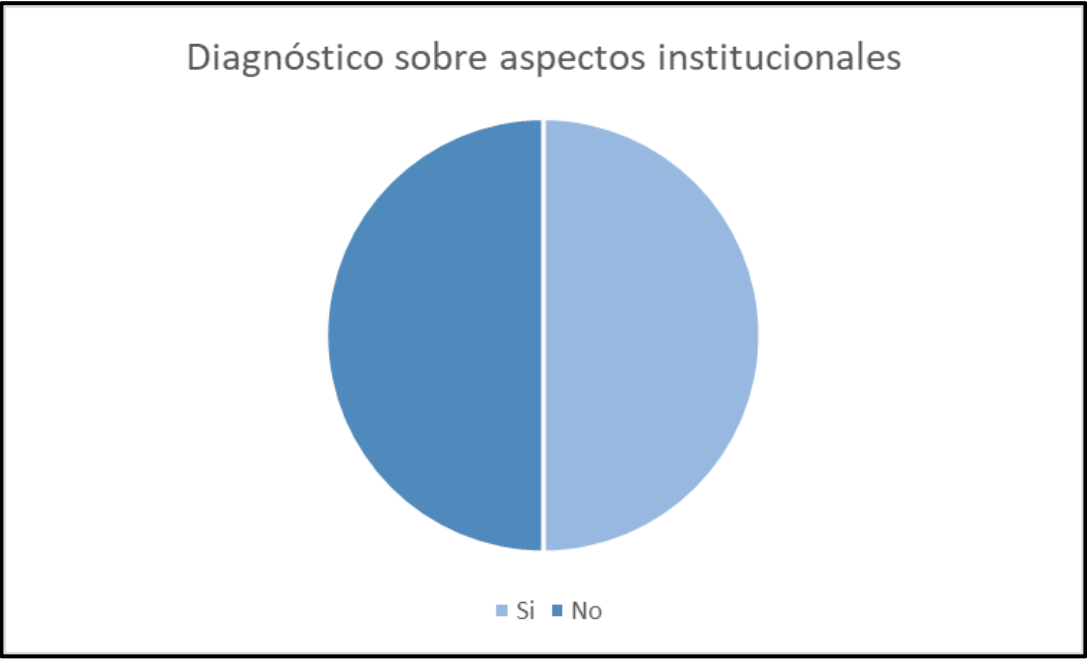


Figura 10 Diagnóstico sobre aspectos institucionales

Fuente: Autor

7.2.2 Aspectos administrativos

Del diagnóstico de aspectos administrativos fueron 7 respuestas positivas, equivalentes al 41% y 10 respuestas negativas equivalentes al 59%.

Cuadro 51 Diagnóstico sobre los aspectos administrativos

Preguntas	Si	No
¿Se ha creado la planta de personal en la entidad prestadora?	X	
¿Está determinada la estructura orgánica de la empresa?	X	
¿Existe reglamento interno de trabajo?		X
¿Se ha elaborado e implementado el manual de funciones?	X	
¿Se ha elaborado e implementado el manual de procedimientos?	X	
¿Se ha creado e implementado un procedimiento de selección personal?		X
¿Se ha definido e implementado un registro de actualización de las hojas de vida del personal?		X
¿Se ha suscrito contrato de trabajo con todos los empleados?	X	
¿Se ha programado e implementado un curso de inducción para el personal nuevo?		X
¿Están afiliados los empleados al régimen de seguridad social?	X	
¿Se ha implementado un sistema de promoción, estabilidad y ascenso del personal?		X
¿Se ha implementado un sistema de evaluación periódica de desempeño del personal?		X
¿Se han establecido las necesidades y el presupuesto anual de capacitación?		X
¿Se ha establecido e implementado un procedimiento (Kardex, manual o sistematizado) para la administración de materiales?		X
¿Se ha definido e implementado un plan anual de compras?		X
¿Se tiene establecido el registro actualizado de precios y proveedores?		X
¿Se ha cuantificado el patrimonio actual por cada servicio y se ha establecido un procedimiento para su actualización?	X	

Fuente: Autor

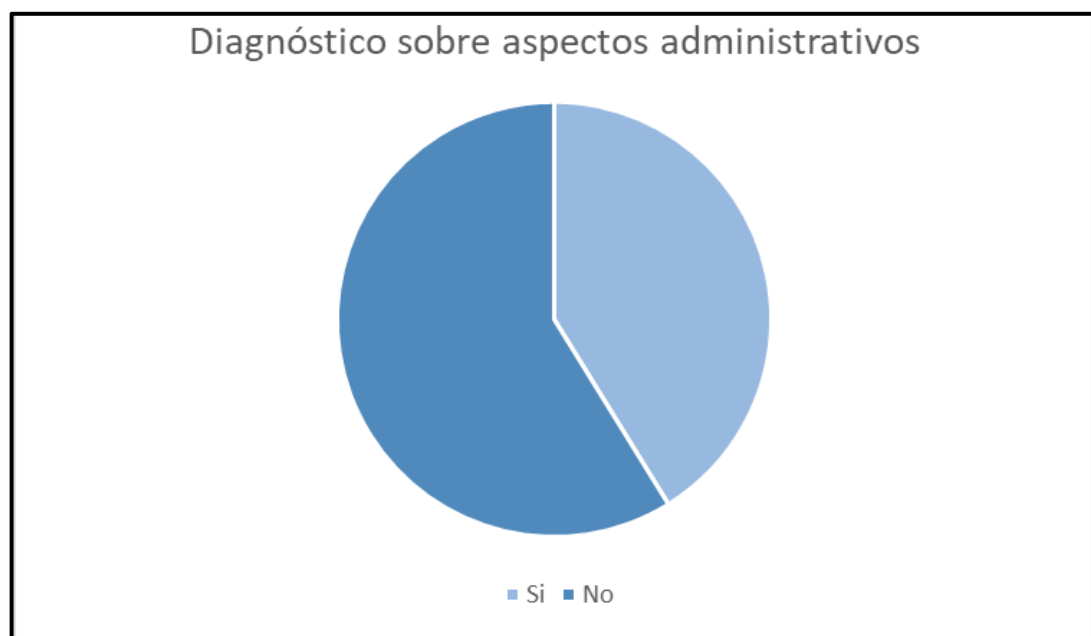


Figura 11 Diagnóstico sobre aspectos administrativos

Fuente: Autor

Cuadro 52 Diagnóstico del personal

Funcionarios	Administrativos	Operativos
De planta	3	1
Por contrato	0	0
Con estudios de primaria	3	1
Con estudios de secundaria	3	0
Con estudios intermedios	1	0
Con estudios profesionales	2	0
Horas de capacitación en fontanería	20	20
Horas de capacitación en plantas de potabilización	20	20
Horas de capacitación en equipos electromecánicos	0	20
Horas de capacitación en administración y gerencia	0	0
Valor de la nómina mensual		\$1'336.917COP
Antigüedad (promedio aritmético)		4 años

Fuente: Autor

En éste cuadro se puede ver el número de personas que hacen parte de la junta administrativa y del personal operativo, sus estudios y salarios. Teniendo en cuenta que la entidad prestadora del servicio es una asociación de suscriptores, y quienes la administran son elegidos democráticamente por la asamblea general sin remuneración; los oficios u ocupaciones se aproximan más a la ganadería y agricultura, mas no son exactamente oficios relacionados con la administración de un acueducto.

7.2.3 Aspectos financieros

Dentro del diagnóstico financiero se reunió información acerca de los siguientes aspectos:

- Análisis de la gestión financiera de la empresa
- Análisis de los estados financieros
- Proyecciones financieras
- Análisis de cartera por edades

Para la evidencia de la información se organizó en los siguientes cuadros:

Cuadro 53 Diagnóstico de la gestión financiera

Preguntas	Si	No
¿Se ha creado la planta de personal en la entidad prestadora?	X	
¿Se ha elaborado y gestionado la aprobación de presupuesto anual de ingresos y egresos de una entidad prestadora de los servicios?	X	
¿Se elaboran y se llevan los libros de control de ejecución presupuestal mensual o manual?	X	
¿Se elaboran y se llevan los libros de contabilidad mayor, diario y auxiliares?	X	
¿Se reportan los estados financieros a la CRA y la SSPD, de acuerdo con los formatos definidos por la SSPD en el SIVICO?	X	
¿Se ha desarrollado e implementado el sistema unificado de costos y gastos definidos por la SSPD?	X	
¿Se han elaborado y actualizado los procedimientos de tesorería?	X	

¿Se ha implementado el plan de cuentas definido por la SSPD a nivel de documento fuente?		X
¿Se ha elaborado e implementado un procedimiento de reporte periódico de estado de caja y bancos con el fin de conocer el estado de liquidez?	X	
¿Se ha incorporado en el presupuesto anual la apropiación del 1% de presupuesto de investigaciones para mantenimiento de cuencas?		X
¿Se ha incorporado en el presupuesto anual la apropiación de recursos para contribuciones a la SSPD y a la CRA?	X	
¿Se elaboran e implementan procedimientos de reporte periódico de compromisos de pago de la entidad prestadora?		X

Fuente: Autor



Figura 12 Diagnóstico de la gestión financiera

Fuente: Autor

Del diagnóstico de gestión financiera fueron 9 respuestas positivas, equivalentes al 75% y 3 respuestas negativas equivalentes al 25%.

La información del análisis de los estados financieros se obtuvo de la página web del acueducto <http://www.acuavarc.esalboy.com/> del año inmediatamente anterior [18].

Cuadro 54 Análisis de los estados financieros

	Años		Variación
Balance general	2017	2018	
activo corriente	\$ 228	\$ 1.348.177	\$ 1.347.949
cuentas por cobrar clientes corto plazo	\$ 3.513.000	\$ 7.215.350	\$ 3.702.350
inventarios	---	---	---
gastos pagados por anticipado	---	---	---
activo total	\$ 218.195.277	\$ 226.616.927	\$ 8.421.650
depreciación	\$ 5.958.000	\$ 6.328.000	\$ 370.000
cuentas por cobrar clientes largo plazo	\$ -	\$ -	\$ -
Pasivo corriente	\$ 4.665.214	\$ 3.225.842	-\$ 1.439.372
Pasivo largo plazo	\$ -	\$ -	\$ -
Pasivo total	\$ 4.665.214	\$ 3.225.842	-\$ 1.439.372
Patrimonio	\$ 215.283.623	\$ 226.616.927	\$ 11.333.304
Estado de ganancias o pérdidas			
Ingresos operacionales	\$ 116.215.127	\$ 48.869.910	-\$ 67.345.217
Ingresos totales	\$ 116.215.127	\$ 48.869.910	-\$ 67.345.217
Costos operacionales	\$ 98.110.852	\$ 29.481.982	-\$ 68.628.870
Gastos administrativos	\$ 2.443.929	\$ 12.631.801	\$ 10.187.872
Otros gastos	---	---	---
Gastos totales	\$ 100.554.781	\$ 42.113.783	-\$ 58.440.998
Ingresos financieros	\$ 1.890	\$ 1.213	-\$ 677
Gastos financieros	\$ 416.297	\$ 246.779	-\$ 169.518
Utilidad neta	-\$ 135.046	\$ 6.756.127	\$ 6.891.173

Fuente: ACUAVARC, «ACUAVARC ESAL BOY,» [En línea]. Available: <http://www.acuavarc.esalboy.com>.

