

DISEÑO DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL  
ACUEDUCTO COMUNITARIO DE LA VEREDA AGUALINDA CHIGUAZA

NELSON FABIAN RAIGOSO GÓMEZ  
MARÍA FERNANDA HERNÁNDEZ SUAREZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS  
BOGOTÁ D.C

2018

DISEÑO DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL  
ACUEDUCTO COMUNITARIO DE LA VEREDA AGUALINDA CHIGUAZA

NELSON FABIAN RAIGOSO GÓMEZ  
MARÍA FERNANDA HERNÁNDEZ SUAREZ

Trabajo de grado por optar el título de Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos

Directora

Ing. Yolima del Carmen Agualimpia Dualiby Ph D. Ciencias técnicas

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS  
BOGOTÁ D.C

2018

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen	
Introducción	
1. Objetivos.....	1
1.1 Objetivo general.....	1
1.2 Objetivos específicos.....	1
2. Generalidades.....	2
2.1 Antecedentes.....	2
2.2 Problema.....	2
2.3 Justificación.....	4
3. Marco referencial.....	4
3.1 Marco teórico.....	4
3.1.1 Procesos de potabilización de agua en una PTAP.....	4
3.1.2 Estándares de calidad del agua para consumo humano (resolución 2115 de 2007). ....	15
3.1.3 Planta de tratamiento de agua potable (PTAP).....	20
3.1.4 Acueductos comunitarios.....	21
3.1.5 Vereda Agualinda Chiguaza.....	27
3.2 Marco legal.....	30
3.2.1 Normativa general para la constitución y formalización de la asociación.....	30
3.2.2 Normativa sobre calidad de agua.....	32
3.2.3 Normativa sobre servicios públicos aplicables.....	33
3.2.4 Normatividad interna.....	33
3.3 Marco institucional.....	33
3.3.1 Secretaria De Hábitat.....	33
3.3.2 Asociación de usuarios de la Vereda Agualinda Chiguaza.....	34
3.3.3 Secretaria distrital de salud.....	36
4 Metodología de la investigación.....	37
4.1 Fase I. Descripción.....	38
4.2 Fase II. Análisis.....	38

4.3 Fase III. Diagnóstico. ....	38
4.4 Fase IV. Plan de mejoramiento. ....	42
5 Fase I. Descripción de la infraestructura y de los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la Vereda Agualinda Chiguaza. ....	43
5.1 Descripción de la infraestructura de la PTAP. ....	43
5.2 Descripción de procesos presentes en la PTAP. ....	50
6. Fase II. Análisis de la infraestructura y de los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la Vereda Agualinda Chiguaza. ....	52
6.1 Análisis de la infraestructura de la PTAP. ....	52
6.2 Análisis de los procesos presentes en la PTAP. ....	54
7 Fase III. Diagnóstico del estado de las estructuras y de los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la Vereda Agualinda Chiguaza. ....	56
7.1 Diagnóstico de infraestructura y procesos presentes en la PTAP. ....	56
7.2 Diagnóstico general de funcionamiento de la PTAP. ....	59
8 Fase IV. Plan de mejoramiento. ....	60
8.1 Daños y deterioros encontrados en las estructuras y procesos del acueducto. ....	61
8.2 Alternativas de solución. ....	62
8.2 Proyecto por fases. ....	64
9 Conclusiones. ....	71
10 Bibliografía. ....	72
11 Anexos. ....	76
11.1 Lista de chequeo N° 1. Identificación de infraestructuras. ....	76
11.2 Lista de chequeo N° 2. Identificación de procesos. ....	77
11.3 Matriz N° 1. Descripción de infraestructuras. ....	78
11.4 Matriz N° 2. Descripción de procesos. ....	79
11.5 Matriz de análisis N° 1. Estado de las infraestructuras. ....	81
11.6 Matriz de análisis N° 2. Estado de los procesos. ....	82
11.7 Entrevista operador de la PTAP. ....	83
11.8 IRCA. ....	88
11.9 Plano N° 1. Bocatoma. ....	89
11.10 Plano N° 2. Desarenador. ....	90
11.11 Plano N° 3. PTAP vista anterior. ....	91

11.12 Plano N° 4. PTAP vista posterior. ....	92
11.13 Plano N° 5. Tanque de almacenamiento .....	93
11.14 Cotización. ....	94
11.15 Manual de operación y mantenimiento del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza. ....	96

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Calidad de la fuente. ....	5
Imagen 2. Los acueductos comunitarios, como entidades sociales complejas .....	23
Imagen 3. Número de acueductos comunitarios y otros sistemas de abastecimiento por localidad. Bogotá. 2015 .....	26
Imagen 4. Veredas localidad de Usme, Bogotá D.C, 2005 .....	30
Imagen 6. Rejilla bocatoma .....	44
Imagen 5. Bocatoma.....	44
Imagen 8. Desarenador.....	45
Imagen 10. Planta de potabilización Chiguaza. ....	46
Imagen 11. Bandeja de Aireación. ....	47
Imagen 12. Cono de mezcla rápida (coagulación) .....	47
Imagen 13. Sistema modular de sedimentación.....	48
Imagen 14. Filtro. ....	48
Imagen 15. Tanque de cloración. ....	49
Imagen 16. Tanque de almacenamiento. ....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas .....	15
Tabla 2. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana. ....	16
Tabla 3. Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana. ....	17
Tabla 4. Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana. ....	17
Tabla 5. Características microbiológicas .....	19
Tabla 6. Variables. ....	39
Tabla 7. Valores para evaluación del diagnóstico. ....	40
Tabla 8. Grado de priorización de daños. ....	43
Tabla 9. Tiempo de ejecución. ....	43
Tabla 10. Variables. ....	56
Tabla 11. Eficiencia General de las Variables. ....	57
Tabla 12. Grado priorización de daños. ....	64
Tabla 13. Priorización de daños. ....	64
Tabla 14. Fase I. Plan de mejoramiento. ....	66
Tabla 15. Fase II. Plan de mejoramiento. ....	68
Tabla 16. Fase III. Plan de mejoramiento. ....	69
Tabla 17. Síntesis presupuestal. ....	70

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de decisiones internas en la asociación .....	35
Ilustración 2. Aplicación del método volumétrico .....	97



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1. Eficiencia general.....	41
Grafico 2. Estado de la infraestructura.....	41
Grafico 3. Eficiencia de la variable procesos.....	42
Grafico 4. Eficiencia general.....	57
Grafico 5. Estado de la infraestructura.....	58
Grafico 6. Eficiencia de procesos.....	59
Grafico 7. Diagnóstico de los procesos.....	59
Grafico 8. Diagnóstico de la infraestructura.....	60
Grafico 9. Diagnóstico General.....	60

## **Resumen.**

En el presente trabajo se realizara un reconocimiento, descripción, análisis y diagnóstico de estructuras y procesos que se llevan a cabo en la planta de tratamiento de agua potable de la asociación de usuarios del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza, ubicado en la localidad quinta de Usme de la ciudad de Bogotá D.C.

Buscando el diseño de un plan de mejoramiento para el acueducto comunitario que en los últimos años se ha deteriorado tanto en su infraestructura y como por ende en sus procesos. Además de presentar fayas administrativas que dificultan el cambio de activos por vida útil afectada.

Surge la necesidad de ahondar los conocimientos adquiridos a poblaciones con necesidad en tiempo real, de asuntos tan indispensables como lo es la potabilización del agua para consumo humano. El presente trabajo se basa en tres objetivos específicos, que llevaran al desarrollo ordenado, para finalmente proveer soluciones optimas, que ayuden al mejoramiento de las instalaciones de la planta de tratamiento.

En primera instancia, se realizara el reconocimiento de la planta de tratamiento de agua potable de dicho acueducto comunitario, que permita establecer un panorama del estado de las infraestructuras y de los procesos que se llevan a cabo en las mismas , para de esta manera cumplir el primer objetivo, que es: describir la infraestructura y los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza; para la realización del mismo se tendrá el acompañamiento del personal de la asociación y cualquier acto formal que evidencie el trabajo realizado.

Siguiendo el lineamiento de los objetivos se realizara un análisis general de la infraestructura y de cada uno de los procesos que se lleven a cabo en la planta de potabilización de acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza; permitiendo determinar las ineficiencias y daños, generando así un campo de alternativas de solución que permita retomar en la Planta su óptimo funcionamiento.

Por otro lado, y como base fundamental de este trabajo, el objetivo número tres, especifica diagnosticar el estado de las estructuras y de los procesos de tratamiento la planta de potabilización del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza, lo que permite comprender la situación actual de acueducto y proponer medidas de acción para el mejoramiento de los aspectos que estén alterando el funcionamiento óptimo de la planta.

El trabajo ha sugerido varios procedimientos que desde su inicio asegura la responsabilidad con la entidad prestadora del servicio público de agua (Asociación de usuarios del acueducto de la vereda Agualinda Chiguaza), quienes recibieron la propuesta y decidieron acoger el proyecto y colaborar de forma grata con información, visitas al lugar de análisis y reuniones, que permitieron el desarrollo del mismo.

