PROYECTO DE GRADO
DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ANTONIO- ASOCIACION SUCUNETA

ELABORADO POR

ANGIE CONSUELO LÓPEZ NÚÑEZ
BRAYAN FERNANDO JIMÉNEZ SABOGAL

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
TECNOLOGIA EN GESTION AMBIENTAL Y SERVICIOS PUBLICOS
BOGOTA D.C.
2016

PROYECTO DE GRADO
DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ANTONIO- ASOCIACION SUCUNETA

ANGIE CONSUELO LÓPEZ NÚÑEZ
BRAYAN FERNANDO JIMÉNEZ SABOGAL

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos

DIRECTORA DEL TRABAJO DE GRADO
YOLIMA DEL CARMEN AGUALIMPIA DUALIBY

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
TECNOLOGIA EN GESTION AMBIENTAL Y SERVICIOS PUBLICOS
BOGOTA – COLOMBIA, 2016

NOTA DE ACEPTACION

_____

_____

_____

FIRMA DEL DIRECTOR

_____

FIRMA DEL EVALUADOR

En Bogotá D.C 2016

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 10
INTRODUCCIÓN 11
OBJETIVOS 12
Objetivo General 12
Objetivos Específicos 12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13
2. METODOLOGIA 13
2.1. Enfoque de la investigación 13
2.2. Definición del tipo de investigación 14
2.3. Instrumentos para la recolección de datos 14
2.4. Análisis de datos 14
Fase de plan de acción 14
3. GENERALIDADES 15
3.1. Marco Conceptual 15
3.1.1 Sistema de acueducto 15
3.1.2 Planta de tratamiento 15
3.1.3 Continuidad 15
3.1.4 Calidad 16
3.2. Marco legal 16
3.3. Marco institucional 16
3.4. Municipio Tausa 17
3.5. Municipio Nemocon 19
3.6. Municipio Sutatausa 20
3.7. Municipio Cogua 20
3.8. Municipio Cucunuba 21
3.9. Número de viviendas dispersas a las que se les presta el servicio 22
4. PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO (PTAP) 23
4.1 Empresa prestadora del servicio de acueducto 23
4.1.1 Cobertura 24
4.1.2 Cantidad 24
4.1.3 Continuidad 25

4.1.4 Calidad 25
4.1.5 Costos 25
4.2 Aspectos técnicos de la planta de agua potable 26
4.2.1 Planta de potabilización 26
4.2.2 Planta San Antonio 26
4.2.3 Funcionamiento actual 27
4.3 Componentes de la planta. 28
4.4 Redes secundarias de conexión entre la planta de potabilización 31
4.5 Tanques de almacenamiento 31
4.6 Aspectos operacionales de la planta de tratamiento de agua potable 32
4.6.1 Oficina Administración y Operaciones 32
4.6.2 Cuarto de Aseo y Mantenimiento 32
4.6.3 Cafetería y baños 32
4.6.4 Sala de cloración y almacenamiento de cilindros de cloro: 33
4.6.5 Sala de almacenamiento de productos químicos. 33
4.6.6 Condiciones de seguridad: 33
4.6.7 Suministro permanente de productos químicos para la potabilización del agua y frecuencia en la dosificación de químicos. 33
2.6.8 Dotación de equipo mínimo de laboratorio 33
5. ANALISIS DE PROCEDIMIENTOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO (PTAP) – SAN ANTONIO 34
5.1. Fuentes de abastecimiento 34
5.2 Análisis de calidad de agua de la fuente 34
5.3 Caudal demandado actualmente 36
5.4 Perdidas físicas desde la fuente hasta la planta de tratamiento 40
5.5 Análisis de la calidad de agua de entrada y salida 41
5.6 Indicadores de la operación de la planta de tratamiento de agua potable 42
5.7 Indicadores complementarios 43
5.8 Indicadores Ambientales 43
6 RESULTADOS 44
6.1 Proyección del caudal de demanda del acueducto en los próximos 25 años 44
6.1.1 Población de estudio 45
6.1.2 Caudal ecológico 46
4.1 Calidad del agua 48

6.3 Análisis de la vida útil de las estructuras 56
7 MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO PTAP- San Antonio 61
8 CONCLUSIONES 62
9 RECOMENDACIONES 63
10 ANEXO “MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ANTONIO-ASOCIACION SUCUNETA” 64
11 BIBLIOGRAFIA 65

TABLAS

Tabla 1 Proyecciones Municipales DANE 2006 - 2020 18
Tabla 2 Proporción poblacional Municipio de Tausa 18
Tabla 3 Tasa de Crecimiento poblacional. Municipio de Tausa....18
Tabla 4 Características Municipio de Tausa....18
Tabla 5 Características Municipio de Nemocón 19
Tabla 6 Características Municipio de Sutatausa....20
Tabla 7 Características Municipio de Cogua 20
Tabla 8 Características Municipio de Cucunubá 21
Tabla 9 . Número de suscriptores Veredas Tausa 22
Tabla 10 Número de suscriptores Veredas Sutatausa 22
Tabla 11 Número de suscriptores Veredas Cucunubá 22
Tabla 12 Número de suscriptores Veredas Nemocón 22
Tabla 13 Número de suscriptores Vereda de Cogua....23
Tabla 14 Porcentaje de abastecimiento por población de Sucuneta 24
Tabla 15 Costos....25
Tabla 16 Parámetros de calidad de Agua de la Fuente....34
Tabla 17 Calidad de Agua Planta San Antonio....35
Tabla 18 Calidad de Agua Planta Casablanca 36
Tabla 19 Total Habitante por suscriptores....36
Tabla 20 Nivel de complejidad por Factor Población....38
Tabla 21 Nivel de complejidad por Factor Económico....38
Tabla 22 Dotación Neta de Agua por nivel de complejidad 39
Tabla 23 Correcciones por clima según nivel de complejidad 39
Tabla 24 Pérdidas Técnicas por Nivel de Complejidad 40
Tabla 25 . Parámetros fisicoquímicos Planta San Antonio 41
Tabla 26 Parámetros fisicoquímicos Planta Casablanca....41
Tabla 27 Horas de tratamiento....42
Tabla 28 Frecuencia de mediciones....42
Tabla 29 Frecuencia de muestreos....43
Tabla 30 Pérdidas técnicas según Nivel de Complejidad 45
Tabla 31 Matriz de valoración muestra cruda....48
Tabla 32 Matriz de valoración muestra tratada....51
Tabla 33 importancia de los parámetros no analizados....54
Tabla 34 Estimación vida útil de las estructuras....57

IMÁGENES E ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Características económicas Municipio de Tausa.....17
Ilustración 2 Logo Sucuneta.....24
Ilustración 3 Bocatoma Planta San Antonio 27
Ilustración 6 Laboratorio Test de Jarras 28
Ilustración 7 Canaleta Parshall.....29
Ilustración 8 Unidad de Mezcla Lenta 29
Ilustración 9 Unidad de sedimentación.....30
Ilustración 10 Unidad de Filtrado.....30
Ilustración 11 Tanques de Almacenamiento.....31
Ilustración 12 Distribución del abastecimiento.....37

RESUMEN EJECUTIVO

Por medio de recolección de información de diferentes medios, se determinan los procesos realizados desde la captación hasta el almacenamiento por parte del acueducto Asociación Sucuneta , y en base a la normatividad vigente se realizo un diagnóstico del tipo de calidad de la fuente y del cumplimiento de los parámetros estipulados en la resolución 2115 de 2007 y en el decreto 1575 de 2007, articulando otras normas como la ley 142 de1994 por la cual se Garantiza la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios. Determinando la demanda de la población proyectada a veinticinco años, con el fin de tomar las respectivas medidas en algunas estructuras de la planta, que deberán ser reestructuradas cuando se presente el aumento en el caudal demandado.

PALABRAS CLAVES

- Acueducto
- Rural
- Sucuneta
- Tratamiento

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para todos los seres vivos, en especial para los seres humanos, ya que no solo es necesario para su organismo, también porque esta hace parte de los procesos productivos del hombre. Sin embargo, el agua no siempre cumple con los parámetros de calidad establecidos, por lo tanto es importante darle un tratamiento para obtener las características deseadas.

Para el tratamiento de agua potable es importante contar con una infraestructura física adecuada en donde se lleven a cabo los procesos necesarios para su potabilización.

En la vereda de San Antonio-Tausa, se encuentra ubicado el acueducto regional SUCUNETA (Asociación de usuarios de las veredas de Rasgata y otras de los municipios de Tausa, Nemocon, Cucunuba Sutatausa y Cogua), sus fuentes de abastecimiento son la cuenca alta del río *Guandoque* y Subcuenca del río *Neusa* abasteciendo en total 22 veredas pertenecientes a esta asociación.

El presente proyecto establece el diagnóstico del Acueducto Regional Sucuneta, basados en las normas técnicas de calidad del agua potable, obteniendo información acerca de la demanda poblacional y los aspectos técnicos operacionales del sistema de potabilización.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diagnosticar la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del acueducto Asociación Sucuneta

Objetivos Específicos

- Describir el proceso de abastecimiento desde la planta de agua potable hasta la comunidad de los municipios de Tausa, Sutatausa, Cogua, Cucunuba y Nemocon desde la PTAP San Antonio.
- Analizar los procedimientos que se realizan en la PTAP San Antonio con base en la normatividad vigente y los estándares de calidad
- Elaborar una guía de operación y mantenimiento de la PTAP San Antonio

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La poca información acerca de los acueductos rurales y el no cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según la normatividad por parte de los acueductos en las zonas apartadas del país, ya sea por factores económicos, por desconocimiento o abandono del estado, produciendo agua no apta para el consumo humano, las zonas rurales del país son clave para el desarrollo del presente proyecto puesto que el consumo de agua no potable y de calidad regular puede afectar la salud humana, interfiriendo con los derechos fundamentales de la población.