Cuadro 55 Proyecciones financieras

Concepto/años	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Balance general						
Activo corriente	\$ 1.348.177	\$ 1.685.221	\$ 2.106.527	\$ 2.633.158	\$ 3.291.448	\$ 4.114.310
Activo total	\$ 226.616.927	\$ 260.609.466	\$ 299.700.886	\$ 344.656.019	\$ 396.354.422	\$ 455.807.585
Pasivo corriente	\$ 3.225.842	\$ 3.677.460	\$ 4.192.304	\$ 4.779.227	\$ 5.448.319	\$ 6.211.083
Pasivo total	\$ 3.225.842	\$ 3.806.494	\$ 4.491.662	\$ 5.300.162	\$ 6.254.191	\$ 7.379.945
Patrimonio	\$ 226.616.927	\$ 267.407.974	\$ 315.541.409	\$ 372.338.863	\$ 439.359.858	\$ 518.444.633
Estado de ganancias o pérdidas						
Ingresos operacionales	\$ 48.869.910	\$ 65.974.379	\$ 89.065.411	\$ 120.238.305	\$ 162.321.712	\$ 219.134.311
Ingresos totales	\$ 48.869.910	\$ 70.861.370	\$ 102.748.986	\$ 148.986.029	\$ 216.029.743	\$ 313.243.127
Costos operacionales	\$ 29.481.982	\$ 40.685.135	\$ 56.145.487	\$ 77.480.771	\$ 106.923.465	\$ 147.554.381
Gastos administrativos	\$ 12.631.801	\$ 12.233.174	\$ 10.931.454	\$ 10.794.811	\$ 10.794.810	\$ 10.794.809
Otros gastos	---	---	---	---	---	---
Gastos totales	\$ 12.631.801	\$ 12.233.174	\$ 10.931.454	\$ 10.794.811	\$ 10.794.810	\$ 10.794.809
Ingresos financieros	\$ 1.213	\$ 1.553	\$ 1.987	\$ 2.544	\$ 3.256	\$ 4.168
Gastos financieros	\$ 246.779	\$ 315.877	\$ 404.323	\$ 517.533	\$ 662.442	\$ 847.926

Fuente: ACUAVARC, «ACUAVARC ESAL BOY,» [En línea]. Available: <http://www.acuavarc.esalboy.com>.

Para los siguientes resultados se tuvo en cuenta que la empresa de acueducto ACUAVARC no maneja estratificación de usuarios, por lo tanto, se maneja una tarifa única con las siguientes condiciones y límites de consumo:

Cuadro 56 Costo del agua de acuerdo a la cantidad de consumo

Costo del agua de acuerdo a la cantidad de consumo		
Clases de consumo	Consumo (m ³ /mes)	Tarifa (\$/m ³)
Básico	0 – 34	350
Complementario	35 – 68	450
Suntuario	69 – 138	600
Exceso	> 138	800

Fuente: Autor

Cuadro 57 Análisis de cartera por edades

Estrato/uso	< 3 meses		4 - 6 meses		> 7 meses		Total
	Valor (\$)	%	Valor (\$)	%	Valor (\$)	%	(\$)
Único	139.650	1,28	5.979.200	54,68	4.816.550	44,05	10.935.400

Fuente: ACUAVARC, «ACUAVARC ESAL BOY,» [En línea]. Available: <http://www.acuavarc.esalboy.com>.

7.2.4 Aspectos comerciales

El análisis de los aspectos comerciales se inicia con la evaluación de los procesos de gestión llevados a cabo. Haciendo uso de la resolución CRA 285 de 2017 y la Ley 142 de 1994 se contestan las siguientes preguntas:

Cuadro 58 Diagnóstico gestión comercial

Preguntas	Si	No
¿Se ha elaborado e implementado el contrato de condiciones uniformes?	X	
¿Se ha establecido un procedimiento para atender solicitudes nuevas de servicio?	X	
¿Se tiene establecido un procedimiento para incorporación de usuarios?		X
¿Se tiene definido e implementado un procedimiento permanente para la detección de usuarios clandestinos?		X
¿Se ha realizado e implementado el catastro de suscriptores?	X	
¿Se ha realizado e implementado el catastro de medidores?	X	

¿Se han instalado medidores nuevos a usuarios ya existentes?	X	
¿Se ha elaborado e implementado un programa de revisión y calibración de medidores?		X
¿Se ha ejecutado un programa de reposición de medidores que han cumplido su vida útil?		X
¿Se tienen definidos los procedimientos para la lectura de medidores?	X	
¿Se adecua la factura a los requerimientos de la resolución 825 del 28 de diciembre de 2017	X	
¿Se ha definido e implementado un procedimiento de facturación?	X	
¿Se ha implementado un formato para la actualización mensual de niveles tarifarios?		X
¿Se ha implementado un formato para crítica y revisión previa?		X
¿Se tienen implementados las listas de control de facturación?	X	
¿Se ha implementado un procedimiento individualizado de recaudo?	X	
¿Se ha implementado un programa de recaudo a domicilio?		X
¿Se ha implementado un programa de recaudo a través de bancos y/o establecimientos comerciales?	X	
¿Se han elaborado listas de control de no pago?	X	
¿Se han implementado formatos de control de eficiencia en el recaudo?	X	
¿Se han definido e implementado procedimientos para cobro a morosos, suspensión, corte y reconexión?	X	
¿Se ha realizado e implementado un registro de actualización de la cartera morosa?	X	
¿Se han implementado listas para el registro de consumos por estrato?		X
¿Se ha establecido un procedimiento para obtener registros actualizados de agua producida y agua facturada?		X
¿Se ha formulado e implementado jornadas de capacitación a la comunidad en control social y gestión comercial del servicio?		X
¿Se ha formulado e implementado un programa anual de capacitación sobre uso eficiente y ahorro de agua?	X	
¿Se ha formulado e implementado un programa anual de capacitación en saneamiento básico y educación de higiene?		X

Fuente: Autor

Del diagnóstico de gestión comercial fueron 16 respuestas positivas, equivalentes al 59% y 11 respuestas negativas equivalentes al 41%.



Figura 13 Diagnóstico de la gestión comercial

Fuente: Autor

Cuadro 59 Conexiones y/o usuarios del servicio

Mes: junio Año: 2019											
Conexiones/usuarios								Medidores en reparación		Número estimado de usuarios clandestinos	
Con medidor funcionando		Con medidor parado		Sin medición		Total conexiones/ usuarios					
No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
235	86,40	13	4,78	24	8,82	272	100	0	0,00	2	0,74

Fuente: Autor

Cuadro 60 Consumos facturados

Estrato/ uso	Consumos facturados en los últimos 6 meses a los usuarios con medidor funcionando (m ³ /mes) febrero 2019					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	mar-abr	may-jun	jul-ago	sep-oct	nov-dic	ene-feb
Único	6549	6084	7387	8470	7828	5766
CPM	NUP	CPMU	CFUSM	VFUSM	CFUCMP	VFUCMP
(7)	(8)	(7/8)	(9)	(10)	(11)	(12)
7014	272	25,79	36,80	883,30	36,80	478,46

- CPM: consumo promedio mensual
- NUP: número de usuarios promedio
- CPMU: consumo promedio mensual por usuario
- CFUSM: consumo facturado a usuarios sin medición
- VFUSM: volumen facturado a los usuarios sin medición
- CFUCMP: consumo facturado a usuarios con medidor parado
- VFUCMP: volumen facturado a usuarios con medidor parado

Fuente: ACUAVARC, «ACUAVARC ESAL BOY,» [En línea]. Available: <http://www.acuavarc.esalboy.com>.

Cuadro 61 Análisis de consumos a usuarios sin medición

Mes año: febrero 2019							
Estrato/uso	Consumo de usuarios con medidor funcionando (m ³ /mes)	Número de usuarios con medidor funcionando (usuarios)	Consumo por usuario con medidor funcionando (m ³ /usu*m es)	Factor de consumo en usuarios sin medición (factor)	Consumo en usuarios sin medición (m ³ /usu*m es)	Número de usuarios sin medición (usuarios)	Volumen de consumo de usuarios sin medición (m ³ /mes)
Único	5766	235	24,54	1,5	36,80	24	883,30

Fuente: ACUAVARC, «ACUAVARC ESAL BOY,» [En línea]. Available: <http://www.acuavarc.esalboy.com>.

Cuadro 62 Facturación y recaudo

Mes año:	Febrero 2019	Total usuarios:	272	
Periodo	Estrato/uso	Facturación (\$)	Recaudo (\$)	No. Facturas canceladas
mar-abr	Único	25.550.200	19.479.000	213
may-jun	Único	11.623.200	5.255.650	221
jul-ago	Único	17.104.933	10.378.900	213
sep-oct	Único	12.424.850	5.377.000	202
nov-dic	Único	16.543.750	10.539.400	231
ene-feb	Único	15.523.950	4.451.250	215
Total promedio 12 meses		98.770.883	55.481.200	1295

Fuente: ACUAVARC, «ACUAVARC ESAL BOY,» [En línea]. Available: <http://www.acuavarc.esalboy.com>.

Para determinar la información de facturación y recaudo no solo se tiene en cuenta el valor del volumen de agua consumida; a partir del momento en que se conforma la asociación de suscriptores empiezan a conformarse otro tipo de gastos como, por ejemplo:

- Facturas vencidas
- Costo por reconexión
- Multa por inasistencia a asamblea
- Costo de medidores y accesorios
- Costo del punto de agua
- Cuota de reforestación
- Consumo de agua

A partir de esto se determinan los valores de facturación y recaudo generales.