**Palabras clave:**

- PTAP (planta de tratamiento de agua potable).
- Proceso.
- Potabilización.

## **Introducción.**

Históricamente el desarrollo de las más grandes civilizaciones estuvo marcado por los retos que implicaba la gestión del agua, partiendo de esta necesidad, fue imperativa la indagación y creación de técnicas que permitieran dar soluciones eficaces y sostenibles a los desafíos que afrontaban estas sociedades crecientes.

Una de las soluciones más eficientes, tanto ingenieril como económicamente viable, fue la planificación del lugar donde se realizarían los asentamientos, velando que existiera una fuente natural de agua que circundara o atravesara dicho lugar, lo que permitió la realización de conducciones artesanales del agua por medio de canales.

Debido a las condiciones climatológicas, hidrológicas o topográficas de algunos lugares, no fue posible la planificación de los asentamientos, y esto originó nuevos problemas para la gestión del agua.

Grandes civilizaciones como la Griega, Egipcia y Romana gracias a su avanzado desarrollo ingenieril encontraron maneras de solucionar estos problemas; construyendo cisternas que podían almacenar grandes cantidades de agua para consumo humano, además de imponentes acueductos canalizando las aguas desde lugares remotos hasta la cuna de sus ciudades, lo que representó el crecimiento y la evolución de sus comunidades.

En las sociedades actuales la gestión del agua continúa siendo un elemento fundamental en términos de calidad de vida y desarrollo social sostenible. Grandes compañías se encargan de la captación, conducción, tratamiento y distribución del agua potable en cada una de las ciudades y centros urbanos en desarrollo.

Las corporaciones se clasifican dentro de las empresas de servicios públicos domiciliarios, las cuales son reguladas por el estado. Debido al incremento poblacional y al gran desarrollo urbanístico, existen lugares donde aún no existe cobertura total o parcial del servicio público. En respuesta a esta situación, las comunidades afectadas han generado alternativas locales para hacer frente a esta problemática, como los acueductos comunitarios, los cuales garantizan el acceso al recurso hídrico en las periferias urbanas, rurales y lugares de difícil acceso, pues ante todo son construcciones populares en torno a la gestión del agua que hacen parte de los territorios sociales en veredas, resguardos indígenas, territorios de comunidades negras y barrios de las diferentes regiones y ciudades del país.

Los acueductos comunitarios suelen desarrollar problemáticas estructurales, administrativas y operativas; en la mayoría de los casos por la falta de mano de obra calificada y por problemas económicos derivados de una mala administración.

Este fue el punto de partida de la presente investigación “Diseño del plan de mejoramiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza” la cual busco diagnosticar el estado de la infraestructura y los procesos de tratamiento en la PTAP, para

generar una propuesta de mejoramiento aplicable a las necesidades encontradas, de tal forma que se avance en términos de eficiencia y eficacia en los procesos presentes en la planta.

En el acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza, ubicado en la localidad quinta de Usme, fue imperativo generar propuestas de mejoramiento de los procesos de tratamiento, en busca de que la administración del sistema reciba instrucción y aplique de forma autónoma y oportuna las recomendaciones dadas para aumentar la eficiencia de sus procesos y el mejoramiento de su infraestructura.

Para dar contexto al tema de investigación se formuló un marco de referencia que incluyó de manera estructurada aspectos relacionados con: procesos de potabilización, estándares nacionales de calidad del agua y normatividad sobre acueductos comunitarios, de tal forma que se obtuvo un panorama teórico que sustentó el desarrollo de los siguientes objetivos: describir, analizar y diagnosticar la infraestructura y los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.

El cumplimiento de estos objetivos estuvo guiado por un diseño metodológico de enfoque cuantitativo distribuido en cuatro fases, comenzando por una descripción completa de cada uno de los procesos de tratamiento presentes en la PTAP, así como de la infraestructura involucrada. Posteriormente se propuso una fase analítica que conllevó a comprender el estado real de la PTAP acudiendo a diferentes instrumentos de investigación que permitieron la recolección de información para su posterior análisis. En una tercera fase se presentó el diagnóstico general de los procesos e infraestructuras presentes en la PTAP. Finalmente en la propuesta de mejoramiento se brindaron soluciones puntuales a aquellas situaciones problema encontradas.

Esta investigación tiene como marco institucional la tecnología en gestión ambiental y servicios públicos; y del mismo modo como eje problema el manejo integral del recurso hídrico que es un aspecto de mucha relevancia en la actualidad debido a los cambios climatológicos y ecosistémicos que tienen mucho impacto en la gestión del agua.

Como resultado del trabajo y con el apoyo de un análisis teórico- conceptual, se presentaron las conclusiones siguiendo las percepciones encontradas teniendo en cuenta aspectos fundamentales en el buen funcionamiento de una PTAP.

De este modo, esta investigación constituyó una propuesta de mejoramiento que propone las medidas de acción necesarias para corregir o mitigar los aspectos que estuvieron alterando el funcionamiento óptimo de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.

## **1. Objetivos.**

### **1.1 Objetivo general**

Diseñar plan de mejoramiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la Vereda Agualinda Chiguaza.

### **1.2 Objetivos específicos.**

- 1 Describir la infraestructura y los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.
- 2 Determinar la infraestructura y los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.
- 3 Diagnosticar el estado de las estructuras y de los procesos de tratamiento la planta de potabilización del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.

## **2. Generalidades.**

### **2.1 Antecedentes.**

Dando cumplimiento a la Constitución Política de Colombia en su capítulo 5, “de la finalidad social del estado y servicios públicos”, y sus normas que de allí desprenden: ley 142 de 1994 “régimen de servicios públicos”, decreto 421 del 2000, “en relación con las organizaciones autorizadas para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas”, decreto 552 del 2011, “Por el cual se dictan medidas para mejorar las condiciones de prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico por parte de comunidades organizadas en acueductos comunitarios”; se constituye informalmente hacia el año 2005 la asociación de usuarios del acueducto de la vereda Agualinda Chiguaza- ASOAGUALINDA, brindando una solución temporal a la comunidad, mediante un acueducto artesanal que permite únicamente realizar la distribución de agua, desde un “nacedero” que se conecta a la quebrada Chiguaza (fuente abastecedora actual del acueducto), a las viviendas, brindando de esta manera un agua segura, (entiéndase por segura, que no causa daños a la salud humana).

Para los siguientes tres años se inician labores de formalización y reconocimiento ante entidades tales, como la secretaria de Hábitat, la secretaria de salud, la alcaldía local de Usme, y demás entes que permiten su legalización hacia el año 2008, dotada ya para este año con un grupo de estructuras que permiten darle paso a la asociación a actividades tales como la concesión de agua ante la corporación autónoma regional de Cundinamarca- CAR, capacitación de operario ante la secretaria de hábitat, cobro del servicio mediante fórmula tarifaria, regida y expida por la Comisión de regulación de acueducto y saneamiento básico – CRA, y la otorgación de subsidios y mínimo vital.

### **2.2 Problema.**

De Acuerdo con la ASOCIACION DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO COMUNAL DE LA VEREDA CHIGUAZA, (2007), el sistema de Acueducto de la vereda Agualinda Chiguaza ubicado en la zona rural de la localidad quinta de Usme, cuenta en la actualidad con 145 suscriptores. Su sistema de Acueducto está constituido por las estructuras de captación, desarenador, una PTAP con capacidad para tratar un caudal aproximado de 3.0 litros/segundo y 7.674 metros lineales de tuberías.

El acueducto presenta varias falencias de tipo funcional y estructural que afectan la operación del mismo, lo cual se refleja en la calidad del agua que distribuye. Las falencias que presenta el acueducto son las siguientes:

- La dosificación de coagulante no se realiza en el lugar más adecuado, dificultando los procesos posteriores al mismo. En el análisis realizado se encuentra que la dosificación del coagulante (sulfato de aluminio), se aplica después de donde debe ocurrir el proceso floculación, es decir que al no ser aplicado correctamente el coagulante, los procesos de coagulación y floculación no se están desarrollando.
- El sistema de retro lavado del Sistema modular de sedimentación y del filtro no se encuentran en funcionamiento, por ende se realiza un lavado de forma manual comprometiendo la estructura y la eficiencia del Sistema modular de sedimentación y el filtro. Los retro lavados que se identifica en la planta de tratamiento, presentan un daño causado por sucesivos golpes de ariete, esto dado las malas prácticas que se usan para la conservación de las estructuras, y además la falta de capacitación que no recibió el operario, por voluntad propia. Actualmente el lavado del filtro es manual, se utiliza una herramienta particular y usual en la vida diaria, un trozo de madera; este se usa como artefacto punzante hacia el filtro, que además de forzar la evacuación de los lodos formados en el filtro, también mezcla las capas del filtro, dando paso a la afectación consiente de un activo y su vida útil; así mismo el lavado del Sistema modular de sedimentación, se realiza con un cepillo ancho que rompe las láminas paralelas.
- Falta de mantenimiento en algunas estructuras y accesorios (tuberías, registros, sistemas de desagüe y tanques). Las tuberías y accesorios encontrados en la planta son de acero galvanizado, en estas se encontraron afectaciones de tipo de oxidación y corrosión, debido a dos malas prácticas; la primera de ellas tiene que ver con el ítem anterior, al realizar el retro lavado de forma manual, se ocasionan estancamientos de agua contaminada, que llega a niveles tales, que tapa las tuberías de desagüe e incluso las tuberías de entrada del agua cruda a la planta y las tuberías de salida de agua tratada que van al tanque de almacenamiento. La segunda razón tiene que ver con el mal uso de los insumos, que al ser aplicados, son vertidos a las tuberías, a veces por rebose del agua en los tanques o por descuido propio del operario.
- Presencia de fugas en la PTAP. Esto es provocado por el retro lavado manual del filtro, las corrosiones de las tuberías, el rebose en los tanques y por falta de mantenimiento de las tuberías y accesorios en general.
- Presencia de grietas en estructuras tales como, la bocatoma, desarenador y tanque de almacenamiento, que aún no presentan fugas de agua, pero requieren soluciones.
- De 6 válvulas existentes, tres se encuentran con afectaciones leves, y tres se encuentran con daños considerables que impiden su manipulación, ya que se encuentran corroídas por apozamiento de agua en las cajas de protección.
- En cuanto a seguridad ocupacional, hay una escalera soldada al tanque de sedimentación que permite el acceso al dosificador del coagulante, esta se encuentra sin protección de espalda, aumentando el riesgo de accidentalidad para el operario.
- Falta de macro-medidor de entrada a la PTAP, que controle el caudal entrante, y minimice el rebose del agua en los tanques.