El acueducto ASOCIACION SUCUNETA diseñado para Abastecer a 1835 suscriptores actualmente atiende a 3077 suscriptores superando el límite de conexiones para el cual fue diseñado el sistema.
A pesar de la variabilidad de la calidad de agua de la fuente, los resultados de las muestras de entrada y salida cumplen con la normatividad vigente

2. METODOLOGIA

En este capítulo se muestra la metodología empleada para la obtención de datos confiables para la realización del DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ANTONIO- ASOCIACION SUCUNETA de este modo se realizó una descripción del proceso de abastecimiento de agua potable. La falta de información acerca de acueductos rurales dificulto obtener datos que gracias a la colaboración de funcionarios del acueducto se lograron plasmar en este proyecto

2.1. Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló de acuerdo a los parámetros existentes en la normatividad vigente, teniendo como primer paso la recolección de toda la información acerca del acueducto rural , su funcionamiento , la calidad de agua captada y del agua tratada , realizando un reconocimiento físico de la planta , observando cada una de las estructuras presentes, en dicho recorrido se pudo contar con la presencia del ingeniero y el operario de la planta , siendo de gran ayuda para la recolección de información confiable. Para la realización de la jornada de reconocimiento y de recopilación de información de la planta San Antonio se contó con material didáctico y ayuda audiovisual.

Con el fin de establecer un diagnóstico sobre el abastecimiento de agua potable en zona rural, requiriendo un trabajo de campo desde la bocatoma hasta el tanque de almacenamiento y dosificación de desinfectante, donde se contó con la orientación del operador del sistema de acueducto.
Basados en resultados de muestras tomadas por el acueducto Asociación Sucuneta que fueron brindadas por los administrativos del acueducto se realizó una comparación con los parámetros estipulados en la normatividad vigente.
Finalmente se hizo un análisis de los componentes del sistema de abastecimiento a partir de la observación de las estructuras que componen el acueducto rural, para ello se realizó trabajo en campo con las herramientas necesarias para el cumplimiento de dicho objetivo, por medio de registros fotográfico que permitieron identificar las condiciones en las cuales se encontraron funcionando las estructuras.

2.2. Definición del tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva; ya que ésta se efectúa cuando se desea describir en todos sus componentes principales, una realidad.

2.3. Instrumentos para la recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizaron herramientas que permitieron obtener información de fuentes tales como: Entrevistas con preguntas de tipo abiertas y/o cerradas, visitas y observaciones, finalmente se requirió de apoyo audio visual para realizar el respectivo análisis de los componentes del sistema por medio del registro fotográfico, de esta forma se estableció el mecanismo para realizar la recolección de datos de manera eficiente.

2.4. Análisis de datos

Para el análisis de los datos obtenidos a lo largo de la investigación se utilizaron cifras, porcentajes y distribuciones realizando el análisis de manera sencilla obteniendo información importante para el desarrollo del acueducto Asociación Sucuneta

Fase de plan de acción

Se elaboró un manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento San Antonio con el fin de aportar a el acueducto una herramienta útil para los operarios y demás trabajadores.

Luego de la recolección , selección y análisis de la información se dio cumplimiento a los objetivos propuestos, diagnosticando el proceso de abastecimiento la planta de tratamiento de agua potable San Antonio y la calidad de esta basada en la normatividad vigente y

posteriormente se realizaron algunas recomendaciones para el mejoramiento de la PTAP San Antonio

- **Fase de cierre**

Entrega de proyecto final al director designado por el consejo académico Yolima del Carmen Agualimpia Dualiby y al evaluador Rafael Eduardo Ladino para su posterior evaluación

Socialización del trabajo de grado:
Luego de la revisión y evaluación por parte de los docentes se realiza la socialización con la posterior digitalización del proyecto de grado en la plataforma virtual de la universidad distrital Francisco José de Caldas.

3. GENERALIDADES

3.1. Marco Conceptual

3.1.1 Sistema de acueducto

Conjunto de estructuras como accesorios y conductos en los cuales se realizan distintos procesos desde la captación en la fuente de abastecimiento hasta los puntos de consumo, las fuentes de abastecimiento pueden ser superficiales o subterráneas.

En el municipio de Tausa se encuentra ubicada la parte administrativa y operacional de la empresa de acueducto Asociación Sucuneta, la cual abastece la zona rural de este y otros cuatro municipios aledaños que son: Sutatausa, Cucunuba, Cogua y Nemocon.

3.1.2 Planta de tratamiento

Una planta de tratamiento o de potabilización es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permiten cumplir con las normas de calidad de agua potable (Decreto 1575/2007)

3.1.3 Continuidad

El Indicador de Continuidad hace referencia que el servicio de agua potable debe llegar en forma continua y permanente, este no requiere tecnología especial para su cálculo.

3.1.4 Calidad

La Calidad del Producto se entiende a aquellos atributos que el concesionario debe mantener sobre la calidad del agua potable en todo el sistema de abastecimiento en forma permanente y en toda circunstancia

3.2. Marco legal

- **LEY 99 DE 1993**

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

- **LEY 142 DE 1994**

Esta Ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos

- **DECRETO 1575 DE 2007**

El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

- **RESOLUCIÓN 2115 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

3.3. Marco institucional

A nivel gubernamental tres Instituciones están relacionadas directamente con la planta de tratamiento del acueducto Asociación Sucuneta, la Corporación Autónoma Regional (CAR) quien actualmente lleva proyectos ambientales con el acueducto, La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) quien se encarga de vigilar y controlar la prestación de los servicios públicos, la Comisión de Regulación de Agua

Potable y Saneamiento Básico (CRA) quien es la entidad pública encargada de regular los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en Colombia.

3.4. Municipio Tausa

El municipio de Tausa está ubicado en la República de Colombia a 65 km. al norte de Bogotá D.C. en el sector nororiental del departamento de Cundinamarca, cuenta con una extensión total de 204 km^2, una extensión área urbana de 2 km^2 y una extensión área rural de 202 Km^2, Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 2950, tiene una temperatura media de 12º C. (Tausa, 2015)

- **LÍMITES**

Limita al norte con los municipios de San Cayetano, Carmen de Carupa y Sutatausa, al occidente con Pacho, al oriente con Sutatausa, Cucunubá y Suesca y al sur con los municipios de Nemocón y Cogua (Tausa, 2015)

- **CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS**

Las actividades principales del municipio son la ganadería, la agricultura, la explotación minera (carbón, arcilla y arena), las Artesanías y el turismo.
El 3,4% de los establecimientos se dedican a la industria; el 77,8% al comercio y el 18,8% a servicios

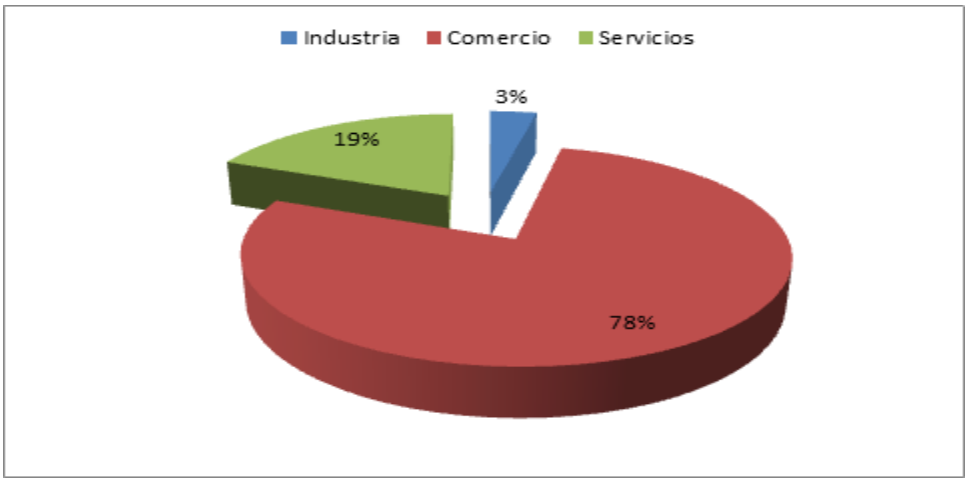


Ilustración 1 Características económicas Municipio de Tausa

- **POBLACIÓN**

Tausa Cundinamarca cuenta con una población total de 7366 habitantes, teniendo como población urbana 877 habitantes y una población rural de 6489 habitantes según los resultados del Censo realizado por el DANE en el año 2005, y el cual arroja una población proyectada para el año 2014 de 8801 habitantes, 1058 de la zona urbana y 7743 de la zona rural. A continuación se observa las estadísticas publicadas por el DANE.

Tabla 1 Proyecciones Municipales DANE 2006 - 2020

Población	**2005**	**2011**	**2014**
Urbana	796	964	1.037
Rural	6.919	7.400	7.660
TOTAL	7.715	8.364	8.697

- **PROPORCIÓN POBLACIONAL**

Tabla 2 Proporción poblacional Municipio de Tausa

Población	**2005**	**2011**	**2014**
Urbana	10.3%	11.5%	11.92%
Rural	89.7%	88.5%	88.08%
TOTAL	100%	100%	100%

- **TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL**

Tabla 3 Tasa de Crecimiento poblacional. Municipio de Tausa

Población	**2005**	**2011**	**2014**
Total	1.54%	1.23%	1.24%

Tabla 4 Características Municipio de Tausa

Departamento	Cundinamarca

Municipio	Tausa
Alcalde	Tito Javier Pachón Gómez
Nombre de la empresa del servicio de acueducto	*Asociación de usuarios de las veredas de Rasgata y otras, de los municipios de Tausa, Nemocón, Cucunubá, Sutatausa y Cogua*
Población del municipio	8697 habitantes
Población urbana	1037 habitantes
Población rural	7660 habitantes
Tasa de crecimiento poblacional	1.24%

3.5. Municipio Nemocon

- **CARACTERÍSTICAS**

Tabla 5 Características Municipio de Nemocón

Departamento	Cundinamarca
Municipio	Nemocón
Alcalde	Humberto Rodríguez Quiroga
Nombre de la Empresa del servicio de acueducto	Asociación de Usuarios de Acueducto Regional de Rasgata y Otras de los Municipios de Tausa, Nemocón, Cucunubá, Sutatausa y Cogua (SUCUNETA)[1]
Población del Municipio	13269 Habitantes
Población Urbana	5616 Habitantes
Población Rural	7653 Habitantes
Tasa de Crecimiento poblacional	1.67%