El acueducto ACUAVARC no tiene contemplado en su plan de desarrollo una estructura tarifaria estratificada para los usuarios, hasta el año 2017 se cobraba una tarifa básica a todos los usuarios debido a que no existía la micromedición en ningún punto; a partir de ese año se instalaron medidores a los 225 usuarios, que hoy ya suman 272 usuarios. Para la toma de lecturas del consumo se empezó a establecer la estratificación de la siguiente manera:

- Domestico
- Comercial

- Industrial
- Institucional

Aun así, hubo demasiada controversia ya que las personas que tenían sus puntos en fincas no aceptaban las tarifas de nivel industrial; por esta razón se definió en una asamblea general no facturar el consumo con esa estructura tarifaria y manejar una tarifa única.

De acuerdo con lo anterior, la junta administrativa propuso poner límites de consumo y costos adicionales a los usuarios que gastaran más agua, de esta manera todo aquel que gaste acorde con lo establecido por la Comisión de Regulación De Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) pagará su respectiva tarifa; éstas tarifas están especificadas en el cuadro No. 54. Costo del agua de acuerdo a la cantidad de consumo.

La información suministrada para el desarrollo del diagnóstico empresarial ha sido en gran parte por la junta administrativa que está conformada cómo se muestra en la figura No. 2.

7.3 BALANCE DE AGUA DEL SISTEMA

Con el balance de agua se determinan los volúmenes de pérdida en los diferentes procesos que se realizan en la planta de tratamiento. Para la realización del balance de agua, fue necesario el manejo de la información de la prestación de servicio de acueducto; información recopilada en el diagnóstico técnico y empresarial.

Cuadro 63 Balance de agua

A) Información general			
Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable
Población rural, Paipa	Habitantes	11666	DANE 2015
Número de domicilios (viviendas, comerciales, industriales e institucionales)	Unidad	4279,52	DANE 2005

Fuente: Autor

Ya que en ninguna plataforma del estado se encuentra información demográfica precisa del Pantano de Vargas, fue necesario tomar la información más cercana; archivos del DANE, 2015 hacen una proyección de habitantes en zona rural del municipio de Paipa en 2019 de 11666. Para la información de hogares en el municipio de Paipa se tuvo que determinar de manera indirecta, a partir de la siguiente grafica estadística [19]:

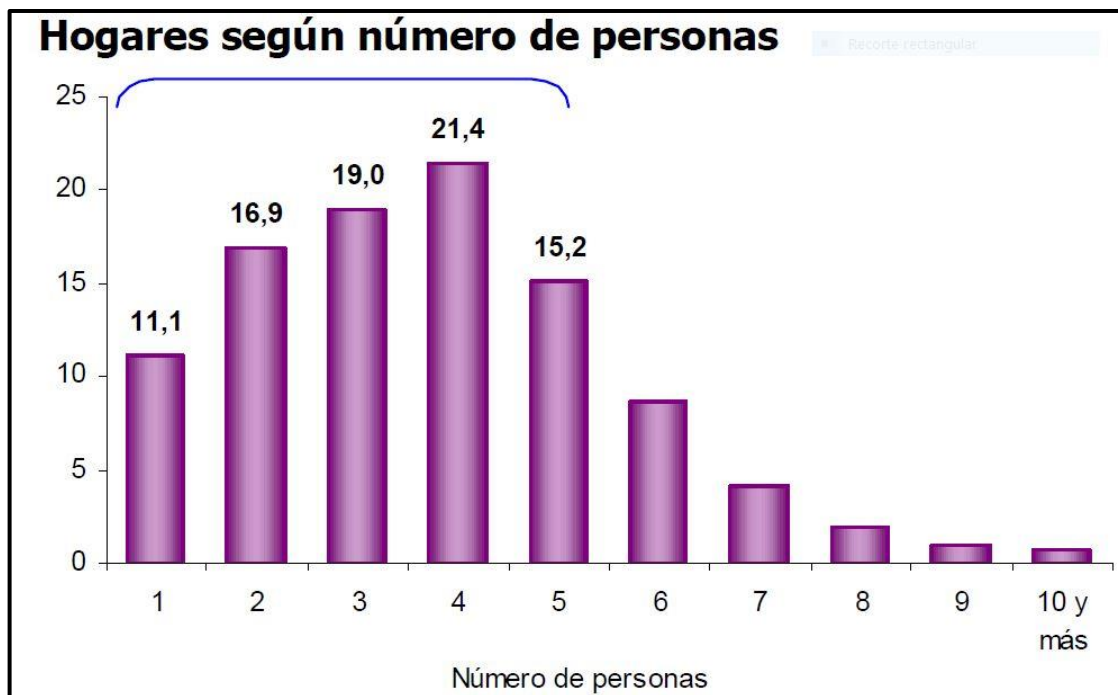


Figura 14 Hogares en Paipa según número de personas

Fuente: DANE, «Boletín, censo general 2005, perfil Paipa, Boyacá,» p. 1, 2005.

Teniendo en cuenta que la proyección para 2019 es de 11666 habitantes, y tomando la información de hogares según número de personas de la figura No. 17. Se determinó la cantidad de habitantes viviendo en hogares conformados por 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 habitantes, de ésta manera se dividió el número de habitantes en en la cantidad de habitantes por hogar y así determinar el número de hogares en la zona rural del municipio de Paipa.

Cuadro 64 Determinación del número de hogares en el municipio de Paipa

Determinación del número de hogares			
Habitantes	Hogares según número de personas		Número de hogares
	Porcentaje (%)	Habitante/ hogar	
1294,926	11,1	1	1294,926
1971,554	16,9	2	985,777
2216,54	19	3	738,846667
2496,524	21,4	4	624,131
1773,232	15,2	5	354,6464
933,28	8	6	155,546667
466,64	4	7	66,6628571
233,32	2	8	29,165
163,324	1,4	9	18,1471111
116,66	1	10	11,666
11666	100		4279,5147

Fuente: Autor

Cuadro 65 Balance de agua

B) Información comercial			
Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable
Número de usuarios registrados	Unidad	272	ACUAVARC
Número de conexiones con medidor en funcionamiento	Unidad	235	ACUAVARC
Número de conexiones con medidor en parado	Unidad	13	ACUAVARC
Número de conexiones sin medidor	Unidad	24	ACUAVARC
Número estimado de conexiones clandestinas	Unidad	2	ACUAVARC
Volumen facturado a usuarios con medidor en funcionamiento	m ³ /mes	5766	ACUAVARC
Volumen facturado a usuarios con medidor parado	m ³ /mes	319,02	ACUAVARC
Volumen facturado a usuarios sin medidor	m ³ /mes	883,30	ACUAVARC
Volumen facturado por venta de agua en bloque	m ³ /mes	0	ACUAVARC
Volumen total facturado	m ³ /mes	6968,32	ACUAVARC
Error promedio en micromedidores	%	5	ACUAVARC
Volumen real del consumo en usuarios con medidor en funcionamiento	m ³ /mes	6054,30	Fórmula
Consumo real por usuarios con medidor en funcionamiento	m ³ /mes*usuario	25,77	Fórmula
Factor de consumo adicional en usuario sin medición	Factor	1,80	ACUAVARC

Consumo real por usuarios sin medición	m ³ /mes*usuario	36,80	ACUAVARC
Volumen de consumo en usuario con medidor parado	m ³ /mes	334,92	Fórmula
Volumen de consumo en usuario sin medición	m ³ /mes	883,30	ACUAVARC
Perdidas por error en micromedición	m ³ /mes	288,30	Fórmula
Perdidas por usuarios sin medición	m ³ /mes	0	Fórmula
Perdidas por usuarios con medidor parado	m ³ /mes	15,9	Fórmula
Perdidas por usuarios clandestinos	m ³ /mes	73,60	Fórmula
Total perdidas comerciales	m ³ /mes	377,80	Fórmula

Fuente: Autor

la información comercial del balance de agua que no se encuentra en los diagnósticos anteriores; se debe determinar por medio de fórmulas matemáticas y ensayos. Para el porcentaje de error de los micromedidores se tuvo en cuenta el método de calibración de la empresa HIDROMETRICA SA, donde se estandarizaban las condiciones a las que se sometía cada medidor y se hallaba el error máximo permisible.

Las dos conexiones clandestinas fueron determinadas gracias a denuncias de la misma comunidad.

El volumen real del consumo de usuarios con medidor se obtuvo apreciando el porcentaje de error de los medidores, el volumen de consumo de usuarios con medidor parado es un promedio y la diferencia del consumo por cada usuario con medición por el número de usuarios con medidor parado. Teniendo éstos valores se puede obtener el porcentaje total de pérdidas comerciales siendo el consumo real de 7272,52 m³/mes y las pérdidas de 377,80 m³/mes, el porcentaje de pérdidas comerciales es del 5,19%.

Cuadro 66 Balance de agua

C) Información técnica operativa			
Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable
			Sitio
Volumen de agua captado	m ³ /mes	25194,24	Diagnóstico técnico
Volumen de agua cruda recibido de otra fuente	m ³ /mes	0	No aplica
Volumen de agua cruda vendido	m ³ /mes	0	No aplica

Volumen de entrada a la planta	m ³ /mes	21738,24	Diagnóstico técnico
Perdidas en el proceso de captación	m ³ /mes	3456,00	Fórmula
Volumen de consumo interno o gasto operacional de la planta	m ³ /mes	16,8	Diagnóstico técnico
Perdidas por estanqueidad, filtración en válvulas y accesorios en planta	m ³ /mes	7,2	Diagnóstico técnico
Volumen de salida de la planta	m ³ /mes	21714,24	Diagnóstico técnico
Perdidas por otras fugas y reboses de la planta	m ³ /mes	0	No aplica
Volumen de agua tratada comprada a otro sistema	m ³ /mes	0	No aplica
Volumen producido (suministrado por la ESP)	m ³ /mes	21714,24	Diagnóstico técnico
Volumen producido con medición	m ³ /mes	0	No aplica
Perdidas por error en macromedición	m ³ /mes	0	No aplica
Volumen de entrada a los tanques de almacenamiento	m ³ /mes	21714,24	Diagnóstico técnico
Volumen de pérdidas por estanqueidad en los tanques de almacenamiento	m ³ /mes	26,3	Diagnóstico técnico
Volumen de salida de los tanques de almacenamiento	m ³ /mes	21695,04	Diagnóstico técnico

Fuente: Autor

En la información técnica operativa del blanco de aguas se encontraron varios problemas para la determinación de la magnitud total de pérdidas, una de ellas y la más importante es la falta de macromedición en todas las etapas del sistema, los datos diligenciados fueron obtenidos mediante aforos volumétricos en la bocatoma, desarenador, planta y salida del tanque de almacenamiento. El porcentaje de pérdidas obtenido es de 13,92%, siendo el volumen de agua captada de 25194,24 m³/mes y las pérdidas totales de 3506,30 m³/mes.