### **2.3 Justificación.**

Debido al reducido tamaño de los sistemas de acueductos veredales, comparados con las grandes empresas prestadoras del servicio público de acueducto, estos tienden a tener falencias debido a la complejidad de sus estructuras, ya que estas necesitan de una operación y un mantenimiento específico que en la mayoría de los casos no se evidencia por la falta de apoyo y seguimiento a la labor de los operarios de estas PTAP veredales.

Es importante asegurar que las empresas encargadas de suplir el servicio de acueducto mantengan una eficiencia constante en cada uno de sus procesos; así como unas adecuadas estructuras que les permita lograr la mejor calidad del servicio, en términos de calidad del agua, continuidad del servicio y reducción de los costos adjudicados al tratamiento.

Desde este punto de vista las empresas encargadas de prestar el servicio público de acueducto, deben ejecutar cada uno de sus procesos de manera eficaz, asegurando no solo la calidad de su producto, sino también la reducción de los costos que involucran sus actividades.

## **3. Marco referencial.**

### **3.1 Marco teórico.**

#### **3.1.1 Procesos de potabilización de agua en una PTAP.**

En este apartado se entenderá por procesos de tratamiento a todos aquellos procesos que se llevan a cabo en una planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

En una PTAP puede existir una gran variedad de procesos de tratamiento, los cuales obedecen al grado de tratamiento que se utilice (ver imagen 1.) y estos a su vez dependen directamente de la calidad de la fuente de abastecimiento.

De modo que los procesos que se utilicen en una PTAP pueden variar de unas plantas a otras dependiendo de la calidad del agua que se va a tratar; esto crea una gran variedad de plantas potabilizadoras que se diferencian en estructura y funcionamiento.

Para el diseño y creación de una PTAP es necesario realizar un análisis físico-químico a una muestra de agua extraída de la fuente de la cual se va a abastecer la PTAP, de modo que dependiendo de las condiciones de la fuente, se establezcan que procesos y estructuras son necesarias para potabilizar el agua.

Imagen 1. Calidad de la fuente.

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
<b>DBO 5 días</b>	3630					
Promedio mensual mg/L			≤ 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4	>4
Máximo diario mg/L			1 - 3	3 - 4	4 - 6	>6
<b>Coliformes totales (NMP/100 mL)</b>						
Promedio mensual		D-3870	0 - 50	50 - 500	500 - 5000	> 5000
<b>Oxígeno disuelto mg/L</b>	4705	D-888	≥ 4	≥ 4	≥ 4	< 4
<b>PH promedio</b>	3651	D 1293	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
<b>Turbiedad (UNT)</b>	4707	D 1889	< 2	2 - 40	40 - 150	≥ 150
<b>Color verdadero (UPC)</b>			< 10	10 - 20	20 - 40	≥ 40
<b>Gusto y olor</b>		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
<b>Cloruros (mg/L - Cl)</b>		D 512	< 50	50 - 150	150 - 200	300
<b>Fluoruros (mg/L - F)</b>		D 1179	< 1.2	< 1.2	< 1.2	> 1.7
<b>GRADO DE TRATAMIENTO</b>						
- Necesita un tratamiento convencional			NO	NO	SI, hay veces (ver requisitos para uso FLDE : literal C.7.4.3.3)	SI
- Necesita unos tratamientos específicos			NO	NO	NO	SI
- Procesos de tratamiento utilizados			(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3) = Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación+ Filtración Rápida] o [Filtración Lenta Diversas Etapas] + (1)	(4) = (3) + Tratamientos específicos

Fuente. RAS 2000 SECCIÓN II Título C

### 3.1.1.1 Grado de tratamiento y procesos de tratamiento.

El grado de tratamiento depende directamente de la calidad de la fuente de abastecimiento. La selección de los procesos de tratamiento se realiza teniendo en cuenta los estudios de tratabilidad en donde se lleva a cabo pruebas de laboratorio para determinar los tratamientos a los que deba ser sometida el agua.

Estas pruebas de laboratorio se deber realizar con muestras tomadas por al menos un ciclo hidrológico, de este modo se determina el comportamiento de ciertos procesos frente a cualquier variabilidad en la calidad del agua cruda; cambios tales como turbiedad, color, olor, pH, alcalinidad, temperatura, entre otros.

Para efectos de este trabajo no se pretende profundizar que procesos de tratamiento se deben utilizar en función de la calidad del agua cruda de la fuente; pero esta información esta disponibles para la consulta del lector en el titulo A del RAS 2000 en el literal A.11.2.2 (Procesos mínimos de tratamiento en función de la calidad del agua de la fuente).

A continuación se presentaran uno a uno los procesos que se pueden encontrar en el sistema de una PTAP:

- a. Proceso de captación de agua cruda: este proceso se utiliza para la toma constante de una cantidad de agua cruda de la fuente de abastecimiento. Según el origen de las aguas, las fuentes de abastecimiento pueden ser subterráneas, superficiales, de mar y meteóricas.
- Subterráneas: corresponde a la captación de agua en el nivel de saturación y acuíferos. Esta se realiza mediante manantiales, galerías filtrantes o pozos (excavados).
  - Superficiales: corresponde a la captación de agua en ríos, lagos, lagunas, quebradas, embalses naturales y artificiales. Esta se realiza mediante la implementación de bocatomas de captación, las cuales pueden ser transversales, de fondo, laterales con bombeo, laterales por gravedad (canal de derivación) y captación por sifonamiento.
  - De mar: corresponde a la captación de agua de mares y océanos. De acuerdo con Elinsubca Ingeniero Elena S. *Tomas submarinas de agua en PEAD*. Elinsubca. Recuperado de: <http://www.elinsubca.com/>. Esta se realiza mediante el sistema de vasos comunicantes, que consiste en un tanque o fosa construido por debajo del nivel del mar que conectado al mismo por medio de una tubería de HDPE (polietileno de alta densidad) y un filtro que impide la entrada de partículas gruesas.
  - Meteóricas: corresponde a la captación de aguas inmediatas de la atmósfera, generalmente esta se realiza mediante la recolección en techos y estructuras impermeables, seguido de un tratamiento o semitratamiento según sea la finalidad de las mismas.

De acuerdo con FAO (Marcos J, Vieira). (2013). TÉCNICAS DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA. En CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA (87-89). Chile: ISBN 978-92-5-307580-5. Las técnicas de captación de las aguas lluvias se pueden agrupar en las siguientes modalidades dependiendo de la fase del ciclo hidrológico en que se requiera hacer la captación:

- Microcaptación: consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro de un área determinada (área relativamente pequeña).
- Macrocaptación: consiste en captar la escorrentía superficial generada dentro de un área determinada (área relativamente más grande que el área usada en la microcaptación).
- Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas: consiste en la captación y derivación de manantiales y cursos de agua (nacientes, arroyos, embalses).
- Cosecha de techos de vivienda y otras estructuras impermeables: consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables.
- Captación de aguas subterráneas: consiste en el aprovechamiento del agua subterránea en regiones con déficit hídrico.
- Freáticas y captación de aguas atmosféricas: cuando el clima y la orografía lo permiten, es posible la captura de la humedad atmosférica que se desplaza cerca de la superficie terrestre en forma de niebla.

- b. Proceso de aducción de agua cruda por gravedad: este proceso se utiliza para la conducción del agua cruda posterior a su captación hasta estanques de almacenamiento o la PTAP donde continúa su pretratamiento o tratamiento según sea el caso de las instalaciones.

La aducción se puede presentar de dos maneras:

- Conducción por canales y conductos con superficie libre, cuya característica principal es que el conducto o canal está sometido a la presión atmosférica.
- Conducción por conductos cerrados; estos conductos generalmente trabajan a tubo lleno y mantienen una presión igual a la presión atmosférica, para ello en ocasiones es necesario instalar en la línea de conductos válvulas de quiebre de presión, entre otros equipos e infraestructuras.