3.6. Municipio Sutatausa

- **CARACTERÍSTICAS**

Tabla 6 Características Municipio de Sutatausa

Departamento	Cundinamarca
Municipio	Sutatausa
Alcalde	José Humberto Rodríguez Quiroga
Nombre de la Empresa del servicio de acueducto	Asociación de Usuarios de Acueducto Regional de Rasgata y Otras de los Municipios de Tausa, Nemocón, Cucunubá, Sutatausa y Cogua (SUCUNETA)[1]
Población del Municipio	5490 Habitantes
Población Urbana	1710 Habitantes
Población Rural	3780 Habitantes
Tasa de Crecimiento poblacional	1.68%

3.7. Municipio Cogua

- **CARACTERÍSTICAS**

Tabla 7 Características Municipio de Cogua

Departamento	Cundinamarca
Municipio	Cogua
Alcalde	Néstor Alonso Guerrero Neme
Nombre de la Empresa del	Asociación de usuarios del acueducto regional de las veredas rasgata y de otras de los municipios de tausa, nemocon, cucunuba, sutatausa y cogua (SUCUNETA)[1]

servicio de acueducto	
Población del Municipio	21932 Habitantes
Población Urbana	6791 Habitantes
Población Rural	15141 Habitantes
Tasa de Crecimiento poblacional	1.92%

3.8. Municipio Cucunuba

- **CARACTERÍSTICAS**

Tabla 8 Características Municipio de Cucunubá

Departamento	Cundinamarca
Municipio	Cucunubá
Alcalde	Guillermo Quintana
Nombre de la Empresa del servicio de acueducto	Asociación de Usuarios de Acueducto Regional de Rasgata y Otras de los Municipios de Tausa, Nemocón, Cucunubá, Sutatausa y Cogua (SUCUNETA)[1]
Población del Municipio	7433 Habitantes
Población Urbana	1360 Habitantes
Población Rural	6073 Habitantes
Tasa de Crecimiento poblacional	0.48%

3.9. Número de viviendas dispersas a las que se les presta el servicio

Tabla 9 . Número de suscriptores Veredas Tausa

TAUSA (VEREDAS)	NÚMERO DE SUSCRIPTORES
PUEBLO VIEJO	58
CHORIILLO	54
PAJARITO	248
LADERA GRANDE	69
LA FLORIDA	64
LA FLORIDA	64
RASGATA	426

Tabla 10 Número de suscriptores Veredas Sutatausa

SUTATAUSA (VEREDA)	NÚMERO DE SUSCRIPTORES
PEÑAS DE BOQUERÓN	178
PEÑAS DE CAJÓN	135

.

Tabla 11 Número de suscriptores Veredas Cucunubá

CUCUNUBA (VEREDA)	NÚMERO DE SUSCRIPTORES
ALTO DE AIRE	30
APOSENTO	95
FLORIDA	38
PEÑAS DE PALACIO	273
PUEBLO VIEJO	122
CHAPALA	61

Tabla 12 Número de suscriptores Veredas Nemocón

NEMOCON (VEREDA)	NÚMERO DE SUSCRIPTORES

PATIO BONITO	**639**
CERRO VERDE	**112**
CASA BLANCA	**47**
SUSATA	**35**
MOSGUA	**137**
CHECUA	**94**

Tabla 13 Número de suscriptores Vereda de Cogua

COGUA (VEREDA)	NÚMERO DE SUSCRIPTORES
CASA BLANCA	**98**

4. PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO (PTAP)

4.1 Empresa prestadora del servicio de acueducto

La empresa prestadora del servicio de acueducto en el área rural de los municipios de Sutatausa, Tausa, Nemocón, Cucunubá y Cogua es la *Asociación de usuarios de las veredas de Rasgata y otras, de los municipios de Tausa, Nemocón, Cucunubá, Sutatausa y Cogua,* siendo una empresa de capital privado e identificada con el NIT 8009095463-6 de la DIAN y la asociación de la personería jurídica N 0374 del 22 de junio de 1989 del ministerio de agricultura; la cual busca la participación de los beneficiarios y cuya conformación de la junta no necesariamente participa el consejo municipal o el gobierno. El representante legal es *José Emilio Rodríguez Rodríguez* y la empresa presta el servicio a 3077 suscriptores distribuidos en 22 veredas en los cinco municipios.

La oficina administrativa se encuentra ubicada, en la vereda Rasgata del municipio de Tausa, donde se gestionan todos los programas y demás agregados en función de la operación y mantenimiento de las plantas de potabilización y el sistema de acueducto. El Comité Central está conformado por un presidente, un vicepresidente, un tesorero, un secretario, cuatro vocales y dos delegados por localidad; el primer pro-acueducto de Sucuneta se conformó el 16 de junio de 1987.



Ilustración 2 Logo Sucuneta

4.1.1 Cobertura

Tabla 14 Porcentaje de abastecimiento por población de Sucuneta

Municipio	Población rural Según el DANE 2014	Porcentaje de población de abastecimiento por Sucuneta**
Cucunubá	6073	61.15%
Nemocón	7653	83.41%
Sutatausa	3780	49.68%
Tausa	7660	76.99%
Cogua	15141	3.88%
Total	40307	45.8%

**Este porcentaje se calcula tomando la población rural abastecida (Tabla N. 19) se multiplica por 100, y se divide sobre la población rural Según el DANE.

4.1.2 Cantidad

El indicador básico de cantidad, es la obtención del recurso suficiente para satisfacer las demandas necesarias de la población. Actualmente existen alrededor de 3077

conexiones, y el sistema está diseñado para 1835. La fuente de captación es el río Guandoque a 3.360 m. de elevación en la vereda San Antonio.

Las complicaciones para el abastecimiento de agua por demanda poblacional son estrictamente económicas, ya que no se cuenta con el recurso necesario para realizar la expansión de la planta.

4.1.3 Continuidad

El Indicador de Continuidad**,** debe garantizar que el servicio de agua potable se preste de forma continua y permanente, este no requiere tecnología especial para su cálculo. El acueducto de Sucuneta presta el servicio las 24 horas, cuenta con catorce tanques de almacenamiento de diferentes capacidades.
Algunas veces se suspende el sistema debido al alto nivel de turbiedad en el agua, especialmente en invierno.

4.1.4 Calidad

El indicador de calidad debe cumplir con los estándares de potabilización de agua reconocidos en forma permanente y en toda circunstancia. El acueducto Sucuneta diariamente realiza monitoreo en puntos propios de muestreo; se toman veinticuatro muestras durante el día en la PTAP de San Antonio y ocho muestras durante el día en la PTAP de Casa Blanca con un tiempo de diferencia de una hora, para verificar y garantizar que el agua que llega al usuario sea apta para el consumo humano. Las pruebas realizadas por el acueducto son: pH y color para cada muestra, el resto de parámetros son realizados por un laboratorio de Zipaquirá contratado por el acueducto de Sucuneta.

4.1.5 Costos

Para determinar el cobro de tarifa no se utiliza la estratificación socioeconómica y no existe ningún tipo de subsidio, lo que quiere decir que el usuario está pagando el costo total de mantenimiento, operación y funcionamiento del acueducto. Además se han añadido los programas de protección de la cuenca que se han venido gestionando con la CAR; todo esto con una tarifa única.

Tabla 15 Costos

Municipio	Estrato	cargo fijo	consumo ($/m^3)	Observaciones	costo familia $/m^3/familia
Sucuneta	----------	----------	----------	todos	0.25×m^3

				reciben 18 m^3/mes, así que todos pagan lo mismo	

4.2 Aspectos técnicos de la planta de agua potable

El acueducto regional de Sucuneta cuenta con dos plantas de tratamiento: la Planta de San Antonio y Planta de Casa Blanca.

4.2.1 Planta de potabilización

El número de plantas operando en el acueducto de Sucuneta es de 2: la planta San Antonio con 19 años de construcción y funcionamiento el cual empezó desde 1997. Y la planta Casa blanca con 15 años de construcción y su funcionamiento inicia en el año 2008. Estas plantas son de tipo convencional presentando un pre-tratamiento en las cajas de desarenadores cercanas a la bocatoma con un metro de largo y ancho y una profundidad de 1.5 metros reteniendo los sólidos en suspensión y de ahí pasando directamente a las instalaciones de las plantas para ser tratadas, su mantenimiento va de acuerdo a la suciedad producida por la operación de estos y la variabilidad climática que es la que aumenta los sólidos en suspensión.
Además de las rejillas metálicas de barras paralelas situadas en las bocatomas; el proceso de tratamiento se describe a continuación:

- Coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección

Con el objetivo de brindar agua de óptima calidad para abastecer la zona rural de los municipios de Cogua, Sutatausa, Tausa, Nemocón y Cucunubá.

4.2.2 Planta San Antonio

- **Bocatoma**

La bocatoma de la Planta San Antonio está ubicada sobre el Rio Guandoque, la cual es de tipo fondo rejilla para retener solidos flotantes con capacidad de 26 L/S, actualmente la bocatoma de la planta está captando un caudal de 21 L/S. La bocatoma es regulada por una válvula de 8 pulgadas, el mantenimiento técnico de la planta se realiza todos los días, de acuerdo a la demanda del servicio.