Cuadro 67 Composición de las pérdidas en distribución

Concepto	Volumen de pérdidas (m³/mes)	Puntos porcentuales de pérdidas	Puntos porcentuales fijos por concepto	Meta de reducción de puntos porcentuales
Pérdidas comerciales	377,80	5,19	1,30	3,90
pérdidas por error en micromedición	288,30	3,96	0,99	2,97
pérdidas por usuarios sin medición	0,00	0,00	0,00	0,00
pérdidas por usuarios con medidor parado	15,90	0,22	0,05	0,16
pérdidas por usuarios clandestinos	73,60	1,01	0,25	0,76
Pérdidas técnico-operativas	3506,30	13,92	3,48	10,44
Volumen de consumo operacional	16,80	0,07	0,02	0,05
Pérdidas por procesos de captación	3456,00	13,72	3,43	10,29
Pérdidas en tanques de almacenamiento	26,30	0,10	0,03	0,08
Pérdidas en fugas visibles y no visibles	0,00	0,00	0,00	0,00
Pérdidas en operación inadecuada del sistema	7,20	0,03	0,01	0,02
Total pérdidas en distribución	3884,10	19,11	4,78	14,33

Fuente: Autor

Las metas propuestas suponen reducir el porcentaje de agua no contabilizada al 25%, concretando todos los esfuerzos en cuatro objetivos:

- Reducir las pérdidas por procesos de captación
- Reducir el número de usuarios sin medición
- Reducir las pérdidas en usuarios por medidor parado
- Reducir las pérdidas en el tanque de almacenamiento

Teniendo como criterio el factor de investigación [15], se deben comparar los valores con los siguientes valores de referencia:

- Si $FI < 0.3$ no hay necesidad de buscar fugas
- Si $0.3 < FI < 0.6$ se debe iniciar un programa de búsqueda de fugas
- Si $FI > 0.6$ es prioritario iniciar un programa de búsqueda de fugas

La información obtenida en este capítulo deja claro que no es necesario hacer una búsqueda de fugas, sin embargo, aporta todos los elementos necesarios para formular un control de pérdidas.

7.4 EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

En busca de alternativas para la mitigación de efectos ambientales en el sistema de acueducto se hace la evaluación de sostenibilidad del recurso hídrico en todas las etapas, teniendo como guía el artículo “City Blueprints: 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle” [16].

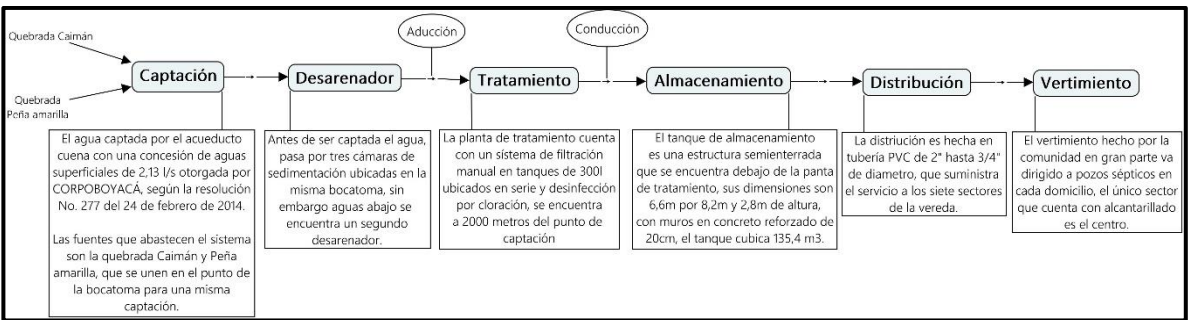


Figura 15 Manejo del recurso hídrico en el pantano de Vargas

Fuente: Autor

Toda la información suministrada en la siguiente tabla, son aportes de investigación y trabajo de campo en las instalaciones del acueducto ACUAVARC, con el fin de aportar en el desarrollo de éste proyecto.

Tabla 3 Sistema de caracterización del recurso hídrico

Estructura	Descripción	Evidencia fotográfica
Captación	Las fuentes que abastecen el sistema son la quebrada Caimán y Peña amarilla, del municipio de Tibasosa que se unen en el punto de la bocatoma para una misma captación. Alrededor de la bocatoma y aguas arriba se encuentran lotes de pastoreo que afectan directamente la calidad de agua. El mantenimiento y limpieza por parte del fontanero se hace día de por medio y cada jueves se le hace mantenimiento general. La captación se hace por medio de un tubo en PVC de 4" que después del registro de control se reduce a 3", las dimensiones de la bocatoma son: 9 m² de superficie y 2 m de profundidad, independientemente del caudal concesionado, la bocatoma tiene una capacidad de 9,72 l/s. Antes de ser captada el agua, pasa por tres cámaras de sedimentación ubicadas en la misma bocatoma, sin embargo, aguas abajo se encuentra un segundo desarenador con dimensiones de 7m por 1,2m y una profundidad de 2,2m. en este punto hay un constante derrame de	   

	agua por rebosamiento que es redirigida a la quebrada aguas abajo, se aforó en diferentes ocasiones y se promedia un gasto de 1,33 l/s. Georreferenciación: 5.72800264N, -73.05865191E y 2611.01 msnm	  
Aducción	De acuerdo con los planos del acueducto ACUAVARC 2010, la red de aducción tiene una longitud total de 2000m desde la bocatoma hasta la planta de tratamiento, el diámetro de la tubería es de 3" a partir de la cámara de control en la bocatoma, ésta tubería se encuentra enterrada y no cuenta con ventosas en ningún punto de su trayecto, su altura inicial es de 2611,01 msnm y disminuye a 2582,49 msnm	
Tratamiento	La planta de tratamiento cuenta con un sistema de filtración manual en tanques de 300lts ubicados en serie y desinfección por cloración.	

	De acuerdo con estudios realizados al agua por parte de la secretaria de salud y tambien estudios con equipos de la universidad, se determinó que el agua no es apta para el consumo humano, con un nivel inviable sanitariamente antes de ser tratada y después del tratamiento presenta un nivel de riesgo alto; esto según los índices de riesgo de la calidad del agua para consumo humano estipulados en la resolución 2115 del 22 de junio de 2007. La planta se encuentra a 2000 metros del punto de Captación, ubicada sobre el tanque de almacenamiento, los cinco tanques de filtración tienen una capacidad de 300lts cada uno y el material filtrante es una mezcla de carbón activado y arena, el mantenimiento se debe hacer por lo menos dos veces por semana y consiste en inyectar agua a los tanques en sentido contrario, así el material retenido sale en forma de lodos, éste procedimiento se denomina retro lavado. El proceso de cloración se hace en la conducción a los tanques de almacenamiento para aprovechar la	     
--	---	--

	turbulencia y agregar por goteo el hipoclorito de calcio granulado, la dosificación de este varía de acuerdo a los análisis de agua y el cloro residual libre. Georreferenciación: 5.74328027N, -73.06725602E y 2582.49 msnm.	
Conducción	Debido a que la planta de tratamiento se encuentra exactamente encima del tanque de almacenamiento, la conducción es interna, en éste proceso se aplica el proceso de cloración por goteo aprovechando la turbulencia como se mencionó anteriormente. Georreferenciación: 5.74322894N, -73.06725131E y 2580.66 msnm	
Almacenamiento	El almacenamiento se hace solamente en un tanque que permite guardar grandes cantidades de agua y así evitar desabastecimiento a la vereda, es una estructura semienterrada que se encuentra debajo de la planta de tratamiento, con una capacidad de 135,4 m³.	

	Éste cuenta con válvulas de corte a la entrada y salida, aparte de un conducto directo para el suministro a los usuarios en caso de que se necesite hacerle mantenimiento. En la placa superior se reparten equitativamente 4 ductos de 4" para la ventilación y reducción de presiones producidas por los cambios de temperatura y aumento del caudal de entrada. A simple vista el tanque de abastecimiento tiene fugas en la válvula de entrada, se percibe corrosión y turbiedad en el agua. Sus dimensiones son 6,6m por 8,2m y 2,8m de altura, con muros en concreto reforzado de 20cm, El mantenimiento que hace el fontanero es todos los jueves debido a que es el día de la semana en que menos agua consumen los usuarios, teniendo en cuenta también que los fines de semana aumenta drásticamente la población flotante. El procedimiento a seguir es cerrar el paso de agua desde la bocatoma, ya que la válvula a la entrada del tanque no está en funcionamiento y presenta fugas, empezar la limpieza desde la bocatoma y en orden hasta llegar al tanque ya vacío, para éste	   
--	---	--

	procedimiento es necesario la ayuda de uno o más fontaneros. Georreferenciación: 5.74322894N, -73.06725131E y 2580.66 msnm	
Distribución	Después del tanque de almacenamiento, la siguiente etapa es la distribución del servicio a todos los usuarios, para éste se crean ramificaciones definidas cómo primarias, secundarias, y así continúa hasta llegar a la acometida de cada usuario. Dentro del Pantano de Vargas se subdividen sectores para organizar la repartición, estos son: Varguitas, Centro, Llanito, Peña, Caños, Gachal y camino histórico. Los diámetros de la red empiezan en 2" y a medida que se transcurre distancia se disminuye hasta llegar en algunos puntos a 3/4", las acometidas de cada usuario deben ser de 1/2" de acuerdo a los estatutos. Otra manera de evidenciar la calidad del agua es con el registro fotográfico de medidores parados por materia orgánica en su interior. Ver fotografías del autor, Las longitudes de las redes primarias oscilan entre 3870 y 3545 metros, las	    

	longitudes de las redes secundarias oscilan entre 4516 y 326 metros, datos encontrados en planos de las redes del sistema hechos en 2010, mostrados en anexo A. En la red principal que se dirige al sector centro, están ubicadas tres ventosas de alta presión de las cuales dos son construidas empíricamente con reducciones a 3/4". En ningún otro punto hay uso de éstas.	 
Vertimiento	El vertimiento hecho por la comunidad en gran parte va dirigido a pozos sépticos en cada domicilio, el único sector que cuenta con alcantarillado es el centro.	