- c. Proceso de bombeo del agua cruda: en algunos casos, cuando la topografía no permite realizar una aducción por gravedad, es necesario la implementación de equipos mecánicos, mediante la instalación de estaciones de bombeo.

También se pueden encontrar estaciones de bombeo en diferentes procesos; como en la distribución, en los casos en que no exista distribución por gravedad entre otros.

- Medición de caudal (aforo): este no hace parte de un proceso de potabilización, pero es muy impórtate su aplicación para temas administrativos y otros. El aforo se realiza para medir la cantidad de agua cruda que ingresa a la PTAP; generalmente este proceso se hace mediante la implementación de una canaleta parshall, un macro medidor de flujo horizontal entre otras estructuras que permiten medir el caudal mediante la aplicación de modelos matemáticos.

### ***3.1.1.2 Tratamiento para remover características físicas (clarificación).***

- a. Proceso de remoción de material flotante: este proceso se utiliza cuando se requiere retirar del agua el material flotante o sobrenadante para que este no interfiera en los procesos posteriores de tratamiento. La remoción del material flotante se hace mediante la implementación de rejillas, mallas y trampas de grasas y aceites.
- b. Proceso de remoción del material suspendido: este proceso se utiliza cuando se requiere retirar del agua el material suspendido, tal como arcillas, algas y otros materiales que pueden interferir en los posteriores procesos de tratamiento. La remoción del material suspendido se hace mediante la implementación de desarenadores, presedimentadores con o sin aplicación de químicos, prefiltros o microtamises, dependiendo de las condiciones de la fuente.
- c. Proceso de oxidación: este proceso se utiliza cuando se requiere modificar la concentración de sustancias volátiles que puedan estar presentes en el agua cruda. Este proceso puede realizarse mediante la aeración u oxidación química, la aeración se hace mediante la implementación de

bandejas de carbón coque y la aireación forzada mediante la inyección de aire comprimido o la aeración mecánica.

- d. Proceso de coagulación-mezcla rápida: este proceso consiste en la adición de un coagulante (sustancia que al agregarse al agua induce la desestabilización de las partículas coloidales) el cual es mezclado homogéneamente adicionándolo al agua en un resalto hidráulico que generalmente es producido por la canaleta parshall, por mezcladores estático, mecánicos, difusores o por la infraestructura presente en la PTAP.

Los coloides son partículas muy pequeñas (entre 1 nanómetro y un micrómetro) que debido a su bajo diámetro y densidad son difíciles de sedimentar. Estas partículas son las responsables en parte de la turbidez del agua.

- Tipos de coagulante: de acuerdo con Cogollo Flórez Juan Miguel. (2010). Clarificación De Aguas Usando Coagulantes Polimerizados: Caso Del Hidroxicloruro De Aluminio. 12/02/2018, de DYNA Sitio web: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133> los coagulantes se clasifican de la siguiente manera:
  - ✓ Coagulantes convencionales: son los más utilizados en el tratamiento de aguas, estos son compuestos inorgánicos de aluminio o hierro como el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, sulfato ferroso, sulfato férrico y cloruro férrico. Cada coagulante tiene un rango específico de pH donde ocurre la mínima solubilidad y donde ocurre también la máxima precipitación, dependiendo de las características químicas del agua cruda. Con excepción del aluminato de sodio, estos coagulantes son sales acidas que disminuyen el pH del agua. Por esta razón es necesario agregar un álcali como cal, soda ash o soda caustica.
  - ✓ Coagulantes alternativos: son compuestos inorgánicos prepolimerizados tales como PAC's, los cuales se comparan diferente a los coagulantes convencionales debido a sus características de especiación química. Los PAC's son producidos adicionando una base al cloruro de aluminio hasta lograr la fórmula empírica  $Al(OH)_nCl_{3-n}$ , donde n toma valores que van desde 1 a 2,5. Los diferentes PAC's se tipifican por su contenido de aluminio (porcentaje de  $Al_2O_3$ ), contenido de sulfatos (porcentaje de  $SO_4$ ) y contenido de hidróxido (porcentaje de basicidad). La basicidad se refiere al número de iones de hidróxido promedio por átomos de aluminio en la molécula del PAC ( $[OH]/[Al]$ ), y es un índice del grado de polimerización.

En la mayoría de los casos, en los pequeños acueductos el coagulante más utilizado es el sulfato de aluminio, debido a su accesible costo, a su fácil manejo y obtención.

- De acuerdo con Ministerio de Vivienda. Resolución 1096 del 17 de Noviembre de 2000. *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Sistema de potabilización*. Repositorio Ministerio de Vivienda, Ciudad Y Territorio. Título C. literal

4.4.1.4. La dosificación del coagulante se realiza de acuerdo con las características del mismo; la dosificación se puede realizar en seco o en solución.

- ✓ Dosificadores en seco: se utiliza para la dosificación de sustancias químicas en polvo; los dosificadores en seco pueden ser volumétricos o gravimétricos.

Entre los dosificadores volumétricos podemos encontrar la válvula alveolar, el disco giratorio, el cilindro giratorio, el plato oscilante y de tornillo.

Entre los dosificadores gravimétricos podemos encontrar la correa transportadora y el dosificador de pérdida de peso.

- ✓ Dosificadores en solución: se utilizan para la dosificación por vía húmeda o para dosificar líquidos; la dosificación en solución puede ser por bombeo o por gravedad.

Entre los dosificadores por bombeo podemos encontrar la bomba de pistón y la bomba de diafragma.

Entre los dosificadores por gravedad podemos encontrar los de carga constante y los de carga regulable.

Aunque generalmente en los pequeños acueductos donde las condiciones económicas no permiten la adquisición de equipos dosificadores es muy común encontrar sistemas de dosificación artesanales por goteo; donde solo es necesario un tanque o balde y una manguera delgada que permita graduar el goteo.

- Test de jarras: es un método que permite determinar la dosis óptima de coagulante que se debe aplicar al agua cruda en una PTAP. El test consiste en aplicar una dosis variada de coagulante en diferentes jarras aforadas con 2 litros de muestra del agua a tratar, a estas muestras se les ajusta el pH hasta alcanzar los valores que permiten la mayor eficiencia según sea el tipo de coagulante. Las muestras son sometidas a una agitación para simular el proceso de coagulación; posteriormente cada muestra simula el proceso de floculación y sedimentación. La simulación de estos procesos unitarios permite la identificación de la muestra que presenta la mejor reducción de los coloides en suspensión y de materia orgánica, lo que determina cual es la dosis óptima con que se debe tratar el agua.

En este trabajo no se pretende profundizar en la implementación o realización del test de jarras, pero esta información está disponible para la consulta del lector en la NTC 3903 y en los literales C.2.5.1.1 y C.2.5.1.2 del título C RAS-2000.

- Ajuste del pH: el pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. Dependiendo de las características del agua y como ya se mencionó anteriormente, debido a que generalmente se utilizan coagulantes convencionales, los cuales en su mayoría son sales ácidas que disminuyen el pH de agua, es necesario realizar un ajuste del pH; el cual se realiza adicionando un álcali como cal, soda ash o soda cáustica, este ajuste reduce la capacidad disolvente y corrosiva del agua para proteger las tuberías, válvulas, equipos, etc., además de permitir las condiciones para

que el coagulante refleje la mayor eficiencia. Para conocer el valor del pH de una muestra, generalmente se utiliza un papel tornasol o la implementación de un PH-metro.

Generalmente en los acueductos veredales la dosificación de este álcali se realiza artesanalmente, y la determinación de la cantidad de álcali a adicionar se realiza por el método de ensayo y error.

- e. Proceso de floculación: consiste en la aglomeración de partículas desestabilizadas (coloides) formando microfloculos y posteriormente floculos más grandes, los cuales al aumentar su densidad facilitan su decantación y posterior reducción de la turbidez del agua.

Los factores que promueven la floculación son la velocidad de desplazamiento del agua, el tiempo de retención y el pH. Dentro de las instalaciones de una PTAP la floculación se desarrolla en el floculador, estructura que permite que se lleve a cabo el proceso.