Ilustración 3 Bocatoma Planta San Antonio
Fuente: Los autores; visita a la planta San Antonio

- **Conducción de agua cruda**

El acueducto actualmente posee una línea de conducción de *300 metros* desde la bocatoma hasta la planta San Antonio con *un diámetro 6 de pulgadas* con capacidad de conducción de 22 L/S y cuyo *material es de PVC*
Los accesorios que poseen las redes de conducción desde las bocatomas hasta las plantas son:

- 2 Válvulas reguladoras de caudal
- Se realizan 8 purgas cada dos meses
- 8 macro medidores distribuidos en las dos redes de conducción

4.2.3 Funcionamiento actual

Las redes de conducción desde la bocatoma hasta el ingreso de la planta funcionan por gravedad por la zona geográfica donde se encuentran, además de disminuir los costos operacionales, no presentando fugas en ninguna de las dos redes de conducción. La red

de conducción de la planta San Antonio es cercana permitiendo una vigilancia constante, además de ser de flujo a superficie libre permitiendo una mayor dosificación de oxígeno disuelto. (Paderi, Mi acueducto de la planta San Antonio, 2015)

4.3 Componentes de la planta.

Las plantas del acueducto Sucuneta están compuestas por los siguientes componentes que conforman parte del proceso de potabilización del agua:

- ***DOSIFICACIÓN:*** Se determina en el laboratorio para establecer la dosificación de coagulantes que se debe añadir al agua cruda para ser tratada. Este proceso se realiza a través de test de jarras en proceso de ensayo y error por el operario de la planta el cual realiza el procedimiento todos los días por la variabilidad de las características del agua cruda. (Paderi, Mi acueducto de la planta San Antonio, 2015)



Ilustración 4 Laboratorio Test de Jarras
Fuente: video mi acueducto 1 de la planta San Antonio.

- ***UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA (Coagulación):*** Se aplica policloruro de aluminio para que el material particulado en suspensión se aglutine en el siguiente proceso. Cuando el pH es muy alto, se adiciona soda cáustica para bajarlo, esto se realiza mediante la canaleta Parshall. (Paderi, Mi acueducto de la planta San Antonio, 2015)



Ilustración 5 Canaleta Parshall

Fuente: Los autores; visita a la planta San Antonio.

- ***UNIDAD DE MEZCLA LENTA (floculador):*** Una vez se aplica el coagulante pasa a la sección de mezcla lenta donde se utiliza los floculadores de tipo Alabama con flujo ascendente que permiten una activación de los componentes del coagulante con una trayectoria ascendente y descendente para formar un flock.

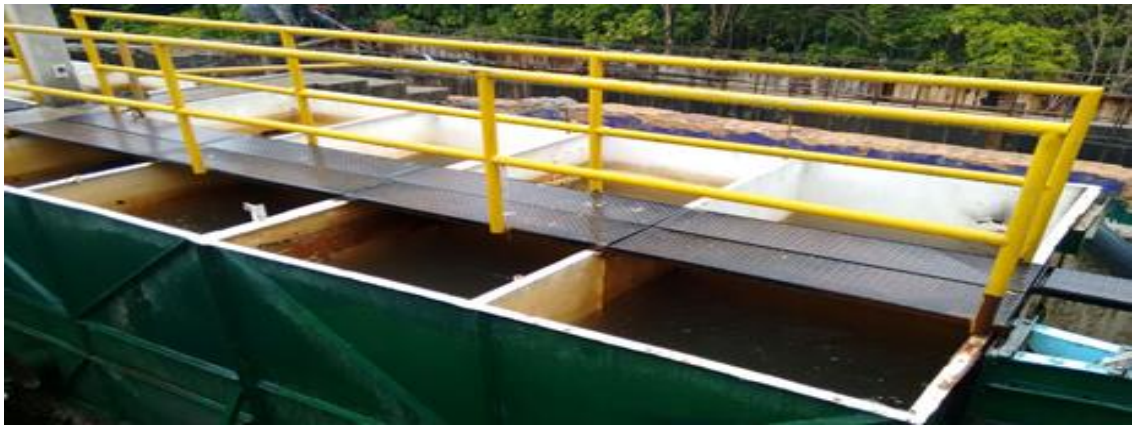


Ilustración 6 Unidad de Mezcla Lenta

Fuente: Los autores; visita a la planta San Antonio.

- ***UNIDAD DE SEDIMENTACIÓN:*** En esta cámara el flock queda atrapado en los módulos o colmenas de sedimentación para luego ser quitados en la limpieza del sedimentador que se realiza cuando se observa que está sucio por su actividad operativa.



Ilustración 7 Unidad de sedimentación

Fuente: video mi acueducto 1 de la planta San Antonio.

- ***UNIDAD DE FILTRADO:*** Se filtra el agua para eliminar el material microparticulado que no fue eliminado en las secciones anteriores, estos filtros son conformados por una sección de piedras, arena y carbón activado (antracita) y se realiza una limpieza de flujo ascendente.

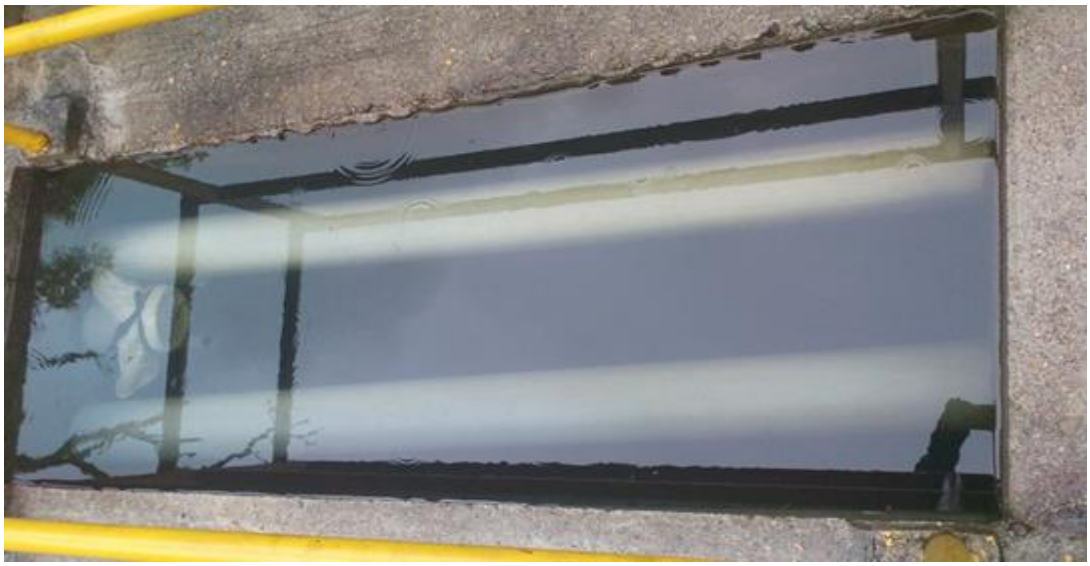


Ilustración 8 Unidad de Filtrado

Fuente: Los autores; visita a la planta San Antonio.

- ***UNIDAD DE DESINFECCIÓN:*** Se diluye cloro granulado o gaseoso en el agua final para el despacho y se realiza en el tanque de almacenamiento. Actualmente se realiza en tierra negra y no directamente en la planta.



Ilustración 9 Tanques de Almacenamiento

Fuente: Los autores; visita a la planta San Antonio.

4.4 Redes secundarias de conexión entre la planta de potabilización

Las redes de conducción de la planta San Antonio es de material de PVC con un diámetro de 6 pulgadas con una longitud de 14.8 KM y la de Casa blanca de un diámetro 8 pulgadas con una longitud de 10 KM, además de redes alternas como una de 2 KM con un diámetro 10 pulgadas y otras redes con diámetros de 4 pulgadas, esto varía de acuerdo al caudal de recepción en la zona, actualmente presentan buenas condiciones estructurales. Los accesorios que poseen las redes son:

- Válvulas reguladoras de presión
- Válvulas reguladoras de caudal
- Válvulas expulsoras de gas
- Se realizan 8 purgas cada dos meses:
- 1460 micromedidores instalados
- Se realiza desinfección en las tuberías cada 6 meses

4.5 Tanques de almacenamiento

- Ubicación: La PTAP Sucuneta cuenta con 14 tanques de almacenamiento, los cuales están ubicados en las diferentes veredas del compendio del acueducto.

- Controles de nivel máximo y mínimo de operación: Los operadores se encargan de llevar registro para realizar el lavado de los tanques, además de procurar observar a tiempo fisuras, daños, fugas u otras, de esta manera reportarlas y actuar de manera pertinente.
- Volumen de almacenamiento (m^3)

- 2 tanques tienen una capacidad de 300m^3
- Los 12 tanques restantes tienen un promedio de almacenamiento entre los 40m^3 y 60m^3

- Horas desocupado totalmente: Cada 3 meses se realiza el lavado de los tanques y el tiempo de este oscila entre 2-4 horas.
- Control de caudal: El único control se hace a partir de macro medidores de salida y donde se llevan los registros adecuados por parte de los operarios de cada una de las plantas del acueducto SUCUNETA.
- Las condiciones geográficas de la PTAP permiten la conducción del agua de manera natural por gravedad.

4.6 Aspectos operacionales de la planta de tratamiento de agua potable

Dentro del edificio de operaciones se encuentran las siguientes instalaciones

4.6.1 Oficina Administración y Operaciones

Está ubicada en la vereda Rasgata en el municipio de Tausa contando con una instalación construido recientemente por la empresa compuesta por una sala de juntas con una mesa amplia y un escritorio, una sección de atención al cliente atendida por una secretaria, las oficinas de los Administrativo (Ingeniero civil: Nicolás Paderi y la comunicadora social: Ángela Paderi) dotadas de un escritorio y un computador, la cafetería y baño.

4.6.2 Cuarto de Aseo y Mantenimiento

Cada planta del acueducto Asociación Sucuneta, cuenta con unas tres áreas para herramientas, bodega y aseo. Se encuentra implementos tales como:

- Implementos de seguridad personal (overol, botas, guantes)
- Objetos de mantenimiento tales como tijeras podadoras, guadañas y herramienta
- Objetos de limpieza como escobas, traperos cepillos, manguera , balde y líquidos de limpieza (jabón, desinfectantes)

4.6.3 Cafetería y baños

Estos espacios están presentes en la oficina administrativa y las plantas de potabilización de san Antonio y Casablanca.

Las plantas de tratamiento de agua potable no cuenta con una cafetería en estas hay un espacio donde se puede encontrar una estufa para uso de los operarios y la unidad sanitaria está en estado óptimo ya que cuenta con una higiene adecuada.

4.6.4 Sala de cloración y almacenamiento de cilindros de cloro:

No cuentan con una sala de cloración, sin embargo existen dos tanques de contacto, uno para cada sistema, y allí se lleva a cabo el proceso de almacenamiento.

4.6.5** Sala de almacenamiento de productos químicos**.