Fuente: Autor

7.4.1 Seguridad hídrica

- Huella total de agua: el agua suministrada por el acueducto ACUAVARC a sus usuarios es utilizada para actividades agropecuarias y domésticas.
- Escases de agua: a partir del año 2017 se hizo la instalación de medidores a todos los puntos, antes de ésta fecha había problemas de escases producido por el desperdicio de pocos en épocas de verano. Actualmente ha disminuido el desabastecimiento. Ésta información es netamente cualitativa y es producto de encuestas a los mismos usuarios y representantes del acueducto.
- Autosuficiencia del agua: en el Pantano de Vargas existe autosuficiencia del agua, a pesar de que las fuentes no nacen en la vereda, si llegan por escorrentía, aparte de la quebrada Varguitas tambien hay otras quebradas que suministran los demás acueductos.

7.4.2 Calidad del agua

- Calidad de agua superficial: de acuerdo con el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) de la resolución 2115 del 22 de junio de 2007, el agua cruda de las quebradas de abastecimiento presenta un nivel de riesgo inviable, no apta para el consumo humano.
- Calidad de agua subterránea: No aplica

7.4.3 Agua potable

- Agua potable para consumo humano: en la vereda del Pantano de Vargas ningún acueducto suministra un servicio completo de agua potable.
- Fugas en el sistema de agua potable: de acuerdo con el balance de aguas se encuentran fugas en el desarenador y válvula de entrada al tanque de almacenamiento, las pérdidas técnico-operativas corresponden al 13,92% del volumen total suministrado en un mes.
- Eficiencia del agua potable: a pesar de que el servicio llega a la totalidad de los usuarios, en los puntos más alejados del sector Caños y Llanito no llega con la suficiente presión.
- Consumo de agua potable: el consumo de agua potable es nulo, no hay conformidad por parte de los usuarios, esto se corrobora con los resultados del (IRCA) y el registro fotográfico de los medidores parados.
- Calidad de agua potable: el recurso hídrico no tiene el tratamiento adecuado para suministrar agua potable.

7.4.4 Saneamiento

- Saneamiento seguro: la alcaldía de Paipa ofrece el servicio de recolección de basuras dos veces por semana, se considera que la vereda presenta un índice aceptable de higiene.
- Calidad de los lodos de aguas residuales: en la bocatoma y desarenador se acumulan partículas suspendidas muy frecuente, en el mantenimiento de estas estructuras los lodos se drenan a seguir el cauce natural de la quebrada.
- Eficiencia de la energía: No aplica
- Recuperación de la energía: No aplica

- Recuperación de nutrientes: No aplica

7.4.5 Infraestructura

- Mantenimiento: como se mencionó anteriormente, el sistema de acueducto presenta fallas en todas sus etapas, las más representativas son en la planta de tratamiento y redes de distribución.
- Separación de las aguas residuales y pluviales: No aplica

7.4.6 Robustez climática

- Compromisos de la autoridad local: siendo un suministro de agua en zona rural perteneciente a Paipa y Tibasosa, no hay compromiso de ninguna de las dos entidades municipales con el acueducto, el progreso de éste es atribuido a la misma administración de turno.
- Seguridad: No aplica

7.4.7 Biodiversidad

- Biodiversidad: de acuerdo con la Fundación Orinoquia Biodiversa, en el municipio de Paipa, existe una gran cantidad de especies clasificadas según su grupo biológico, los resultados obtenidos incluyen un total de 1198 registros biológicos [20].
- Atractivos: Pantano de Vargas cuenta con un atractivo cultural e histórico que representa a toda la nación, ya que en esta zona hace doscientos años se libró la batalla más significativa de la campaña libertadora, se hace representación de ella con el monumento a los 14 lanceros.

7.4.8 Gobernanza

- Gestión y planes de acción: el municipio de Paipa presenta un mapa de riesgo evaluado por la Gobernación de Boyacá, el cual se fundamenta en la investigación sanitaria que se debe realizar por parte de las autoridades de salud pública.
- Participación del público: siendo el acueducto ACUAVARC una asociación de suscriptores, todos los usuarios de éste, están informados de los acontecimientos por medio de las asambleas realizadas.

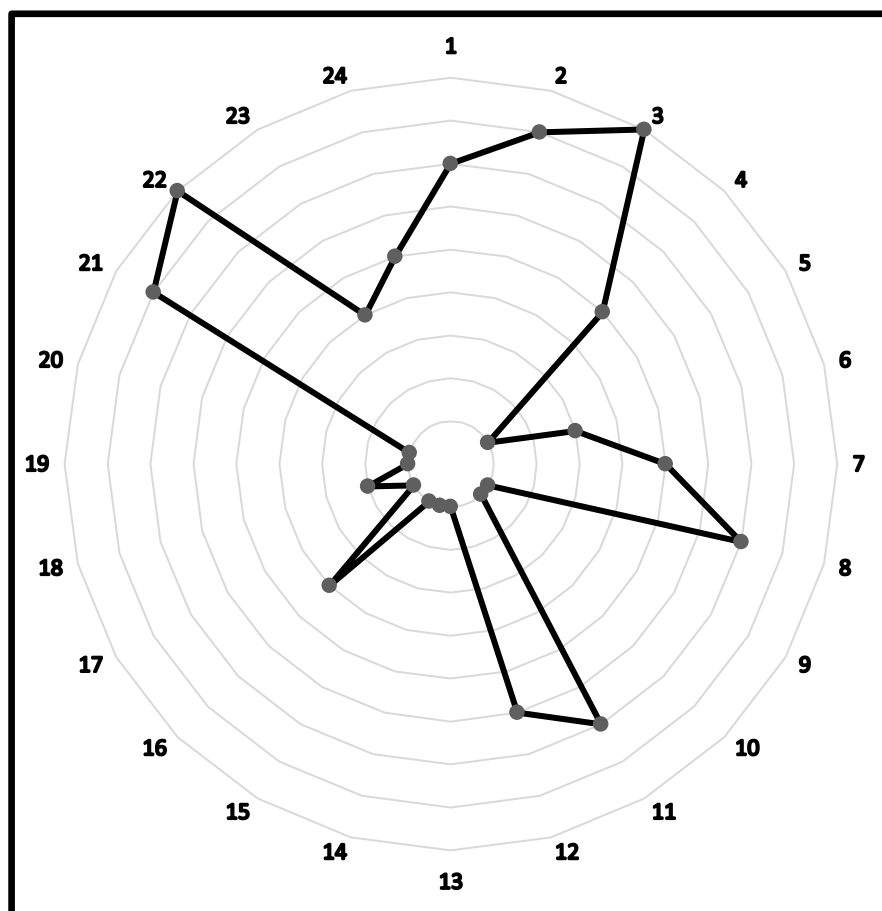


Figura 16 Indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico, evaluación de 1-10

Fuente: Autor

Cuadro 68 Indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico

Indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico				
Ítem		No.	Indicador	Valoración
6.4.1	Seguridad hídrica	1	Huella total de agua	7
		2	Escases de agua	8
		3	Autosuficiencia del agua	9
6.4.2	Calidad del agua	4	Calidad de agua superficial	5
		5	Calidad de agua subterránea	1
6.4.3	Agua potable	6	Agua potable para el consumo humano	3
		7	Fugas en el sistema de agua potable	5
		8	Eficiencia de agua potable	7
		9	Consumo de agua potable	1

		10	Calidad de agua potable	1
6.4.4	Saneamiento	11	Saneamiento seguro	7
		12	Calidad de los lodos de aguas residuales	6
		13	Eficiencia de la energía	1
		14	Recuperación de la energía	1
		15	Recuperación de nutrientes	1
6.4.5	Infraestructura	16	Mantenimiento	4
		17	Separación de aguas residuales y pluviales	1
6.4.6	Robustez climática	18	Compromiso de la autoridad local	2
		19	Medidas de adaptación al cambio climático	1
		20	Edificios resistentes al clima	1
6.4.7	Biodiversidad	21	Biodiversidad	8
		22	Atractivos	9
6.4.8	Gobernanza	23	Gestión y planes de acción	4
		24	Participación del público	5

Fuente: Autor

7.5 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Debido a que el proceso que realiza el acueducto no está siendo eficiente en sus diferentes etapas, se recomienda mejorar e implementar los aspectos mostrados a continuación:

7.5.1 Pérdidas técnico-operativas

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico técnico-operativo, se determinó que hay desperdicio de agua en diferentes estructuras, por eso:

- Se propone intervenir en el rebose de agua que se genera en el segundo desarenador debido a que ésta agua se está contabilizando en la captación, pero aguas abajo se está devolviendo a la quebrada.
- Se propone intervenir en las válvulas de control de las estructuras de almacenamiento, tratamiento y distribución debido a que la mayoría de ellas ya cumplieron con su vida útil.

- Se propone intervenir y cambiar las ventosas ubicadas en la red de distribución hacia el centro, ya que cada vez que se ponen en funcionamiento generan un desperdicio de la red de alta presión.
- Se propone hacer la instalación de macromedidores para hacer precisa la cuantificación del agua captada. Es indispensable la cuantificación con macromedición en la captación, tratamiento y distribución.

7.5.2 Pérdidas comerciales

- Se propone hacer la instalación de medidores en los puntos de usuarios sin medición.
- Se propone implementar un manejo de medidores parados y hacer su respectivo mantenimiento y calibración.
- Se propone intervenir en la legalización y/o desinstalación de puntos clandestinos que generan consumo no cuantificable.

7.5.3 Captación

- Se propone delimitar y aislar la bocatoma, prohibir el ingreso a personal no autorizado y hacer campañas de protección de las fuentes hídricas.
- Se propone intervenir en el mantenimiento y cambio de válvulas de control.

7.5.4 Aducción

- Se propone intervenir en la instalación de válvulas de purga, tanto en la aducción como en las redes de distribución hay ausencia de ellas y actualmente se recurre a otros métodos para el llenado de la red.

7.5.5 Tratamiento

- Se propone hacer el diseño completo de una planta de tratamiento de agua potable. Contemplando las características de los resultados de ensayos al agua cruda es evidente la implementación de una unidad de mezcla rápida, floculación y sedimentación debido a los altos niveles de turbiedad que contiene.
- Se propone intervenir en el proceso de desinfección y determinar la dosificación precisa de hipoclorito de calcio granulado y determinar la cantidad ideal de CRL.

7.5.6 Almacenamiento

- Se propone la implementación de un tanque de almacenamiento adicional, de ésta manera mantener un suministro de agua constante hasta en los períodos de limpieza y mantenimiento.