- Los floculadores pueden ser de dos tipos, mecánicos e hidráulicos.
  - ✓ Floculadores mecánicos (floculación orto-cinética): se caracterizan por necesitar una fuente de energía externa para su funcionamiento debido a la implementación de agitadores mecánicos giratorios (de eje horizontal o vertical). El tipo de agitador mecánico más implementado es aquel que cuenta con un sistema de paletas las cuales simulan una agitación lenta que facilita la formación de floculos sin romperlos.
  - ✓ Floculadores hidráulicos (floculación pericinética): funcionan gracias al movimiento natural de las moléculas en el agua, este movimiento es conocido como el movimiento browniano. Dentro de los floculadores hidráulicos podemos encontrar los siguientes:
    - ✓ Floculador de flujo vertical: es un tanque que cuenta con una serie de pantallas colocadas de tal forma que obligan al flujo del agua a desplazarse por encima y por debajo de las mismas.
    - ✓ Floculador de flujo horizontal: es un tanque que cuenta con una serie de pantallas o baffles colocados de tal forma que obliga al flujo del agua a desplazarse de lado a lado de las mismas, a medida que el flujo avanza, la velocidad de desplazamiento del agua disminuye ya que se aumenta el ancho entre pantalla y pantalla con el fin de producir una floculación rápida al principio, posteriormente lenta y finalmente más lenta para no romper los floculos que se van formando.
    - ✓ Floculador de flujo helicoidal: es un conjunto de cámaras cuadradas o circulares distribuidas linealmente, de tal forma el agua ingrese por la esquina inferior de una de las cámaras y salga por encima en la esquina opuesta.
    - ✓ Floculador Alabama: es un conjunto de cámaras generalmente cuadradas, las cuales cuentan cada una con un codo en la parte inferior que impulsa el agua hacia arriba al pasar de cámara a cámara. Estos codos deben estar colocados de forma alterna pasando de la esquina inferior derecha a la esquina inferior izquierda en la siguiente cámara y sucesivo.

- f. Proceso de sedimentación: este proceso consiste en la separación de los floculos formados en el proceso de floculación, mediante el asentamiento de los mismos por acción de la gravedad. Este proceso se logra proporcionando las condiciones necesarias para que los floculos se decanten, dentro de las condiciones esta mantener un tiempo de retención hidráulica, disminuir la agitación del agua, mantener una velocidad de caudal uniforme, disponer placas paralelas para acelerar la decantación, entre otras.

Los sedimentadores pueden ser de dos tipos, de flujo horizontal o de flujo ascendente o vertical, y a su vez estos pueden ser rectangulares, circulares o cuadrados.

- Sedimentador de flujo horizontal: (puede tener una estructura laminar con placas inclinadas) generalmente es un tanque rectangular dispuesto de manera que el agua salga del floculador e ingrese directamente al sedimentador con un caudal distribuido uniformemente a través de toda la sección transversal del mismo, además el agua debe mantener una velocidad longitudinal uniforme, de igual intensidad y dirección.  
Este tipo de sedimentador cuenta con varias zonas internas, dentro de las cuales encontramos una zona de entrada de agua como ya se mencionó, una zona de sedimentación, una zona de recolección de lodos y la zona de salida.
- Sedimentador de flujo ascendente o vertical: generalmente consiste en una estructura cilíndrica con fondo cónico o con un gradiente de pendiente, al cual ingresa el agua por la parte inferior y asciende hasta la parte superior donde se recoge el agua sedimentada y se continúa con su tratamiento. Este tipo de sedimentador combina los procesos de floculación y sedimentación. Los sedimentadores de flujo vertical pueden ser de manto de lodos o de módulos laminares.
  - ✓ Sedimentador con manto de lodos: estos a su vez pueden clasificarse en dos tipos; manto de lodos de suspensión hidráulica y manto de lodos en suspensión mecánica. Deben tener un mecanismo que permita la extracción de lodos cuando estos superan la capacidad de retención del sedimentador.
  - ✓ Sedimentación de módulos laminares: es un sistema en el cual se ubican placas que pueden ser de fibra de vidrio, madera o polietileno de alta densidad, acero inoxidable, entre otros; paralelas al flujo del agua, estas placas pueden ser lisas u onduladas. También pueden estar compuestas de tubos circulares, módulos cuadrados o módulos hexagonales a manera de colmena o panal.

Existen acueductos donde los procesos de floculación y sedimentación se desarrollan en un mismo modulo, tal es el caso de las plantas compactas donde estos dos procesos se desarrolla en el mismo sistema modular de sedimentación.

- g. Proceso de filtración: la filtración es un proceso que consiste en eliminar las partículas no removidas en el proceso de sedimentación, esta puede clasificarse en filtración rápida y filtración lenta.



- Filtración rápida: se conocen dos tipos, directa y convencional. En la primera el agua no necesariamente debió pasar por los procesos de coagulación, floculación y sedimentación. En la convencional el agua debió pasar antes por cada uno de los procesos ya mencionados y esta se emplea principalmente cuando se realizó una coagulación de barrido. La filtración rápida puede darse de forma ascendente por bombeo o descendente por gravedad.
- Filtración lenta: la filtración lenta como tratamiento único puede emplearse como tratamiento final para remover características bacteriológicas y partículas muy finas. La filtración por diversas etapas debe utilizarse cuando las condiciones del agua superan la capacidad de remoción de la filtración lenta.

Los equipos que permiten realizar la filtración se denominan filtros, los cuales obedecen a características específicas de diseño que varían según las condiciones del agua a filtrar, condiciones tales como presencia de microorganismos coliformes, turbiedad, color, entre otras.

- Los filtros se pueden clasificar en filtros rápidos y filtros lentos.
  - ✓ Filtros rápidos: estos se pueden clasificar de diferentes maneras, según la fuerza impulsora que hace pasar el agua por el filtro (filtros de gravedad y filtros a presión), según la estructura (abiertos y cerrados), según del lecho (monocapa y multicapa), según el flujo del agua (ascendentes y descendentes), y según la metodología de lavado (solo con agua, con agua y aire o lavado superficial).

Para efectos de este trabajo nos centraremos en clasificarlos según el flujo del agua. De este modo podemos clasificarlos en dos grupos, filtros ascendentes y filtros descendentes.

-Filtro ascendente: el agua ingresa por la parte de abajo del filtro pasando por una grava soporte y posteriormente por el lecho filtrante hasta una estructura de reboce o de captación para el agua filtrada.

-Filtro descendente: el agua ingresa por la parte de arriba del filtro pasando por el lecho filtrante, seguido de la grava soporte y finalmente depositándose en un falso fondo que recolecta el agua filtrada.

Para ambos casos (filtro ascendente y descendente) el lecho filtrante puede estar conformado por un solo medio (arena o antracita), por un medio dual (arena y antracita), o por lechos mezclados (arena más antracita combinadas). Y el soporte del lecho filtrante debe ser de grava con unas características propias de diseño.

La velocidad de filtración varía en gran parte según el lecho filtrante implementado y del diámetro o profundidad del mismo, entre otras variables. Por esta razón la velocidad de filtración puede oscilar entre  $< 120 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$  a los  $400 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{día})$ .

En los filtros rápidos se pueden encontrar estructuras que combinen un doble filtrado alternando un filtro ascendente y luego descendente.

- ✓ Filtros lentos: generalmente son tanques en concreto que cuentan con una estructura de entrada, una zona de filtración, una zona de salida y un sistema de limpieza o desagüe. Internamente cuenta con un lecho filtrante compuesto de arena limpia, la cual debe tener un diámetro aproximado entre 0,35 a 0,55 mm y un espesor o profundidad del lecho de 0,8 y 1 m. el soporte del lecho filtrante debe estar constituido por grava limpia, libre de limos, arcillas y material orgánico. La velocidad de filtración puede variar entre  $2,4 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{día})$  a  $7,2 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{día})$ .

Es importante que para efectos del mantenimiento de estas estructuras, el retro lavado se encuentre funcionando en óptimas condiciones para evitar el lavado manual del mismo, ya que esto puede alterar los lechos filtrantes perjudicando la eficiencia y el funcionamiento óptimo del filtro.

### ***3.1.1.3 Tratamiento para remover características químicas.***

A continuación se enunciarán de manera general los principales tratamientos que existen para remover las características químicas del agua. No se profundizará en este tema debido a que no es necesaria dicha temática para la realización de este trabajo.

De acuerdo con Vera, N. (2007). *Alternativas de potabilización para el agua que abastecerá a la ampliación del aeropuerto internacional de la ciudad de México*. (Tesis de Pregrado). Las características químicas que puede presentar el agua están directamente relacionadas con los tipos de compuestos químicos disueltos en ella; los tratamientos para remover las características químicas de agua son muy variados, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- a. Precipitación química: generalmente utilizada para el ablandamiento de aguas con presencias significativas de calcio y magnesio.
- b. Ablandamiento: cuyo propósito es reducir los niveles de calcio y magnesio.
- c. Intercambio iónico: remoción de iones indeseables de un agua cruda.
- d. Electrodialisis: aplica para aguas salobres mediante la implementación de membranas especiales y una corriente eléctrica, las cuales dividen el agua a tratar en dos, una solución salina concentrada y un agua parcialmente desmineralizada.
- e. Ósmosis inversa: es una tecnología de membrana, donde ciertas sustancias pueden atravesar la membrana, mientras que otras son retenidas.
- f. Nanofiltración: es una tecnología de membrana, en la cual solutos de bajo peso molecular son retenidos; la membrana de nanofiltración retiene solutos que la ultrafiltración pasaría, y deja pasar sales que la ósmosis inversa retendría.

- g. Ultrafiltración: es una tecnología por membranas que separa moléculas de acuerdo con su tamaño gracias a membranas semipermeables; dentro de las aplicaciones se encuentra como pretratamiento de la osmosis inversa, tanto para potabilización como para desalación de agua de mar.
- h. Microfiltración: es la tecnología de membrana más selectiva, reteniendo el paso a toda partícula con un diámetro superior a 0,1  $\mu\text{m}$ . la microfiltración puede ser aplicada a la potabilización de agua o como pretratamiento para nanofiltración y ósmosis inversa, entre otras aplicaciones.