En la planta San Antonio se encuentra ubicada la sala de almacenamiento de productos químicos a la entrada del laboratorio presentando condiciones óptimas de ventilación y de higiene para la preservación de los productos químicos no teniendo relación con otros componentes químicos que afectar los niveles de seguridad.

4.6.6 Condiciones de seguridad:

En las plantas no existe guardia de seguridad, ya que los operarios se encargan de esta labor.

4.6.7 Suministro permanente de productos químicos para la potabilización del agua y frecuencia en la dosificación de químicos.

La cantidad y frecuencia de suministro de productos químicos está dada por un factor determinante: la calidad de agua que entra a los sistemas de tratamiento de las plantas. Por tanto se hace indispensable efectuar el ensayo de tratabilidad del agua (Test de jarras) para simular su comportamiento frente a los productos químicos propios para la coagulación, remoción de color y desinfección. Una vez obtenido los resultados de la tratabilidad del agua, el operario hace los cálculos precisos para establecer la cantidad y frecuencia del suministro del producto. Los productos (soda caustica, poli cloruro de aluminio, cloro granulado y gaseoso y cal) son graduados por la maquina dosificadora en la unidad de dosificación y el desinfectante (cloro gaseoso y granulado) es proporcionado mediante un dispositivo ubicado en la parte superior del tanque de almacenamiento.

2.6.8 Dotación de equipo mínimo de laboratorio

Los laboratorios cuentan con el equipamiento mínimo para la realización de pruebas de tratabilidad, pH, Color y turbiedad, sin embargo carecen de equipos para determinar parámetros bacteriológicos, la explicación se debe a que poseen un laboratorio ubicado en el centro de Zipaquirá, especializado en muestreo y análisis de laboratorios.

5. ANALISIS DE PROCEDIMIENTOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO (PTAP) – SAN ANTONIO

5.1. Fuentes de abastecimiento

Las fuentes de abastecimiento del acueducto de Sucuneta son provenientes de la *cuenca alta del río Guandoque*, el cual nace del páramo Guerrero en el sector del predio de los cerritos de la vereda de San Antonio del municipio de Tausa y *la subcuenca del río Neusa*. La captación se realiza en la cuenca alta de la fuente para mantener su calidad y disminuir los costos de potabilización del agua. (Marileny, 2001)

El caudal de la fuente del río Guandoque en periodo seco es de 26 L/S y en invierno es de 80 L/S. El caudal actual demandado por el acueducto Sucuneta es de 30 L/S dividido en las dos fuentes de captación; el río Guandoque con un caudal de 21 L/S y el río Neusa con un caudal de 9 L/S. El caudal del río Neusa en periodo seco es de 76.5 L/S y en invierno es de 136 L/S.

5.2 Análisis de calidad de agua de la fuente

Tabla 16 Parámetros de calidad de Agua de la Fuente

PARÁMETROS	NIVEL DE CALIDAD DE LA FUENTE DE AGUA DE ACUERDO AL GRADO DE CONTAMINACIÓN			
DBO5	FUENTE ACEPTABLE	FUENTE REGULAR	FUENTE DEFICIENTE	FUENTE MUY DEFICIENTE
	<1.5	1.5-2.5	2.5-4	>4
	1-3	3-4	4-6	>6
COLIFORMES TOTALES (NMP/100ML)	0-50	50-500	500-5000	>5000
OXÍGENO DISUELTO	>=4	>=4	>=4	>=4
PH PROMEDIO	6.0- 8.0	5.0-9.0	3.8 -10.5	
TURBIEDAD	<2	2-40	40-150	>=150

COLOR VERDADERO (UPC)	<10	10-20	20-40	>=40
CLORUROS	<50	50-150	150-< 1.2200	300
FLORUROS	<1.2	<1.2		>1.7

Con relación a la tabla 16. Parámetros de la calidad de la fuente del decreto 2115 de 2007 realizados para determinar el rendimiento de la cuenca, seguridad de la calidad del agua, continuidad y caudal mínimo, clasificándolo en los diferentes niveles de calidad de las fuentes de abastecimiento, en función de los parámetros mínimos físico-químicos y microbiológicos .

Tabla 17 Calidad de Agua Planta San Antonio

P. San Antonio			
PARAMETROS	**METODO**	**RESULTADO**	**FUENTE**
DBO5	-	-	-
Coliformes totales	Filtración por membrana	0/100	Aceptable
Oxígeno disuelto	-	-	-
PH	Electrométrico	6.9	Aceptable
Turbiedad	Nefelómetro	7.87	Regular
Color	Fotométrico	11.4	Regular
Cloruros	Argentrometrico	8	Aceptable
Floruros	-	-	-

De acuerdo con la tabla 17. El análisis físico-químico y microbiológico de la muestra tomada en el rio Guandoque en marzo del 2015, cumple con los parámetros de calidad establecidos en la resolución 2115 del 2007 y se clasifica como fuente aceptable, según el decreto 1575 de 2007; exceptuando el parámetro turbiedad y color que se denominó como regular, pero cabe resaltar que la tonalidad de la fuente de agua es producida por la descomposición de material vegetal y algunos materiales disueltos de hierro. Actualmente el acueducto Asociación Sucuneta no realiza la prueba de los siguientes parámetros:

- Demanda biológica de oxigeno (DBO5), quizás sea el parámetro más difícil de medir en una muestra de agua, es importante realizar esta prueba ya que permite calcular o predecir aproximadamente el efecto que causaría una determinada descarga de aguas residuales en la concentración de oxígeno disuelto de un

cuerpo de agua receptor. (Leon, 2005)

- Oxígeno disuelto (OD): Puede indicar cuando exista abundante cantidad de materia orgánica ,este favorece enormemente al crecimiento bacteriano y como consecuencia de ello los niveles de oxígeno disuelto dentro de la masa de agua se reducen rápidamente (Leon, 2005)

Tabla 18 Calidad de Agua Planta Casablanca

P. Casablanca			
PARAMETROS	**METODO**	**RESULTADO**	**FUENTE**
DBO5	-	-	-
Coliformes totales	Filtración por membrana	0/100	Aceptable
Oxígeno disuelto	-	-	-
pH	Electrométrico	7.23	Aceptable
Turbiedad	Nefelómetro	14.5	Regular
Color	Fotométrico	3.5	Aceptable
Cloruros	Argentrometrico	9.75	Aceptable
Floruros	-	-	-

De acuerdo con la tabla 18. El análisis físico-químico y microbiológico de la muestra tomada en la bocatoma de la planta ubicada en la vereda Casablanca, cumple con los parámetros de calidad establecidos en la resolución 2115 del 2007 y se clasifica como fuente aceptable según el decreto 1575 de 2007 presenta un buen rendimiento de la cuenca en relación a la seguridad de la calidad de agua y continuidad.

5.3 Caudal demandado actualmente

El total de suscriptores del acueducto de Sucuneta es de 3077 familias, con un promedio de 6 habitantes por vivienda, con un total de 18462 habitantes como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 19 Total Habitante por suscriptores

Municipio	Usuario	Habitantes promedio por Vivienda	Total habitantes

Cucunubá	619	6	3714
Nemocón	1064	6	6384
Sutatausa	313	6	1878
Tausa	983	6	5898
Cogua	98	6	588
Total	3077	-	18462

Fuente: Funcionario del acueducto- Asociación Sucuneta

El 100% de abastecimiento del acueducto Sucuneta se distribuye en las zonas rurales de Cucunubá, Nemocón, Sutatausa, Tausa y Cogua como se observa en la siguiente gráfica.

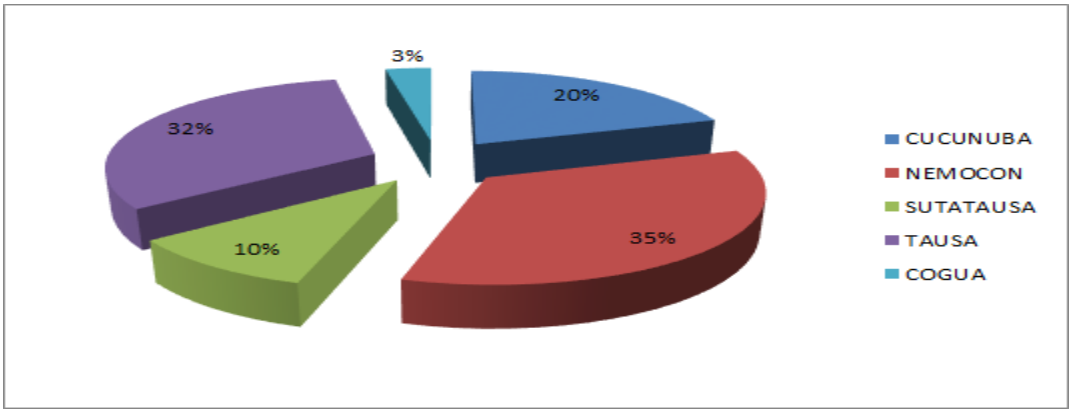


Ilustración 10 Distribución del abastecimiento

Fuente: Funcionario del acueducto- Asociación Sucuneta

POBLACIÓN RURAL ACTUAL DE LOS MUNICIPIOS

- FACTOR POBLACIONAL

Se obtiene una población Rural total de 40807 habitantes para los municipios según los Datos arrojados por el DANE, siendo el 45.8% el porcentaje de abastecimiento por parte del acueducto, la población total a abastecer un total de 18462 habitantes.

Tabla 20 Nivel de complejidad por Factor Población

Nivel De Complejidad	Población	Económico
Alto	<60000	Alto
Medio Alto	12500 – 60000	Medio
Medio	2500 – 12500	Bajo
Bajo	> 2500	Bajo

Cuenta con una población actual de 18462 habitantes la cual se ubica en un Nivel de Complejidad MEDIO ALTO

- FACTOR ECONÓMICO

Tabla 21 Nivel de complejidad por Factor Económico

CATEGORÍA	POBLACIÓN (N. HABITANTES	INGRESOS	CLASIFICACIÓN
ESPECIAL	> 500.000	400000 S.M.L.V.A.	Alto
PRIMERA	100.001-500.000	100000 - 400000 S.M.L.V.A.	Alto
SEGUNDA	50.001- 100.000	50000 - 100000 S.M.L.V.A.	Medio Alto
TERCERA	30.001- 50.000	30000 - 50000 S.M.L.V.A.	Medio Alto
CUARTA	20.001-30.000	25000 - 30000 S.M.L.V.A.	Medio
QUINTA	15000 – 20000	15000 - 25000 S.M.L.V.A.	Bajo
SEXTA	< 15000	15000 S.M.L.V.A.	Bajo

Cuenta con una población actual de 18462 habitantes la cual se ubica en la categoría quinta.