7.5.7 Distribución

- Se propone mejorar las redes de distribución del sector Caños, una alternativa es aumentar el diámetro de la red de 3/4" a 1½".
- Se propone implementar otro tipo de bombeo en las redes de distribución del sector Llanito ya que las acometidas de los puntos están a una altura similar a las del tanque de almacenamiento.
- Teniendo en cuenta el análisis de crecimiento demográfico, determinar la capacidad de abastecimiento del acueducto proyectado a futuro según el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. De acuerdo al libro de suscriptores, se ve reflejado un crecimiento de usuarios del 20,9% en los últimos dos años.

8 ALTERNATIVAS

Existen diferentes estudios que han logrado comprobar que agentes naturales pueden reemplazar el uso de químicos implementados en plantas de tratamiento del agua para el consumo humano. Hildebrando Ramírez en su artículo titulado “Agentes naturales cómo alternativa para el tratamiento del agua” [21]. Hace una comparación detallada de materiales y métodos utilizados en el tratamiento del agua, dentro de éste se evalúa su efectividad y hace una comparación con otros agentes inorgánicos.

Dentro de la potabilización del agua se contempla el proceso de coagulación y floculación en el cual las partículas presentes en el agua se acopian formando Floc, que cambia las características de las mismas aumentando su peso específico y sedimentándolas. De esta manera se separan del agua haciéndola apta para el consumo humano según las normas y estándares de salud pública [22].

Los floculantes utilizados en el tratamiento del agua se clasifican en tres grupos: Floculantes inorgánicos, floculantes orgánicos sintéticos, floculantes férricos [23]. El proceso de coagulación reduce la carga negativa, contribuyendo a la agregación de partículas para formar microflóculos. El proceso de coagulación y floculación involucra las etapas de mezcla rápida, mezcla lenta y sedimentación [24]. Los principales coagulantes utilizados para generar Floc comercialmente son: sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico, sulfato ferroso, poli-electrolitos [25].

Los agentes naturales empleados en la coagulación son sustancias solubles en agua, procedentes de materiales de origen vegetal o animal que actúan de modo similar a los coagulantes y desinfectantes sintéticos [26]. Éstos compuestos naturales son ambientalmente amigables en comparación con los agentes orgánicos debido a su biodegradabilidad [27].

Dentro de los principales agentes vegetales se pueden nombrar:

- **Moringa oleífera:** empleada en procesos de coagulación y floculación. Diversos estudios han demostrado que la actividad coagulante de estas semillas es comparable con la obtenida en el uso de sulfato de aluminio [28]. Con la ventaja de que no altera las propiedades del agua tratada, por lo que se recomienda su uso en poblaciones rurales como un sustituto eficaz, barato y sin riesgos para la salud para la población consumidora [29].
- **Cactus:** el cactus es la planta más conocida de la familia de suculentas y se identifica por la presencia de púas y de tejido pulposo para conservar el agua en los tallos, hojas y raíces cuando tienen que soportar periodos de sequía [30].
- **Almidones:** el almidón es un compuesto que se localiza en raíces, tubérculos, frutas y semillas de las plantas. Es una alternativa atractiva de los procesos de coagulación y floculación para la remoción de partículas suspendidas, estos se pueden obtener de la papa, yuca y maíz [31].
- **Taninos como agentes coagulantes:** los taninos se encuentran distribuidos en plantas, frutos, hojas, tallos, corteza, raíces y troncos [32].

En el Pantano de Vargas se encuentran algunos de estos agentes naturales, lo que facilitaría la implementación del mismo. Al implementar ésta alternativa en el acueducto ACUAVARC, este proyecto marcaría una pauta para incentivar la potabilización del agua en los otros cuatro acueductos.

9 CONCLUSIONES

- De los resultados obtenidos en los aforos a la captación en diferentes épocas del año se obtuvo que en época de sequía la cantidad captada era de 4,3 l/s y en invierno era de 9,21 l/s si se compara con el caudal concesionado por CORPOBOYACÁ, se encuentra que hay un exceso de 2,17% y 7,08 l/s respectivamente, lo que equivale a un 101,9% y 332,4 % más de lo permitido. Por lo cual es necesario hacer una actualización de la información ante la Corporación Autónoma Regional de Boyacá.
- Según la resolución 2115 del 22 de junio de 2007 el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) a la entrada y salida de la planta de tratamiento, no cumple los requerimientos necesarios para que el agua sea apta para el consumo humano. De acuerdo con esto, el agua a la entrada de la planta tiene un nivel inviable sanitariamente y a la salida de la planta tiene un nivel de riesgo alto. Para mejorar las características más críticas del agua es necesario incorporar en la planta de tratamiento la etapa de clarificación y desinfección.
- Al plantear un sistema mejorado de suministro y tratamiento de agua, las condiciones de vida de esta población van a mejorar, teniendo en cuenta que las etapas más críticas son la planta de tratamiento y redes de distribución.
- De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Económico, y la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico (CRA) el valor máximo permitido para el índice de agua no contabilizada (IANC) es de 30%, si se encuentra dentro del rango, no es viable económicamente hacer inversiones para disminuir más éste valor; en el acueducto ACUAVARC se estimó un porcentaje de pérdidas del 19,11%.
- De la salida de campo en que se hicieron ensayos de laboratorio al agua en todos los puntos del acueducto, desde la bocatoma hasta la mayoría de acometidas de los usuarios, se encontró una tendencia a disminuir el valor del potencial de hidrogeno

(pH) a medida que transcurría la red. El pH en la bocatoma fue de 10,5, en la planta de tratamiento de 9,6 y en uno de los puntos del sector Gachal bajó hasta 7,7. Se concluye que en cuanto más haya recorrido el agua las redes de distribución, menor valor de pH se va a encontrar.

- El mismo uso de materiales no convencionales que se encuentran en el área va a disminuir directamente el costo de operación de la planta de tratamiento.
- En el momento que esta propuesta vaya a ponerse en funcionamiento el costo del servicio va a aumentar, de esta manera la población estará forzada a aprovechar de forma adecuada el recurso hídrico; evitando así su desperdicio.
- Teniendo en cuenta que en el Pantano de Vargas existen otros cuatro acueductos y ninguno de ellos presta el suministro de agua potable; este proyecto marcaría una pauta para incentivar la potabilización del agua.

10 RECOMENDACIONES

- Del 2017 a 2019 el número de suscriptores del acueducto ha venido aumentando un 20,9% por lo cual se recomienda hacer nuevos planos de distribución de redes y de ubicación de usuarios.
- Se recomienda actualizar la información del caudal captado a la Corporación Autónoma Regional de Boyacá; ya que los impactos al medio ambiente pueden ser afectados.
- Se recomienda implementar una estructura tarifaria para el costo del agua.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] UNICEF, «Infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales. la planeación local, una oportunidad para todos los niños, niñas y adolescentes del país cuenten con un ambiente adecuado para su desarrollo,» *UNICEF*, p. 37, 2006.
- [2] RAS, Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y demanda de agua, MAVDT, 2003.
- [3] P. H. Gleik, «Water in crisis,» *Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security Stockholm Environment Institute, Oxford University*, p. 13, 1993.
- [4] C. S. Ruiz Ruiz, J. A. Fuentes Mejia, D. A. Chavez Martinez, D. D. P. Leiva Bisbicuth y J. A. Soto Murgas , Gestión y resultados del sector de agua potable y saneamiento básico con énfasis en los recursos del sistema general de participaciones 1994-2017, Contraloría general de la república, 2018.
- [5] I. Rodà, «La obra maestra de ingeniería romana, Acueductos,» *Universidad autónoma de Barcelona*, p. 4, 1985.
- [6] Lenntech, «Historia del tratamiento de agua potable,» www.lenntech.es, [En línea]. Available: <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm#ixzz5i5SmEvHR>.
- [7] A. B. Regal , Los acueductos precolombinos de Nazca.
- [8] Y. Gómez , «Después de 130 años del primer acueducto, hoy el reto es ambiental,» *El Tiempo*, 30 Junio 2018.
- [9] G. Pavanelli, EFICIÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE COAGULANTES NA COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO DE ÁGUA COM COR OU TURBIDEZ ELEVADA, São Carlos, 2001.

- [10] D. K. Grisales Penagos, Diagnóstico Y Evaluación De La Planta De Tratamiento De Agua Potable Del Municipio De Guateque En El Departamento De Boyacá-Colombia), Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2010.
- [11] H. Ramírez Arcila y J. Jaramillo Peralta, «Agentes Naturales Como Alternativa Para el Tratamiento del Agua,» *Revista Facultad de Ciencias Básicas* , vol. 11(2), pp. 136-153, 2016.
- [12] D. S. Meléndez Giraldo y A. M. Sánchez Moreno , Diagnóstico Y Recomendaciones Para La Optimización De La Planta De Tratamiento De Agua Potable Del Municipio De Corinto, Cauca, Bogotá: Universidad Santo Tomás , 2016.
- [13] RAS, Guía metodológica para la formulación y diseño de sistemas de acueductos rurales., MAVDT, 2007.
- [14] Corporación autónoma Regional de Boyacá, Guía metodológica para la formulación y diseño de sistemas de acueductos rurales, 2015.
- [15] MinDesarrollo, B. Mundial y Unicef, «Agua no contabilizada: municipios menores y zonas rurales,» vol. 3, 2002.
- [16] C. J. van Leeuwen, J. Frijns, A. van Wezel y F. H. M. van de Ven, «City Blueprints: 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle,» *Water Resour. Manag*, vol. 26, n° 8, pp. 2177-2197, 2012.
- [17] M. H. Nicolas-Chanoine, J. Blanco, V. Leflon-Guibout, R. Demarty, M. P. Alonso, M. M. Caniça, Y. J. Park, J. P. Lavigne, J. Pitout y J. R. Johnson, «Intercontinental emergence of Escherichia coli clone O25:H4-ST131 producing CTX-M-15,» *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, vol. 61, n° 2, pp. 273-281, 2007.
- [18] ACUAVARC, «ACUAVARC ESAL BOY,» [En línea]. Available: <http://www.acuavarc.esalboy.com>.
- [19] DANE, «Boletín, censo general 2005, perfil Paipa, Boyacá,» p. 1, 2005.
- [20] I. d. I. d. R. B. A. v. H. Fundación Orinoquia Biodiversa, «Flora y fauna del municipio de Paipa, Boyacá,» 2014.