Generalmente no es necesaria la aplicación de este tipo de tratamiento en un acueducto debido a que la calidad de las fuentes abastecedoras en Colombia es relativamente buena. Este tipo de tratamiento se aplica más a procesos de tratamiento de aguas residuales industriales y la desalinización de agua de mar, entre otros.

#### ***3.1.1.4 Tratamiento para remover características biológicas y microbiológicas.***

Dentro del tratamiento de agua para consumo humano es necesario asegurar una óptima calidad, para esto se aplican procesos al final de la línea de tratamiento con el objetivo de remover toda característica biológica o microbiológica que no fue retenida en los procesos anteriores de tratamiento; dentro de los principales procesos podemos encontrar los siguientes:

- a. Proceso de cloración: este proceso se emplea en la potabilización de agua para la desinfección de las aguas (destrucción de patógenos), el control de olor y sabor, remover hierro y manganeso, así como para impedir el crecimiento de algas y microorganismos que pueden interferir en el sistema de distribución del agua potable y en la salud de los seres humanos.

El cloro es el principal compuesto empleado para la desinfección de las aguas, este se puede aplicar en su forma sólida (hipoclorito de calcio), gaseosa (cloro gaseoso) o líquida (hipoclorito de sodio) y en forma pura o combinada. La cantidad de cloro suministrada depende del grado de contaminación del agua, por esto es necesario realizar pruebas de laboratorio para determinar las dosis óptimas de desinfectante y las condiciones adecuadas de operación. Los factores que afectan la eficiencia de desinfección son entre otros los siguientes: la temperatura, el tiempo de contacto y el pH.

- b. Ozonización: es un proceso de oxidación que se implementa para mejorar la calidad organoléptica del agua, la desinfección de la misma, entre otras. En la ozonificación se distinguen dos etapas, la etapa de suministro de ozono al agua, mediante equipos especiales como el ozonificador, este suministro debe realizarse de manera que se incremente la cinética de transferencia del  $\text{O}_3$  (maximizar el área de contacto) y una segunda etapa donde el ozono reacciona con los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua.

Debido a que la ozonificación no proporciona efecto residual, es necesario emplear un desinfectante secundario para tal efecto, con el fin de proteger el agua en los sistemas de distribución.

- c. Desinfección con dióxido de cloro: es un poderoso oxidante altamente explosivo empleado para la remoción de color y metales; además debido a su alta reactividad, el dióxido de cloro es muy eficaz para la eliminación de bacterias y otros microorganismos que pueden estar presentes en el agua.
- d. Rayos ultravioleta: hacen parte del espectro natural de la radiación solar, estos tienen una longitud de onda entre los 200 y 300 nm; los cuales se implementa para la inactivación de organismos patógenos.

Para la desinfección por este método debe emplearse lámparas de vapor de mercurio a muy baja o alta presión. El agua a desinfectar debe pasar muy cerca de la fuente de rayos ultravioletas, en un caudal del menor espesor posible, además el agua debe estar libre de sustancias que puedan interferir en el proceso (agua completamente clara).

Debido a que este proceso no proporciona un efecto residual al igual que la ozonificación, es necesario emplear un desinfectante secundario para tal efecto, con el fin de proteger el agua en los sistemas de distribución.

Al día de hoy los acueductos comunales existentes en Colombia en su gran mayoría utilizan el método de desinfección por cloro en forma líquida o sólida (pastillas). Los métodos de ozonización y rayos ultravioleta se consideran como complementarios a la desinfección de cloro, pero la inmersión de estos en ambientes en donde se encuentran ubicados los acueductos comunales se hace de difícil acceso.

### **3.1.2 Estándares de calidad del agua para consumo humano (resolución 2115 de 2007).**

Según la Resolución 2115 de 2007. Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Ministerio de la Protección Social, Bogotá D.C, Colombia, 22 de junio de 2007. Los estándares de calidad del agua para consumo humano son los siguientes:

Características físicas y químicas del agua para consumo humano:

- a. Características físicas: el agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalen a continuación:

**Tabla 1. Características físicas**

<b>Características físicas</b>	<b>Expresadas como</b>	<b>Valor máximo aceptable</b>
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

*Fuente. Resolución 2115 Del 2007.*

- Conductividad: el valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta de 1000 microsiemens/cm.
- Potencial de hidrógeno: el valor para el pH del agua para consumo humano debe estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

b. Características químicas:

- Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada uno de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que se señalen a continuación:

**Tabla 2. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.**

<b>Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias</b>	<b>Expresados como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN <sup>-</sup>	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

*Fuente. Resolución 2115 del 2007.*

- Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro:

**Tabla 3. Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.**

<b>Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana</b>	<b>Expresados como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
Carbono Orgánico total	COT	5,0
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
Fluoruros	F <sup>-</sup>	1,0

*Fuente. Resolución 2115 del 2007.*

- Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana. Los elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico son los siguientes:

**Tabla 4. Características químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.**

<b>Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico</b>	<b>Expresadas como</b>	<b>Valor máximo aceptable (mg/L)</b>
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO <sub>3</sub>	200
Cloruros	Cl	250
Aluminio	Al <sup>3+</sup>	0,2
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,5

*Fuente. Resolución 2115 del 2007.*

- Características químicas relacionadas con los plaguicidas y otras sustancias. Las características químicas del agua para consumo humano deberán sujetarse a las concentraciones máximas aceptables de plaguicidas y otras sustancias químicas que se señalan a continuación:

- ✓ La concentración máxima aceptable presente en el agua es de 0,0001 mg/L para cada una de las siguientes características químicas:
  - Las características químicas reconocidas por el Ministerio de la Protección Social como cancerígenas, mutagénicas y teratogénicas o las referencias reconocidas por el mencionado Ministerio. No se incluye el asbesto, pues se considera cancerígeno sólo por inhalación.
  - Las características químicas cuyo valor DL<sub>50</sub> oral mínimo reconocido sea menor o igual a 20 mg/Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social.
  - Las características cuya información reconocida por el Ministerio de la Protección Social, sean catalogadas como extremada o altamente peligrosas.
  - Las características químicas de origen natural o sintético sobre las que se considere necesario aplicar normas de precaución, en el sentido de que a pesar de no poseer suficiente información científica, se considere necesario adoptar medidas para prevenir daños graves o irreversibles a la salud de las personas, en razón a las condiciones de uso y manejo de las mismas.
- ✓ La concentración máxima aceptable para las sustancias químicas no consideradas en el numeral 1, cuyos valores de DL<sub>50</sub> oral más bajos conocidos se encuentren entre 21 y 200 mg/Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social, es de 0,001 mg/L.
- ✓ La concentración máxima aceptable para cada una de las sustancias químicas no consideradas en los numerales 1 y 2, cuyos valores DL<sub>50</sub> oral más bajos conocidos se encuentren entre 201 y 2.000 mg/Kg, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social es de 0,01 mg/L.
- Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización. Dentro de las características químicas del agua para consumo humano se deberán tener en cuenta los siguientes valores aceptables para otras sustancias químicas utilizadas en el tratamiento del agua, así:
  - ✓ El valor máximo aceptable del residual de aluminio derivado de su uso como coagulante en el tratamiento de agua para consumo humano en su forma (Al<sup>3+</sup>) será de 0,2 mg/L. Si se utiliza otro coagulante basado en sales de hierro, el valor máximo aceptable para el residual será 0,3 mg/L. En el caso de utilizar otras sustancias químicas en el tratamiento del agua para consumo humano, el valor aceptable para el residual correspondiente u otras consideraciones al respecto, serán las reconocidas por las Guías de la Calidad de Agua vigentes de la Organización Mundial de la Salud y adoptadas por el Ministerio de la Protección Social.

- ✓ El valor aceptable del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L. La dosis de cloro por aplicar para la desinfección del agua y asegurar el residual libre debe resultar de pruebas frecuentes de demanda de cloro. Cuando se utilice un desinfectante diferente al cloro o cualquiera de las formulaciones o sustancias que utilicen compuestos distintos para desinfectar el agua para consumo humano, los valores aceptables para el residual correspondiente u otras consideraciones al respecto, serán los reconocidos por la Organización Mundial de la Salud y adoptados por el Ministerio de la Protección Social, quien tendrá en cuenta el respectivo concepto toxicológico del producto para expedir el concepto técnico.
- ✓ Las plantas de tratamiento deben garantizar mediante sistemas, estructuras o procedimientos de control, el tiempo de contacto del cloro como desinfectante, antes de enviar el agua a las redes y de poner el alcalinizante, el cual debe ser establecido de acuerdo con las tablas del artículo 115 de la Resolución 1096 de 2000 del entonces Ministerio de Desarrollo Económico, o la norma que la sustituya, modifique o adicione.
- ✓ La cal, el sulfato de aluminio, el cloro y el hipoclorito utilizados en el tratamiento o potabilización del agua para el consumo humano, deben cumplir con la calidad determinada por la Resolución N°. 2314 de 1986 del Ministerio de Salud hoy de la Protección Social o la norma que la sustituya, modifique o adicione y con lo previsto en el capítulo C.4 –Coagulación – Mezcla rápida - de que trata el Título C del Reglamento de Agua y Saneamiento del año 2000, expedido por el entonces Ministerio de Desarrollo Económico o el que lo sustituya, modifique o adicione.  
Para otros productos, materiales (polímeros) o insumos que vayan a ser utilizados en la potabilización del agua para consumo humano, el Ministerio de la Protección Social emitirá el respectivo concepto técnico, el cual incluye el concepto toxicológico.

c. Características microbiológicas: Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm<sup>3</sup> de muestra:

**Tabla 5. Características microbiológicas**

<b>Técnicas utilizadas</b>	<b>Coliformes Totales</b>	<b>Escherichia coli</b>
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>

*Fuente. Resolución 2115 del 2007.*



### 3.1.3 Planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

Una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) se define como una estructura (modular-compacta) o conjunto de estructuras cuya función es retirar todo tipo de contaminante que pueda alterar las características físicas, químicas o biológicas naturales del agua, cuyo objetivo es asegurar el agua de modo que sea apta para consumo humano.