- DOTACIÓN NETA MINIMA DE AGUA:

Tabla 22 Dotación Neta de Agua por nivel de complejidad

NIVEL DE COMPLEJIDAD	DOTACIÓN NETA MÍNIMA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA
BAJO	90	100
MEDIO	115	125
MEDIO ALTO	125	135
ALTO	140	150

CÁLCULOS

La población total abastecida es de 18462 habitantes. (No se realiza proyección, ya que es la demanda Actual) Por el nivel de complejidad se toma una dotación de agua neta mínima de 125 litros/ habitante/día

18462 habitantes * 125 L/Hab/día = 2307750 L/día
2307750 L/día / 1000 L/(m3) =
Dotación neta mínima total: 1385,98 m^3/día

No se tienen corrección debido a que se encuentra en clima frío

Tabla 23 Correcciones por clima según nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Clima cálido (%) 28°c	Clima Templado (%) 20°c - 28°c	Clima Frío
Bajo	15	10	NACC*
Medio	15	10	NACC
Medio Alto	20	15	NACC
Alto	20	15	NACC

* No se Admiten Correcciones por Clima

- PÉRDIDA TÉCNICAS

Tabla 24 Pérdidas Técnicas por Nivel de Complejidad

NIVEL DE COMPLEJIDAD	% MAXIMO
BAJO	40%
MEDIO	30%
MEDIO-ALTO	25%
ALTO	20%

Caudal: 2307750 L/día
ya que el nivel de complejidad es MEDIO ALTO, se designa el porcentaje admisible de pérdidas técnicas en un 25%

2307750 L/día * 25% = 576937.5 L/día
2307750 L/día + 576937.5 L/día = 2884687.5 L/día
CAUDAL DEMANDADO ACTUALMENTE

- 2884687.5 L/día
- 33.38 L/sg
- 2884.6875 m^3/día
- 0.033 m^3/sg

Según la información suministrada por parte de los funcionaros del acueducto Asociación Sucuneta el sistema actualmente requiere un caudal de 30 L/s; haciendo uso de la metodología descrita en el RAS 2000 la demanda de agua para el sistema es de 33.38 L/s.

5.4 Perdidas físicas desde la fuente hasta la planta de tratamiento

El caudal de entrada en la bocatoma de la planta San Antonio, es de *21 L/S* y *el caudal de medio sobre la línea de aducción es 20.8* según el promedio de los tres macro medidores instalados (Paderi, Mi acueducto de la planta San Antonio, 2015) dando un *porcentaje de pérdida del 0.96 %* de caudal actual tratado por la planta, según el RAS 2000 Debe establecerse un nivel de pérdidas en la aducción antes de llegar a la planta de tratamiento.
El nivel de pérdidas en la aducción debe ser inferior al 5%. La PTAP San Antonio tiene un porcentaje de perdidas inferior cumpliendo con la normatividad

5.5 Análisis de la calidad de agua de entrada y salida

Como se ha mencionado anteriormente las fuentes de abastecimiento son aceptables según la normatividad legal vigente ya que sus parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos son muy sencillos de tratar.

A continuación, se presentan la relación en promedio de parámetros fisicoquímicos a la entrada y salida del sistema de acueducto Asociación -Sucuneta.

5.5.1 Planta San Antonio

Tabla 25 . Parámetros fisicoquímicos Planta San Antonio

Parámetro fisicoquímico	Entrada	Salida	Niveles máximos permitidos resolución 2115 2007	Cumple	
				Si	No
pH	6.86	7.01	6.5 y 9	X	
Hierro mg/l	0.5	0.2	0.3	X	
Aluminio mg/l	0.01	0.1	0.2	X	
Color (UPC)	0	1	15	X	
Turbiedad UNT	4.52	1.60	2	X	

5.5.2 Planta Casablanca

Tabla 26 Parámetros fisicoquímicos Planta Casablanca

Parámetro fisicoquímico	Entrada	Salida	Niveles máximos permitidos resolución 2115 /2007	Cumple	
				Si	No
pH	6.66	7.04	6.5 y 9	X	
Hierro mg/l	0.4	0.2	0.3	X	
Aluminio mg/l	-----	0.1	0.2	X	
Color (UPC)	10	4	15	X	
Turbiedad UNT	1.78	1.63	2	X	

Como se observa en la tabla anterior, la calidad de agua de entrada y salida del sistema de tratamiento para cada uno de los parámetros es óptima en los niveles permitidos por la norma legal vigente

- **Descripción de la vigilancia de la calidad del agua en la red de suministro**
  Cuenta con un área de calidad de agua permanente, la cual es constantemente monitoreada por medio de análisis en el laboratorio propio de Sucuneta ubicado en el Barrio san Pablo – Zipaquirá.

- **Operación Tanques de almacenamiento**
  Estos se revisan diariamente y se regulan los caudales según la demanda del servicio

- **Problemas Técnicos en la captación**
  La captación se ve afectada por la proliferación de cultivos en la cuenca alta del rio Neusa y Guandoque

5.6 Indicadores de la operación de la planta de tratamiento de agua potable

5.6.1 Indicadores de tratamiento

- Horas de tratamiento

Tabla 27 Horas de tratamiento

Planta	**Horas**
San Antonio	24 horas
Casa Blanca	8 horas

De acuerdo con la tabla 27 la planta de san Antonio presta el servicio durante las 24 horas del día, mientras que la planta de Casa blanca solo presta el servicio durante 8 horas por la tecnología con la que cuenta.

- Frecuencia de medición en los macro medidores

Tabla 28 Frecuencia de mediciones

Planta	Numero de mediciones diarias
San Antonio	12
Casa Blanca	6

Durante todo el periodo de la vida útil de la planta debe verificarse el caudal de entrada teniendo en cuenta el siguiente requisito según el RAS 2000:

Ya que el sistema se clasifica en nivel medio alto de complejidad se recomienda medir el caudal a la entrada cada dos horas y guardar los registros.

La PTAP San Antonio realiza doce mediciones de los macro medidores durante el día, que son registrados en la minuta de trabajo del operario de planta.

- Frecuencia de muestreos

Tabla 29 Frecuencia de muestreos

Planta	Numero de muestras diarias
San Antonio	24
Casa Blanca	8

La toma de las muestras es realizada por los operarios en el área de entrada y salida de las plantas de tratamiento para el análisis de los parámetros de pH, color y turbiedad con una frecuencia de toma de muestras cada hora para dar un número al final del día de veinticuatro muestras tomadas en la planta San Antonio y para la planta Casablanca ocho muestras diarias.
En el acueducto se realizan muestreos dos veces al mes según lo que establece la secretaria de salud sin embargo para el análisis físico-químico del agua se toman muestras cada hora durante el funcionamiento de las plantas.

5.7 Indicadores complementarios

- Demanda Neta L/hab/día: 125 l/hab/día
- Demanda Bruta l/día: 3510000 l/día

- Usuarios Potenciales:
  En la actualidad el acueducto asociación Sucuneta presenta una solicitud de aproximadamente 100 suscriptores por parte de la población rural aledaña al acueducto.

5.8 Indicadores Ambientales

- Desarrollo de una estrategia ambiental corporativa
  El acueducto regional SUCUNETA en el momento está implementando un proyecto educativo ambiental, donde se trabaja con usuarios del acueducto, convenio que se firmó entre la corporación autónoma regional y el acueducto regional, cuyo objetivo es obtener hogares eco eficiente, Compromisos ambientales, talleres con las familias sobre el cambio climático, manejo de residuos sólidos etc. El proyecto se viene desarrollando con niños defensores del

agua, grupos por veredas, en vacaciones recreativas, e instituciones afiliadas al acueducto.

- Sistemas para identificar impactos ambientales
  En la actualidad el acueducto asociación Sucuneta no cuenta con un sistema para la identificación de impactos ambientales.

- Presentación de reportes ambientales
  El acueducto asociación Sucuneta, no cuenta con un sistema de información o formatos para reportar alguna novedad que se presente en cuanto a la afectación de los recursos naturales.

- Manejo, tratamiento y disposición de lodos
  Se realiza solo para la planta San Antonio, a través de trampas y tanques que recirculan el agua al inicio del proceso de la planta.

- Proyectos formulados por el municipio y/o empresa para la conservación de la cuenca
  La administración del acueducto adelanta convenios con las autoridades ambientales, pero en la actualidad no se han definido.

6 RESULTADOS

6.1 Proyección del caudal de demanda del acueducto en los próximos 25 años

- **$Pp = Pi(i\% + 1)^n$**

  Dónde:
- **Pp**- población proyectada
- **Pi**- población inicial
- índice de crecimiento poblacional
- **1-**constante
- **n-**años de proyección de la comunidad

✓ **POBLACION PROYECTADA NEMOCON**

$Pp = 6384\ (1 + 0.0167)^{25} = 9658$ Habitantes

✓ **POBLACION PROYECTADA DEL MUNICIPIO DE SUTATAUSA**

$Pp = 1878\ (1+0.0168)^{25} = 2848$ Habitantes

- ✓ **POBLACION PROYECTADA DEL MUNICIPIO DE TAUSA**

$Pp = 5898\ (1+0.0124)^{25} = 8026$ Habitantes

- ✓ **POBLACION PROYECTADA DEL MUNICIPIO DE COGUA**

$Pp = 588\ (1+0.0192)^{25} = 946$ Habitantes

- ✓ **POBLACION PROYECTADA DEL MUNICIPIO DE CUCUNUBA**

$Pp = 3714\ (1+0.0048)^{25} = 4186$ Habitantes

6.1.1 Población de estudio

La población total abastecida por parte del acueducto en la zona rural es de 18462 habitantes, se estima que durante los próximos veinticinco años las PTAP deberán abastecer 25664 habitantes.