- [21] H. Rairez Arcila y J. Jaramillo Peralta, «Agentes Naturales como alternativa para el tratamiento del agua,» *Universidad Militar Nueva Granada*, vol. 11, nº 2, pp. 136-153, 2015.
- [22] S. Rodríguez, O. García y R. Muñoz, «Una solución para la clarificación de aguas para consumo humano,» *Noticias técnica de laboratorio*, pp. 21-22, 2002.
- [23] Y. Yin, L. You, F. Lu, D. Li y Z. Qiao, «Preparation and flocculation properties of cationic starch/chitosan crosslinking-copolymer,» *Journal of hazardous materials*, pp. 38-45, 2009.
- [24] A. Portilla, Análisis técnico ambiental del proceso de la Curtiduría Serrano de la ciudad Ambato y diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales, Quito: Universidad Central de Ecuador, 2013.
- [25] F. Renault, B. Sancey, P. Badot y G. Crini , «Chitosan for coagulation/flocculation processes - An eco-friendly approach.,» *European Polymer Journal*, pp. 1337-1348, 2009.
- [26] B. García, Metodología de extracción in-situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial. Aplicación en países en vía de desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia, 2007.
- [27] E. Diamadopoulos , K. Anastasakis y D. Kalderis , «Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater, desalination,» pp. 786-791, 2009.
- [28] M. Ridwan, A. Wahidatul, C. Pang y H. Nasrul, «Mechanism of turbidity and hardness reoval in hard water sources by using Moringa Oleífera,» *Revista de ciencias aplicadas*, pp. 2947-2953, 2011.
- [29] M. Olson y J. Fahey, «Moringa Oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas.,» *Revista mexicana de Biodiversidad*, pp. 1071-1082, 2011.
- [30] C. Sáenz, «Boletín de servicios agricolas de la FAO 162: Utilización agroindustrial del nopal,» *Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimetación*, 2006.

- [31] R. Shogren, «Flocculation of caolin by waxy maize starch phosphates, carbohydrate polymers,» pp. 639-644, 2009.
- [32] K. Khanbabaee y T. Van Ree, «Tannins: classification and definition,» *nat prod rep*, pp. 641-649, 2001.
- [33] Z. C. Pérez Cuadros, Diagnóstico Y Evaluación De La Planta De Tratamiento De Agua Potable Del Municipio De Guateque En El Departamento De Boyacá-Colombia, Bogotá: Universidad Católica de Colombia , 2016.
- [34] I. Quesada Peñate , Métodos no convencionales para el tratamiento de aguas contaminadas con productos farmacéuticos, 2009.
- [35] J. Sánchez, J. Beltran, C. Carmona y P. Gibello, «Absorbentes naturales a partir de taninos. Una propuesta de reutilización de residuos forestales para la purificación de aguas,» *Universidad de Extremadura*, pp. 125-139, 2011.
- [36] M. Pritchard, T. Mkandawire, A. Edmonson, J. O'Neill y G. Kululanga, «Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi,» pp. 799-805, 2009.
- [37] A. Méndez, evaluación de la extracción de almidón del Banco Verde (*Musa sapientum*, variedad gran enano) Producto de desecho de las industrias bananeras y evaluación de su función como excipiente en la formulación de comprimidos, proyecto Fodecyt, Guatemala, 2010.

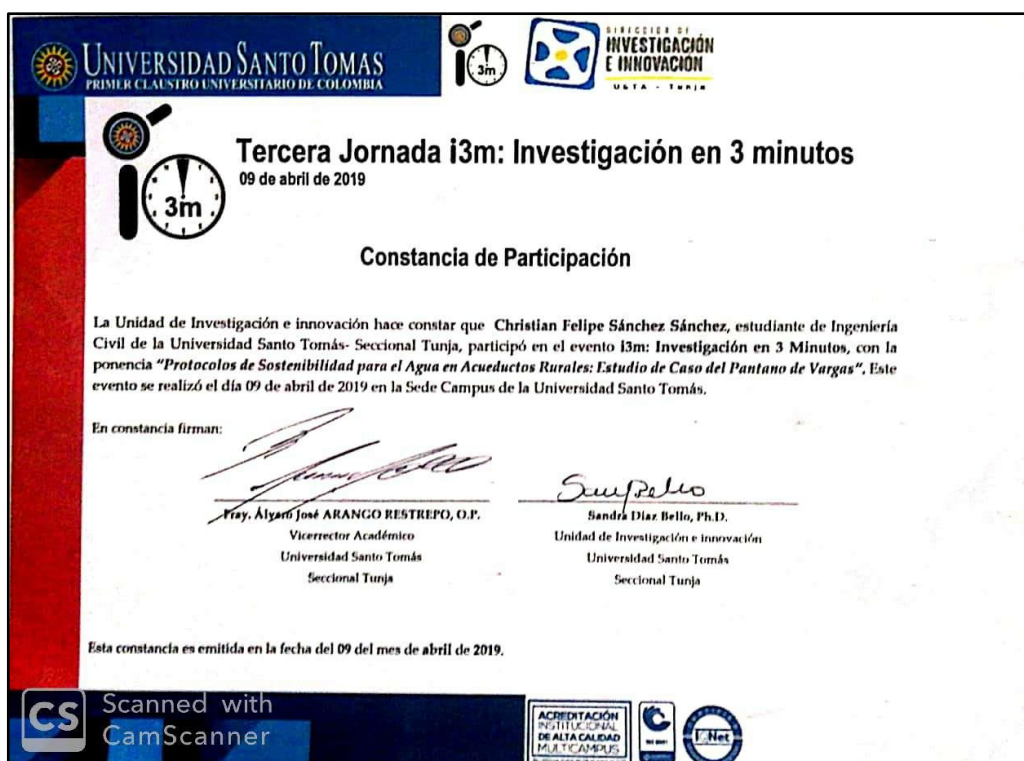
12 APÉNDICES Y ANEXOS

12.1 EVENTOS ACADÉMICOS

Éste proyecto se ha venido desarrollando desde el año 2017 como una propuesta de investigación. En su camino ha tenido una serie de transformaciones dentro de ellas el cambio del título; de Diagnóstico Y Propuesta de Mejoramiento cambió a Protocolos de Sostenibilidad para el Agua en Acueductos Rurales: Estudio de Caso del Pantano de Vargas. Los eventos de investigación en que se ha expuesto éste proyecto son:

- 1° Encuentro Internacional de Investigación Universitaria. **07 de septiembre de 2017**
- 1° convocatoria interna relámpago, consolidación y fortalecimiento de semilleros de investigación con impacto social. **05 de octubre de 2017**
- Tercera Jornada i3m: Investigación en 3 minutos. **09 de abril de 2019**

Anexo D Certificado tercera jornada I3M: Investigación en 3 minutos





12.2 ANEXOS

Anexo F Informe resultados del agua, quebrada Caimán



ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUÍMICO LTDA.
 MONITOREO Y CONSULTORIA
 NIT. 826.000.346-1
Calidad Certificada y Confiabilidad Acreditada



Duitama, 2018/02 / 07

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG23819 - 18

IDENTIFICACIÓN

Cliente:	KAREN ANDREA MURCIA GARCIA
Dirección del Cliente:	Tunja
Ensayo Realizado:	Fisicoquímico y Microbiológico
Tipo de Agua:	Superficial Cruda
Sitio de Muestreo:	Sector Pantano de Vargas - Quebrada Caimán Duitama
Punto de Toma:	100 Metros Arriba de la Bocatoma
Tipo de Muestreo:	Simple
Fecha y Hora de Muestreo:	2018/01/29 17:00
Recolectada por:	El Solicitante - Karen Andrea Murcia García
Fecha y Hora de Recepción:	2018/01/30 08:10
Objeto:	Caracterización
Condición de Recepción:	Refrigerada
Periodo de Análisis:	De 2018/01/30 a 2018/02/07

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	14,08	N.E.	SM 2320 B
Conductividad (A)	microsiemens/cm	43,9	N.E.	SM 2510 B
Turbiedad (A)	UNT	12,30	N.E.	SM 2130 B
Cloruros (A)	mg Cl/L	<5,41	N.E.	SM 4500-Cl ⁻ -B
Color Aparente (A)	UPC	14,84	N.E.	SM 2120 C
DQO Total (A)	mg O ₂ /L	<14,98	N.E.	SM 5220 D
DQO Soluble	mg O ₂ /L	<14,98	N.E.	SM 5220 D
DBO ₅ Total (A)	mg O ₂ /L	4	N.E.	SM 5210 B, 4500- O C
DBO ₅ Soluble	mg O ₂ /L	3	N.E.	SM 5210 B, 4500-O G
Fluoruros	mg F/L	0,13	N.E.	SM 4500-F D
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	0,10	N.E.	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	2,22	N.E.	SM 3500-Fe
Magnesio	mg Mg/L	0,48	N.E.	SM 3500 - Mg B
Manganeso	mg Mn/L	<0,05	N.E.	3500-Mn B
Nitritos (A)	mg NO ₂ ⁻ /L	<0,018	N.E.	SM 4500-NO ₂ ⁻ -B
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	410	N.E.	SM 9222 H
FIN DE LOS ENSAYOS				

GT-INF-01/F.R-Jun-14/V.1.0
 PAGINA: 1 DE 2

CARRERA 33 N° 16-27 TEL 7614955- 7614647- 313 815 0403 DUITAMA E-mail: dtanalizar@gmail.com

Anexo G Informe resultados del agua, quebrada Caimán



ANALIZAR LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO LTDA.

MONITOREO Y CONSULTORIA

NIT. 826.000.346-1



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG23819 - 18

NE= No Establecido

(A)= Acreditado

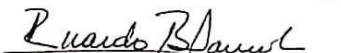
Métodos enunciados referenciados al *Standard Methods 22nd Edition*

NA= No Aplica

OBSERVACIONES:

Los resultados analíticos del presente Informe se obtuvieron siguiendo los métodos enunciados, mediante procedimientos internos del Sistema de Calidad y corresponden exclusivamente a la muestra recibida, *recolectada por el solicitante*, en recipientes suministrados por Analizar Ltda. Sólo es válido este Informe en papel oficial de Analizar Ltda. con las firmas autorizadas y con sello seco. Este Informe no se puede reproducir parcialmente, salvo previa autorización escrita del Laboratorio.

Analizar Ltda, esta acreditado por el IDEAM (Norma ISO/IEC (17025:2005) según la Resolución de Renovación y Extensión 1633 (2017/08/04). Las variables acreditadas se pueden consultar en: www.ideam.gov.co.


ING. QUÍMICO. RICARDO BLANCO A.
DIRECTOR TÉCNICO
T.P. Nº 90 C.P.I.Q.