Según AGUASISTEC. Solución en tratamientos de agua, las plantas de tratamiento de agua potable se pueden dividir en dos grupos:

a. **Plantas de tratamiento convencionales.**

Es un sistema de tratamiento integrado que incluye todos los procesos para la obtención de agua potable, como los son: coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, clarificación, filtrado y desinfección.

b. **Plantas de tratamiento modulares (compactas).**

La planta modular es un sistema integrado y prefabricado de tratamientos en varias etapas que incluye todos los procesos requeridos para obtener agua apta para consumo humano. Estas ocupan poco espacio y se pueden ampliar fácilmente añadiendo módulos de clarificación y de filtración.

Las plantas modulares o compactas son adecuadas para aguas de pozo profundo con alto contenido de color, hierro y manganeso. Son muy eficientes con aguas de quebradas de montaña con parámetros que van de mediano a bajo contenido de sólidos en suspensión y con contenidos de color, que presentan picos pasajeros de alta turbiedad y color cuando hay lluvias fuertes.

De acuerdo con las características del agua a tratar, se incorpora procesos de pre-aireación y oxidación, arenas especiales para eliminar hierro y manganeso o post-tratamiento con carbón activado cuando hay elementos orgánicos.

Pueden operar por gravedad, sin necesidad de tener energía eléctrica disponible o pueden ser automatizadas para operación virtualmente autónoma.

c. Además de las plantas de tratamiento de agua potable que se incluyen en la clasificación ya mencionada, existen otras PTAPs que por su diseño no estarían en dicha clasificación, por tal razón también se clasificaran de la siguiente manera. De acuerdo con ACUATECNICA S.A.S. 2016. Tipos de plantas de tratamiento de agua potable. Las plantas de tratamiento de agua potable se clasifican así:

- ✓ **Plantas de ciclo completo.** cuentan con los procesos de coagulación, sedimentación, filtración, cloración, sin precisar sobre el tipo de instalación existente para cada proceso. Es el tipo de planta más comúnmente usada en Colombia.
- ✓ **Planta de filtración en múltiples etapas.** se denomina así a las plantas en donde existe filtración lenta en múltiples etapas.
- ✓ **Plantas de filtración directa.** en donde el agua es llevada directamente a los filtros y enseguida se clora.
- ✓ **Planta de filtración en línea.** se realiza coagulación, filtración y cloración.
- ✓ **Planta compacta (modular).** se denomina así a la planta en la cual se llevan a cabo todos los procesos en un mismo módulo prefabricado, que incorpora procesos según la calidad de la fuente a tratar.

#### 3.1.4 Acueductos comunitarios.

*“Defendemos la gestión pública y comunitaria del agua sin ánimo de lucro y desde los valores y principios de la economía social y solidaria...nadie puede apropiarse del agua y menos empresas privadas transnacionales” (Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia, 2015).*

A continuación se presenta un abordaje teórico sobre los acueductos comunitarios en cuanto a: definición y aclaración del término, constitución legal, condiciones y estado actual de los acueductos comunitarios en la ciudad de Bogotá.

##### a. Aproximación al concepto de “acueducto comunitario”.

Los acueductos comunitarios son pequeñas entidades prestadoras del servicio hídrico que se consolidan como formas societarias en organizaciones autorizadas, cuyas características principales son: la autogestión, el trabajo solidario producto del esfuerzo y la necesidad de la sociedad civil, y el abastecimiento del agua, principalmente en la ruralidad colombiana.

Su nombre se debe a su creación, ya que ésta se deriva de la necesidad y el esfuerzo de la comunidad para auto gestionar el abastecimiento de agua potable, de tal forma que la voz del pueblo prima sobre otras decisiones, en espacios como asambleas de asociados, convites, recorridos y reuniones en donde se garantiza la participación social y democrática de todos los asociados.

En una forma simple, la definición de ‘acueducto comunitario’ proviene de las palabras que lo componen; es decir, “son personas que prestan el servicio de agua potable de manera

comunitaria; por ello, se entiende que el servicio es de una comunidad o de un sistema cultural que va más allá de las personas que la componen, en ella los seres humanos interactúan poniendo sus aspiraciones y expectativas” (Defensoría del Pueblo, 2013).

Ramas del conocimiento como la sociología y la antropología amplían el concepto afirmando que los acueductos comunitarios configuran estructuras sociales tradicionales que crean sentido de pertenencia, y generan nuevas dinámicas de relación con el entorno, la naturaleza, las fuentes hídricas y entre los miembros de la misma comunidad. “Somos entidades sin ánimo de lucro, las decisiones las tomamos en asambleas comunitarias por consenso o mayoría de las personas asociadas, vivenciamos la autogestión y la democracia como manera de ser y hacer en comunidad” (Cuadernillo N°2 Guía para la caracterización de un acueducto comunitario, 2011). Esto ha llevado a que los acueductos comunitarios se consoliden como referentes en torno a la defensa del agua como un bien público, la movilización de las clases sociales vulnerables, especialmente rurales y en sectores específicos de la sociedad.

De acuerdo con Correa (2006) los acueductos comunitarios son entidades complejas en sentido histórico, social, económico e institucional público, pues ante todo son construcciones populares en torno a la gestión del agua que hacen parte de los territorios sociales en veredas, resguardos indígenas, territorios de comunidades negras y barrios de las diferentes regiones y ciudades del país. A partir de tradiciones y articulaciones con el servicio oficial de acueducto, los acueductos comunitarios son el sector social de la gestión pública del agua en Colombia que articula las diferentes formas públicas existentes de gestión del agua, bajo los principios constitucionales de pluralismo jurídico y de participación vigentes en el país. En este sentido se plantean diferentes dimensiones en torno a la complejidad de los acueductos comunitarios, las cuales se resumen a continuación:

**Imagen 2. Los acueductos comunitarios, como entidades sociales complejas**



*Fuente. Correa, Hernán Darío. (2006). Acueductos comunitarios, patrimonio público y movimientos sociales.*

Esta complejidad se configura en acueductos comunitarios de varios tipos, según la escala nacional, regional o local desde donde se los reconozca, del manejo ambiental, de su carácter y alcances asociativos, de sus dimensiones públicas y privadas, y de las formas concretas de su legitimidad. En primer lugar pueden ser considerados como rurales y/o peri-urbanos. Su carácter ambiental varía en cuanto al lugar que ocupan en las cuencas (partes altas o bajas), en tanto están o no asociados al cuidado de las fuentes de agua y de los bosques y coberturas relacionadas con las mismas; a las formas de manejo del recurso; al tipo de servicio que prestan; y a sus proyecciones educativas.

Su constitución, entre otras cosas, se relaciona directamente con dinámicas del contexto social-cultural como: colonización de territorios, zonas de refugio de indígenas y afrocolombianos, procesos de urbanización acelerada y megaproyectos, articulaciones regionales y reconfiguraciones territoriales, procesos de desplazamiento forzado y de desterritorialización local urbana y rural.

En resumen, estas estructuras sociales tradicionales no solo son entidades que suministran agua potable, sino que se erigen como fortalecedoras del tejido social y la generación de vínculos tangibles entre comunidad y cuenca, integrando las comunidades en la gestión del recurso hídrico, fortaleciendo su capacidad de gestión y promoviendo valores con relación al buen uso del agua y el sentido de pertenencia con un territorio.