NIVEL DE COMPLEJIDAD FACTOR POBLACIONAL

Para hallar el nivel de complejidad, se realizó la proyección de la población rural a veinticinco años en cada uno de los municipios, obteniendo la población total abastecida por el acueducto, ubicándose en un nivel de complejidad MEDIO ALTO según el RAS 2000

- ✓ 25664 Habitantes x 125 L/hab/d = 3208000 L/hab/d

No tiene influencia por el clima ya que la planta de tratamiento se encuentra situada en una zona de temperatura correspondiente a clima frio

- **PÉRDIDAS TECNICAS**

Tabla 30 Pérdidas técnicas según Nivel de Complejidad

NIVEL DE COMPLEJIDAD	% MAXIMO
BAJO	40%
MEDIO	30%
MEDIO-ALTO	25%

ALTO	20%

a) 3208000 l/d + 25% (802000) = 4010000 l/d
b) 4010000 l/d / 1000 l/m^3 = 4010 m^3/d
c) 4010000 l/d / 86400 seg/d = 46.41 l/seg
d) 4010 m^3/d / 86400 seg/d = 0.046 m^3/seg

Caudal:

- 4010000 l/d
- 46.41 l/sg
- 4010 m^3/d
- 0.046 m^3/sg

Según los cálculos realizados el acueducto- Asociación Sucuneta prestará el servicio a un total de 25664 usuarios al 2039 es decir, a 25 años que aplica para el nivel de complejidad medio alto, a partir del 2014 en cuanto a diseño.

6.1.2 Caudal ecológico

El caudal ecológico es el excedente que se debe dejar libre y permanecer en las fuentes superficiales para proteger las condiciones ecológicas.

Para hallar el caudal ecológico se utilizó la siguiente formula:

$Q_E = Q_C - 30\% = Q_R - 30\% = Q_D$

Donde,

- Q_E = Caudal Ecológico
- Q_C = Caudal Constante
- Q_R = Caudal Reparto

$$Q_C = Q_R = Q_D$$

Q_E= 26 L/seg – 80 L/Seg = 106 L/Seg = 31.8 L/Seg = 74.2 L/Seg

El acueducto Asociación Sucuneta respecto al cuidado y preservación del caudal ecológico no tiene conocimiento cabe resaltar que el decreto 1541 de 1978 determina la importancia para proteger las condiciones ecológicas.

La fuente (Rio Guandoque) tiene una demanda actual de 21 l/s y su límite de uso para abastecer es de 74.2 l/ s conservando su caudal ecológico que es de 31.8 l/s.

4.1 Calidad del agua

Se elaboró una matriz de comparación sobre los parámetros de calidad de agua cruda y agua tratada (según normas RAS-2000, Decreto 1575/2007 y Res 2115/2007 de Min Psocial)

Tabla 31 Matriz de valoración muestra cruda

MATRIZ DE VALORACION						
PLANTA DE TRATAMIENTO SAN ANTONIO						
SITIO: Canaleta – Vereda San Antonio		**FECHA:** 28/ MARZO 2015			**HORA:** 5:35 PM	
Parámetros	**Muestra Cruda**	**RAS 2000**	**Decreto 1575/2007 Resolución 2115 /2007(valor máximo aceptable**	**Método**	**Cumple/ No cumple**	**Observaciones / Recomendaciones**
Absorción atómica						
Aluminio	0.01 mg/L de Al	60 mg/L	250 mg/L	Volumétrico	Cumple	
Calcio			60 mg/L			
Cobre		0.3 mg/L	1.0 mg/L			
Hierro total	4.52 01 mg/L de Fe		0.3 mg/L	Fotométrico	No cumple	Es un elemento esencial y es muy difícil que origine una amenaza para la salud, además es extraordinariamente común y

						se encuentra en grandes cantidades en suelos y rocas.
Magnesio		0.1 mg/L	36 mg/L			
Manganeso		3 mg/L	0.1 mg/L			
Zinc			3 mg/L			
Cromatografía						
Trihalometanos totales		0.2 mg/L	0.2 mg/L			
Físico – químicos						
Alcalinidad total	10 de $CaCo_3$	250 mg/L	200 mg/L	Volumétrico	Cumple	
Carbono orgánico total		5 mg/L	5.0 mg/L			
Cianuro libre y disociable			0.05 mg/L			
Cloro residual libre			0.3 mg/L			
Cloruros	5 mg/L		250 mg/L	Argentrometico	Cumple	
Color aparente	0 UPC	<10 UPC	15 UPC	Fotométrico	Cumple	
Dureza total	21 mg/L de $CaCo_3$	<50 UPC	0.3 mg/L	Volumétrico EDTA	Cumple	
Fluoruros		<1.2 mg/L	1.0 mg/L			
Fosfatos		0.5 mg/L	0.5 mg/L			

Nitratos			10 mg/L			
pH	6.86	6.5-8.5	6.5-8.5	Electrométrico	Cumple	
Sulfatos	14 mg/L		250 mg/L	Fotométrico		
Turbiedad	4.52NTU	<2 NTU	2 NTU	Nefelómetron	No Cumple	La turbidez le da un aspecto desagradable al agua que puede ser tomado como indicador de la presencia de algún contaminante microbiológico, este no tiene gran incidencia en la salud en bajas cantidades.
Microbiológicos						
Coliformes totales		0-50	0 UFC/100CM^3			

Tabla 32 Matriz de valoración muestra tratada						
MATRIZ DE VALORACION						
PLANTA DE TRATAMIENTO SAN ANTONIO						
SITIO: Pila- Vereda San Antonio		**FECHA**:28/ MARZO 2015		**HORA**: 5:35 PM		
Parámetros	**Muestra Tratada**	**RAS 2000**	**Decreto 1575/2007 Resolución 2115 /2007(valor máximo aceptable**	**Método**	**Observaciones**	**Recomendaciones**
Absorción atómica						
Aluminio	0.1mg/L	60 mg/L	250 mg/L	Volumétrico	Cumple	
Calcio			60 mg/L			
Cobre		0.3 mg/L	1.0 mg/L			
Hierro total	0.4 mg/L		0.3 mg/L	Fotométrico	No Cumple	Se debe minimizar la presencia de hierro ya que este produce decoloración en el agua y origina manchas y decoloración en las verduras durante la cocción además el hierro tiene un umbral de sabor bastante bajo para tan común elemento dando al agua un fuerte sabor desagradable que estropea la mayoría de las bebidas que se hacen con agua del grifo, el hierro se puede separar de la disolución por precipitación ,

						incrementando el pH antes de la filtración (Gray, 1994)
Magnesio		0.1 mg/L	36 mg/L			
Manganeso		3 mg/L	0.1 mg/L			
Zinc			3 mg/L			
Cromatografía						
Trihalometanos totales		0.2 mg/L	0.2 mg/L			
Físico – químicos						
Alcalinidad total	10 de $CaCo_3$	250 mg/L	200 mg/L	Volumétrico	Cumple	
Carbono orgánico total		5 mg/L	5.0 mg/L			
Cianuro libre y disociable			0.05 mg/L			
Cloro residual libre			0.3 mg/L			
Cloruros			250 mg/L			
Color aparente	0 UPC	<10 UPC	15 UPC	Fotométrico	Cumple	
Dureza total	22 de $CaCo_3$	<50 UPC	0.3 mg/L	Volumétrico EDTA	Cumple	
Fluoruros		<1.2 mg/L	1.0 mg/L		Cumple	
Fosfatos		0.5 mg/L	0.5 mg/L		Cumple	
Nitratos			10 mg/L		Cumple	

pH	6.82	6.5-8.5	6.5-8.5	Electrométrico	Cumple	
Sulfatos	73 mg/L		250 mg/L	Fotométrico	Cumple	
Turbiedad	1.76 NTU	<2 NTU	2 NTU	Nefelómetro	Cumple	
Microbiológicos						
Coliformes totales		0-50	0 UFC/100CM^3			

La planta san Antonio cumple con los rangos establecidos para los parámetros de calidad del agua que analiza según el marco legal vigente, pero durante eso periodo no se cumplió con el parámetro de hierro, ya que el sedimentador se encontraba en reparación.

El acueducto asociación Sucuneta no analiza todos los parámetros establecidos por el marco legal vigente, a continuación se identifican los parámetros que no se miden y la importancia de determinar las cantidades presentes en el agua para aumentar y garantizar la calidad del agua abastecida.

Tabla 33 importancia de los parámetros no analizados

PARAMETROS	IMPORTANCIA
Absorción atómica	
Calcio	Tiene consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana en cantidades altas
Cobre	Puede generar daños en las tuberías ya que es corrosivo, tiene implicaciones netamente económicas.
Magnesio	Tiene consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana en cantidades altas
Manganeso	Está presente la mayoría de veces en fuentes subterráneas, sin embargo es importante ya que el sabor que da el agua es inaceptable y una excesiva toma de este puede causar efectos psicológicos adversos particularmente neurológicos.
Zinc	En cantidades altas puede generar un efecto emético en la salud,
Cromatografía	
Trialometanos totales	La toma de este parámetro es necesaria, ya que si se exceden los valores máximos aceptables, se hace necesario identificarlos y evaluarlos porque

	generan efectos adversos en la salud humana.
Físico químicos	
Carbono orgánico total	Es necesaria la toma de este parámetro ya que tiene implicaciones sobre la salud humana ,cualquier incremento debe ser investigado por el prestador del servicio y la autoridad sanitaria con el fin de establecer un correcto tratamiento para su reducción
Cloro residual libre	Es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso por tal motivo es importante no superar la cantidad permitida ya que tendría afectación a la salud humana.
Cloruros	Estos no afectan la salud humana en sí, pero cabe resaltar que esta prueba es un indicador de contaminación. La concentración de cloruros en aguas superficiales , tiende a ser relativamente baja
Cianuro libre y disociable	La determinación de este parámetro es importante ya que son compuestos potencialmente tóxicos, que pueden liberar ácido cianhídrico, compuesto de máxima toxicidad para el ser humano
Fluoruros	Representan un riesgo alto en la salud humana por lo cual se realiza un riguroso seguimiento por parte de los entes reguladores, en caso de que

	sobrepasen los valores máximos aceptables.
Fosfatos	Estos constituyen parte de los nutrientes esenciales para muchos organismos autótrofos o fotosintéticos y , en este sentido pueden ocasionar eutrificacion que se conoce como el crecimiento desmedido de algunas especies vegetales como l buchón de agua
Nitratos	La determinación de los Nitratos en el agua de consumo humano es importante porque cuando estos se encuentran en concentraciones mayores 10ppm pueden causar, una enfermedad infantil conocida como metahemoglobinemia, además su presencia puede ocasionar fenómenos de eutrificacion en la fuente abastecedora.