MICROB. MAILYN FUENTES ZARA
ANALISTA LIDER
MICROBIOLOGÍA

Anexo H Informe resultados del agua, quebrada Peña amarilla



ANALIZAR LABORATORIO FISICOQUÍMICO LTDA.

MONITOREO Y CONSULTORIA

NIT. 826 000 345-1

Calidad Certificada y Confiabilidad Acreditada



Duitama, 2018/02 / 08

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS
AG23820 - 18

IDENTIFICACIÓN

Cliente: KAREN ANDREA MURCIA GARCIA
Dirección del Cliente: Tunja
Ensayo Realizado: Físicoquímico y Microbiológico
Tipo de Agua: Superficial Cruda
Sitio de Muestreo: Sector Pantano de Vargas - Quebrada Peña Amarilla Duitama
Punto de Toma: 100 Metros Arriba de la Bocatoma
Tipo de Muestreo: Simple
Fecha y Hora de Muestreo: 2018/01/29 17:40
Recolectada por: El Solicitante - Karen Andrea Murcia García
Fecha y Hora de Recepción: 2018/01/30 08:10
Objeto: Caracterización
Condición de Recepción: Refrigerada
Período de Análisis: De 2018/01/30 a 2018/02/08

DESCRIPCION	EXPRESIÓN	VALOR OBTENIDO	VALOR MAX. ACEPTABLE	METODO
ANÁLISIS EN LABORATORIO				
Alcalinidad Total (A)	mg CaCO ₃ /L	7,48	N.E.	SM 2320 B
Conductividad (A)	microsiemens/cm	26,1	N.E.	SM 2510 B
Turbiedad (A)	UNT	6,03	N.E.	SM 2130 B
Cloruros (A)	mg Cl/L	<5,41	N.E.	SM 4500-Cl -B
Color Aparente (A)	UPC	19,19	N.E.	SM 2120 C
DQO Total (A)	mg O ₂ /L	<14,98	N.E.	SM 5220 D
DQO Soluble	mg O ₂ /L	<14,98	N.E.	SM 5220 D
DBO ₅ Total (A)	mg O ₂ /L	5	N.E.	SM 5210 B, 4500- O C
DBO ₅ Soluble	mg O ₂ /L	3	N.E.	SM 5210 B, 4500-O G
Fluoruros	mg F/L	0,16	N.E.	SM 4500-F D
Fosfatos (A)	mg PO ₄ ³⁻ /L	0,10	N.E.	SM 4500 P-D
Hierro Total	mg Fe/L	0,67	N.E.	SM 3500-Fe
Magnesio	mg Mg/L	0,90	N.E.	SM 3500 - Mg B
Manganeso	mg Mn/L	<0,05	N.E.	3500-Mn B
Nitritos (A)	mg NO ₂ /L	<0,018	N.E.	SM 4500-NO ₂ -B
Coliformes totales	UFC/100 cm ³	820	N.E.	SM 9222 H
FIN DE LOS ENSAYOS				

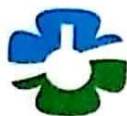


Scanned with

CARRERA 33 N°16-27 TEL 7614955- 7614647- 313 815 0403 DUITAMA E-mail: dtanalizar@gmail.com

GT-INF-01/F.R:Jun-14/V.1.0
PAGINA: 1 DE 2

Anexo I Informe resultados del agua, quebrada Peña amarilla



ANALIZAR LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO LTDA.

MONITOREO Y CONSULTORIA

NIT. 896.000.346-1

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

AG23820 - 18



NE= No Establecido

(A)= Acreditado

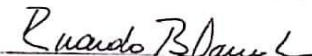
Métodos enunciados referenciados al *Standard Methods 22nd Edition*

NA= No Aplica

OBSERVACIONES:

Los resultados analíticos del presente informe se obtuvieron siguiendo los métodos enunciados, mediante procedimientos internos del Sistema de Calidad y corresponden exclusivamente a la muestra recibida, recolectada por el solicitante, en recipientes suministrados por Analizar Ltda. Sólo es válido este informe en papel oficial de Analizar Ltda. con las firmas autorizadas y con sello seco. Este informe no se puede reproducir parcialmente, salvo previa autorización escrita del Laboratorio.

Analizar Ltda. está acreditado por el IDEAM (Norma ISO/IEC (17025:2005) según la Resolución de Renovación y Extensión 1633 (2017/08/04). Las variables acreditadas se pueden consultar en: www.ideam.gov.co.


ING. QUÍMICO. RICARDO BLANCO A.
DIRECTOR TÉCNICO
T.P. N° 90 C.P.I.Q.


MICROB. MAILYN FUENTES Z.
ANALISTA LÍDER
MICROBIOLOGÍA



Scanned with

CARRERA 33 N° 16-27 TEL 7614955- 7614647- 313 815 0403 DUITAMA E-mail: dtanalizar@gmail.com

GT-INF-01/F.R:Jun-1/
PAGINA:

Anexo J Certificado de calibración de medidores



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE MEDIDOR No HIDROMETRICA SA

CC1604224208



FECHA DE RECEPCIÓN: 2016-12-28
FECHA DE EXPEDICIÓN DEL CERTIFICADO: 2016-12-29
FECHA DE CALIBRACIÓN: 2016-12-29
Página 1 de 1

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE: FF SOLUCIONES S.A. NIT, RUT o CC.: 860.030.350-5
DIRECCIÓN SOLICITANTE: CRA 25 # 18 - 23

DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO OBJETO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO DE SERIAL: 16 003964 AÑO DE FABRICACIÓN: 2016
MEDIDOR: NUEVO CLASE METROLÓGICA: R 160
MARCA: CONTROLAGUA CAPACIDAD MÁXIMA DE ESCALA: 9999 m³
MODELO: CAM4CT050R160 DIVISIÓN MÍNIMA DE LA ESCALA: 0,01 L
TIPO: Velocidad CU DIÁMETRO: 15 mm

CONDICIONES DURANTE LA CALIBRACIÓN

TEMPERATURA INICIAL DEL AGUA °C: 23,43 TEMPERATURA AMBIENTE INICIAL °C: 21,2 HUMEDAD RELATIVA INICIAL %: 60,9
TEMPERATURA FINAL DEL AGUA °C: 22,05 TEMPERATURA AMBIENTE FINAL °C: 21,2 HUMEDAD RELATIVA FINAL %: 63,6

MÉTODO DE CALIBRACIÓN	INCERTIDUMBRE	TRAZABILIDAD			DECLARACION
El método utilizado es el "recorrido" en el cual el agua que pasa a través del medidor se recolecta en uno o más recipientes y luego se determina su cantidad calculando su volumen, lo anterior de conformidad al numeral 5 de la NTC 1063-1:1994 y a los numerales 5.1 de la NTC 1063-3:2007.	La incertidumbre (U) reportada, es la estándar compuesta multiplicada por un factor de cobertura k=2, con lo cual se logra un nivel de confianza de aproximadamente 95%.	INTRUMENTO DE MEDICIÓN	Nº DE CERTIFICADO	ENTIDAD QUE CALIBRA	Hidrométrica S.A. para asegurar el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de referencia del laboratorio con los correspondientes patrones nacionales e internacionales, envía sus instrumentos y patrones para calibración al Instituto Nacional de Metrología (INM) y/o laboratorios acreditados. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No puede ser reproducido total ni parcialmente, excepto, cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emita. Los resultados obtenidos en el presente certificado, se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración. Hidrométrica SA no se responsabiliza de los perjuicios que pudiesen derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
$E(\%) = \frac{V_L - V_R \times 100}{V_R}$ E (%) Error relativo en porcentaje. V _L Volumen indicado por el medidor V _R Volumen real que pasa por el medidor	CONVENCIONES	TRANSMISOR DE PRESION	CC-LP16-363 CC-LP16-361	HIDROMETRICA S.A	
		TERMORESISTENCIA PT 100	CC-LT16-088 CC-LT16-087		
$E(\%) = \frac{V_L - V_R \times 100}{V_R}$ E (%) Error relativo en porcentaje. V _L Volumen indicado por el medidor V _R Volumen real que pasa por el medidor	Q1 ó Q4: CAUDAL MÍNIMO Q2 ó Q5: CAUDAL TRANSICIÓN Q3 ó Q6: CAUDAL PERMANENTE Estas definiciones corresponden a los numerales 3.4.3, 6.3.8 de la NTC 1063-1:1995 y a los numerales 3.6.3, 11.3.12 de la NTC 1063-1:2007.	RECIPIENTE VOLUMETRICO 5 L	CC-15-4954	VOLUMEN S.A.S	
		RECIPIENTE VOLUMETRICO 15 L	CC-15-4953		
		RECIPIENTE VOLUMETRICO 60 L	CC-15-4952		
		RECIPIENTE VOLUMETRICO 120 L	CC-15-4951		
		CAUDALIMETRO DE 25 mm	CC-15-4955 / 5558		
		CAUDALIMETRO DE 20 mm	CC-15-4956		
		CAUDALIMETRO DE 15 mm	CC-15-4957		

RESULTADOS DE LA PRUEBA

PRUEBA	RANGO CAUDAL L/h	LECTURA INICIAL	LECTURA FINAL	VOLUMEN INDICADO MEDIDOR	VOLUMEN DEL PATRÓN	ERROR EN LA PRUEBA	INCERTIDUMBRE	E.M.P %	RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN
Q1	15,62 - 17,19	448,37 L	453,12 L	4,75 L	4,965 L	-4,330%	±0,28%	±5%	Conforme
Q2	25,00 - 27,50	442,43 L	447,37 L	4,94 L	4,965 L	-0,504%	±0,29%	±2%	Conforme
Q3	2250,00 - 2500,00	380,42 L	440,78 L	60,36 L	60,160 L	0,332%	±0,016%	±2%	Conforme
E.M.P. Error máximo permisible, numeral 5.1 de la norma NTC 1063-1:1995, numerales 5.2.1, 5.2.3 y 5.2.4 de la norma NTC 1063-1:2007									Conforme

CALIBRÓ

CC: 1032357472
Cargo: TÉCNICO DE LABORATORIO
Firma:

REVISÓ Y AUTORIZÓ

Nombre: OLMAN YESID GRANDE ROJAS
Cargo: COORDINADOR DE LABORATORIO
Firma:

--- FIN ---
Cra. 26 No. 22 C 47 - PBX:(571) 337 9766 - FAX 340 7099
Bogota D.C. - Colombia
www.hidrometrica.co

RCM-0101-070101

1 de 1
Mod.16-160805