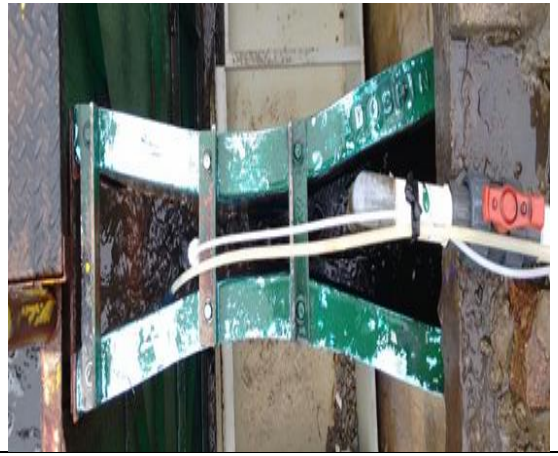
6.3 Análisis de la vida útil de las estructuras

Los resultados más relevantes de la descripción del estado de las estructuras del acueducto –Asociación Sucuneta, dicha descripción fue realizada por medio del registro fotográfico de las estructuras y también a través de entrevistas con funcionarios de la PTAP- San Antonio. De este modo se consiguió una visión mayor y actual frente al estado de las estructuras y del funcionamiento como tal.
Para dicho fin, se diseñó una tabla donde se estimó la vida útil de las estructuras de la PTAP, con base en el ejercicio que se desarrolló y con ayuda de soportes técnicos de dichas estructuras.

Tabla 34 Estimación vida útil de las estructuras

Nombre de La estructura	***Descripción***	***imagen***	***Vida útil estimada***
Bocatoma	Tipo fondo rejilla para retener solidos flotantes con capacidad de 26 L/S		Se estima que de seguir tendrá una vida útil de 15 años más, ya que actualmente está captando 21 L/S y su cercanía a la PTAP – San Antonio facilita su mantenimiento preventivo y supervisión.

Línea de conducción *(Macro medidores)*	Posee una línea de conducción de *300 metros* desde la bocatoma hasta la planta San Antonio con *un diámetro 6 de pulgadas* con capacidad de conducción de 22 L/S y cuyo *material es de PVC*		15 años si se realizan los adecuados mantenimientos periódicos
Laboratorio	Cuenta con instrumentos para la medición de pH , color y turbiedad		15 a 20 años si se da un adecuado uso a los instrumentos

Canaleta Parshall	Se aplica policloruro de aluminio como coagulante y cuando el pH es muy alto, se adiciona soda cáustica para bajarlo		Entre 20 y 25 años, sujeta a mejoras estructurales
Floculador	floculadores de tipo Alabama con flujo ascendente		10 años si se realiza el correcto mantenimiento y limpieza, este tipo de floculadores no son comunes por su diseño

Filtros	conformados por una sección de piedras, arena y carbón activado (antracita)		15 años si se realiza el correcto mantenimiento y limpieza
Tanque de almacenamiento	Estructura en concreto reforzado		Entre 20 y 25 años, sujeta al periodo para el que fue diseñada

7 MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO PTAP- San Antonio

Este manual contiene instrucciones para la operación, dosificación y mantenimiento de la planta de tratamiento, con el fin de facilitar las actividades que se deben realizar diariamente, periódicamente y eventualmente para prevenir daños y alargar la vida útil de las estructuras.
Véase Anexo 1

8 CONCLUSIONES

- Se identificaron las principales características de los cinco municipios y la población abastecida por el sistema con el fin de determinar la cobertura, cantidad y continuidad de la prestación del servicio; el municipio con mayor cobertura es Nemocon, seguido de Tausa y el de menor cobertura es Cogua, ya que fue uno de los últimos municipios en ser parte del acueducto. El servicio para los cinco municipios se presta las 24 horas continuas, y en invierno en algunos casos se suspende el servicio en las 22 veredas abastecidas por el alto nivel de turbiedad en las fuentes abastecedoras.

- Basados en los parámetros de calidad del agua para la fuente de abastecimiento, el rio Guandoque se considera aceptable, según la normatividad legal vigente y en cuanto al análisis de calidad del agua, se identificó el incumplimiento del parámetro hierro en las muestras tratadas, además el acueducto no realiza en su totalidad las pruebas para la determinación de agentes químicos del agua, puede poner en riesgo la salud de los usuarios del sistema de abastecimiento, ya que no existe un debido control frente a agentes externos que pueden contaminar el agua captada y por ende se genera un riesgo inminente para la población rural donde los grupos más vulnerables son: los niños, las mujeres en estado de embarazo y los adultos mayores

- Según información suministrada por funcionaros del acueducto Asociación Sucuneta el sistema actualmente requiere un caudal de 30 l/s y la demanda de agua para el sistema es de 33.38 L/s. El caudal de captación con el cual opera el acueducto Asociación Sucuneta satisface a la totalidad de los usuarios del sistema, y tiene las proporciones suficientes para soportar épocas fuertes de escasez de lluvias. Se estimó que el caudal demandado por el sistema para el año 2039 será de 46.41L/s, lo que indica que el acueducto deberá mejorar y expandir su infraestructura.

- Como apoyo a la PTAP y como producto del análisis de los procesos y funciones, se elaboró un Manual de operación y mantenimiento con el fin de facilitar el desarrollo y correcto funcionamiento de la misma.

9 RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento exhaustivo de las unidades de la PTAP para evitar futuros daños

- Capacitar a los directivos y operadores del sistema en el manejo y operación de la infraestructura y la importancia del agua a nivel ambiental. así lograr un funcionamiento adecuado y obtener al final agua potable de calidad para la comunidad abastecida.

- Asegurar de manera constante el caudal a tratar, y la dosificación requerida para el mismo.

- Realizar pruebas para la determinación de sustancias químicas en el agua que podrían afectar la salud de la población

- Realizar un análisis de todos los parámetros una vez al mes, llevando un control de estos para el cumplimiento de la normatividad vigente

- Aunque el hierro es un metal extraordinariamente común, se recomienda tener un mayor control de este parámetro ya que al haber exceso de hierro las partículas se sedimentarán en el fondo del tanque decolorando el agua, y el agua tendrá un sabor desagradable.

- Seguir el procedimiento plasmado en el manual de operaciones y mantenimiento PTAP- San Antonio para una correcta toma de muestras y su debida preservación

10 ANEXO “MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SAN ANTONIO-ASOCIACION SUCUNETA”

11 BIBLIOGRAFIA

Castillo, O. (5 de Septiembre de 2016). *La Asociatividad de las JASS*. Obtenido de La Asociatividad de las JASS: http://www.abes-dn.org.br/eventos/saneamento-rural/palestras/PIII_Oscar_Castilho_BIRD.pdf

Cogua, A. d. (4 de 9 de 2016). *Alcaldia de Cogua- Cundinamarca*. Obtenido de Alcaldia de Cogua- Cundinamarca: http://www.cogua-cundinamarca.gov.co/index.shtml

Cucunuba, A. d. (3 de 9 de 2016). *Alcaldia de Cucunuba- Cundinamaca*. Obtenido de Alcaldia de Cucunuba- Cundinamaca: http://www.cucunuba-cundinamarca.gov.co/index.shtml

Gray, N. (1994). *Drinking water quality. Problems and Solutions.* España: Acribia S.A.

Guillermo Nelson, H. S. (2005). *diseño para construccion del sistema de acueductopara el municipio de Tausa Cundinamarca.* Colombias: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.

Leon, J. A. (2005). *Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales.* Bogota D.C: Fondo de pueblicaciones Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.

R, C. D. (5 de Septiembre de 2016). *El Tiempo*. Obtenido de El Tiempo: http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-116938

SENA. (15 de agosto de 2016). *Operacion y mantenimiento de plantas de potabilizacion de agua*. Obtenido de Operacion y mantenimiento de plantas de potabilizacion de agua: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html

SENA. (22 de Agosto de 2016). *Operacion y mantenimiento de sistemas de agua potable*. Obtenido de Operacion y mantenimiento de sistemas de agua potable: http://www.avina.net/avina//wp-content/uploads/2013/03/MODULO-5-OK.pdf

Sucuneta, A. (10 de Septiembre de 2016). *La Asociación de Usuarios de Sucuneta*. Obtenido de La Asociación de Usuarios de Sucuneta: http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/colombia/asociacion.pdf

Sutatausa, A. d. (5 de 8 de 2016). *Alcaldía de Sutatausa - Cundinamarca*. Obtenido de Alcaldía de Sutatausa - Cundinamarca: http://sutatausa-cundinamarca.gov.co/index.shtml

Tausa, A. d. (1 de 09 de 2016). *Alcaldía de Tausa - Cundinamarca*. Obtenido de Alcaldía de Tausa - Cundinamarca: http://www.tausa-cundinamarca.gov.co/index.shtml#4

territorial, M. d. (15 de Julio de 2016). *Aplicacion de la propuesta metodolocia de zonificacion ambiental de cuencas hidrograficas estudio de caso subcuenca del rio Neusa*. Obtenido de Aplicacion de la propuesta metodolocia de zonificacion ambiental de cuencas hidrograficas estudio de caso subcuenca del rio Neusa: www.pomca.com.co/cms/index.php/biblioteca/documentos-de-interes