**b. Consideraciones legales de los acueductos comunitarios.**

Los acueductos comunitarios tienen su genealogía legislativa en consideración a diferentes leyes políticas y decretos que se expresan a continuación:

- *Artículo 2° de la Constitución Política de Colombia.* Servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado, y es deber del mismo asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. Igualmente tal disposición señala que los servicios públicos podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares.
- *Artículo 5° de la Ley 142 de 1994.* Es competencia de los municipios en relación con los servicios públicos, asegurar que se presten a sus habitantes, de manera eficiente, por empresas de servicios públicos de carácter oficial, privado o mixto, o directamente por la administración central del respectivo municipio.
- *Artículo 161 del Decreto Nacional 2811 de 1974, Código de Recursos Naturales.* Se podrán constituir asociaciones de usuarios de aguas, por quienes se aprovechen de una o más corrientes de un mismo sistema de reparto o tengan derecho a un mismo cauce artificial.
- *Artículo 338 del Decreto Nacional 2811 de 1974.* Podrán organizarse empresas comunitarias por personas de escasos medios económicos, para la utilización de los recursos naturales renovables.
- *Decreto Nacional 1541 de 1978, artículo 267.* Las asociaciones de usuarios de aguas estarán constituidas por quienes aprovechen aguas de una o varias corrientes comprendidas por el mismo sistema de reparto. Las asociaciones de canalistas estarán integradas por todos los usuarios que tengan derecho a aprovechar las aguas de un mismo cauce artificial.
- *Ley 142 de 1994, artículo 15 numeral 4°.* Las organizaciones autorizadas por virtud de esa Ley, podrán prestar servicios públicos en municipios menores, en zonas rurales y en áreas o zonas urbanas específicas.
- *Decreto Nacional 421 de 2000.* Las comunidades organizadas deberán constituirse como personas jurídicas sin ánimo de lucro para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas; e inscribirse ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, y obtener las respectivas concesiones, permisos y licencias a que se refieren los artículos 25 y 26 de la Ley 142 de 1994.

- *Decreto 552 de 2011.* Por el cual se dictan medidas para mejorar las condiciones de prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico por parte de comunidades organizadas en acueductos comunitarios.

**c. Medidas para mejorar las condiciones del servicio en acueductos comunitarios.**

En el año 2011 la Alcaldía Mayor de Bogotá, crea el decreto 552 como una propuesta para mejorar las condiciones de prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico por parte de las comunidades organizadas en acueductos comunitarios en el Distrito Capital, estableciendo actividades relacionadas con el saneamiento de la propiedad de la infraestructura, redes, equipos y elementos que integran los acueductos comunitarios así como de los inmuebles donde éstos se ubiquen, la gestión, operación y mantenimiento de los mismos, así como el apoyo técnico y financiero que dichas comunidades deben recibir de las entidades que forman parte de la organización administrativa del Distrito Capital. Algunas medidas son:

- Los acueductos comunitarios recibirán apoyo técnico y asesoría jurídica, por parte de las Secretarías Distritales del Hábitat, de Salud, de Ambiente, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Con el fin que dichas comunidades organizadas elaboren sus planes de mejoramiento.
- Los acueductos comunitarios serán monitoreados por La Secretaría Distrital de Salud, para verificar la calidad del agua, con el fin de determinar si es apta para el consumo humano y cumple con lo exigido por la Resolución 2115 de 2007.

La reglamentación colombiana que se tiene acerca de los acueductos comunales, deja a estas como entidades con total autoridad de sus operaciones administrativas, esto quiere decir que al no existir un control puntual sobre su economía, permiten que decaigan presupuestalmente, siendo inviablemente financieras.

**d. Estado de los acueductos comunitarios en Bogotá. D.C.**

El distrito cuenta con 74 acueductos comunitarios y otros sistemas de abastecimientos, ubicados en las localidades de Sumapaz, Usme, Chapinero, Ciudad Bolívar.

**Imagen 3. Número de acueductos comunitarios y otros sistemas de abastecimiento por localidad. Bogotá. 2015**

Localidad	Número de sistemas
Chapinero	3
San Cristóbal	2
Suba	19
Ciudad Bolívar	10
Sumapaz	14
Usme	10
Usaquén	16

*Fuente: Secretaria distrital de Salud. Vigilancia Sanitaria y ambiental. Bogotá. 2015*

Un reciente convenio que inicio a principios del año 2017 entre la Secretaría Distrital del Hábitat y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios de Bogotá, permitirá que los sistemas de acueductos de Bogotá reciban fortalecimiento técnico y organizacional.

El convenio busca generar un mayor respeto por el medio ambiente, la protección de las reservas naturales, la conservación del agua y sus cauces, y el fortalecimiento de los acueductos y alcantarillados de los 81 sistemas que hay en Bogotá actualmente.

Mediante vigilancia y apoyo pedagógico en los componentes técnicos de operación y regulación tarifaria, se busca ofrecer a los cerca de 60.000 usuarios de los acueductos comunitarios, un servicio del acueducto con calidad, potabilidad y tarifas justas.

De acuerdo con la Secretaría Distrital del Hábitat (2016) los acueductos comunitarios suministran agua a cerca de 60.000 usuarios que se ubican en las localidades de Ciudad Bolívar, Chapinero, San Cristóbal, Santa Fé, Suba, Sumapaz, Usaquén y Usme, de estos 16 mil se autoabastecen, por ello surge la necesidad de apoyar y fortalecer a estos acueductos con el fin de que llegue el servicio con calidad.

### 3.1.5 Vereda Agualinda Chiguaza.

#### ▪ **Caracterización.**

La localidad de Usme se encuentra ubicada en el costado suroriental de la ciudad y forma parte de la cuenca media y alta del río Tunjuelito en alturas que van desde 2.600 hasta 3.800 msnm.; limita al occidente con la localidad de Ciudad Bolívar y el municipio de Pasca; al sur con la localidad de Sumapaz; al norte con las localidades de Tunjuelito, Rafael Uribe Uribe y San Cristóbal y al oriente con los municipios de Ubaque y Chipaque.

Usme se ha caracterizado a través del tiempo por ser una localidad en la cual se han venido presentando diversos cambios en cuanto al uso del suelo y zonas de expansión urbana, debido a las políticas establecidas en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), que identifica y que declara la zona de expansión en esta localidad. Además, se aprecian las dinámicas de crecimiento poblacional con una alta presión por el desplazamiento que introducen desarrollos urbanos con planificación baja.

Según el Plan Ambiental Local (2013-2016), la localidad de Usme cuenta con cubrimiento casi total de todos los servicios públicos domiciliarios. Adicional al servicio que presta la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en Usme hay 10 acueductos veredales, que tienen 1.235 suscriptores y atienden a una población de 7.518 personas. Para estos acueductos se calculó el Índice de Riesgo para el Consumo de Agua Potable (IRCA), que mide el nivel de riesgo de contraer enfermedades relacionadas con el consumo de agua potable, en una escala de 0 a 100%. Si el IRCA se encuentra entre 0% y 5%, el agua se considera sin riesgo o agua apta para el consumo humano, entre 5,1% y 14%, el nivel de riesgo es bajo, de 14,1% a 35% el nivel es medio y entre 35,1% y 70%, el riesgo es alto. En el caso de los acueductos veredales de la localidad el promedio de IRCA es de 49,86%, lo que significa que en general el agua proveniente de estos no es apta para el consumo humano, especialmente de los 5 acueductos cuyo IRCA se ubica por encima de 50%.

El estado de conservación y calidad del agua de las aguas superficiales de la ciudad y subterráneas que se hacen presentes en la localidad, la calidad química y bacteriológica de este recurso se refleja en las enfermedades de vinculación hídrica, especialmente en la población vulnerable asentada en las orillas de los cuerpos de agua o en las poblaciones que deben utilizar aguas subterráneas. La Agenda Ambiental mostró que existía alteración hidráulica y fluvial por la explotación e invasión de rondas de ríos y quebradas; la obstrucción de los cauces por la disposición de los residuos sólidos y la construcción de carreteras y puentes. Se evidencia contaminación hídrica por vertimientos de aguas servidas, sistema combinado de alcantarillado, vertimientos líquidos industriales de curtiembres y mataderos.



### ▪ **Hidrografía.**

la localidad quinta se encuentra ubicada dentro de la cuenca alta del río Tunjuelito y las subcuencas de los ríos Curubital, Chisacá, Lechoso y Mugroso. Los principales ríos y quebradas de la Localidad dentro del área urbana y rural son: el río Tunjuelo, que con sus aguas riega toda la parte occidental de la localidad, hasta llegar a Tunjuelito. Algunas de las quebradas que atraviesan la localidad en el área urbana son Chiguacita, La Taza, Fucha - Santa Helena, El Carraco de Agua Dulce, La Requilina, El Amoladero, El Piojo, Chuniza, Yomasa, Bolonia, Resaca, Los Cerritos, Curí o Santa Isabel, Santa Librada, El Ramo, Seca, La Chiguaza, Verejones, Morales, de Melo, Zuque. En la parte rural se encuentran los siguientes cuerpos de agua: ríos Aguacilito, del Aguacil, Los Balcones, La Esmeralda, Calavera, La Mistela, Puente Piedra, Tunjuelito, Curubital, Chisacá. Las quebradas La Chiguaza, de Olarte, de Guanga, de Suate, La Aguadita, La Regadera, Piedragorda, Cacique, Los Salitres, La Regadera del Curubital, Seca, Blanca, Bocagrande, Jamaica, Curubital, Piedra Gorda, Los Alisos, La Lajita, La Mistela, Piedragrande, La Leona, Hoya Honda, Caliche Negra, del Oso, Los Tablones y Lechoso o Mugroso.

### ▪ **Acueductos Veredales.**

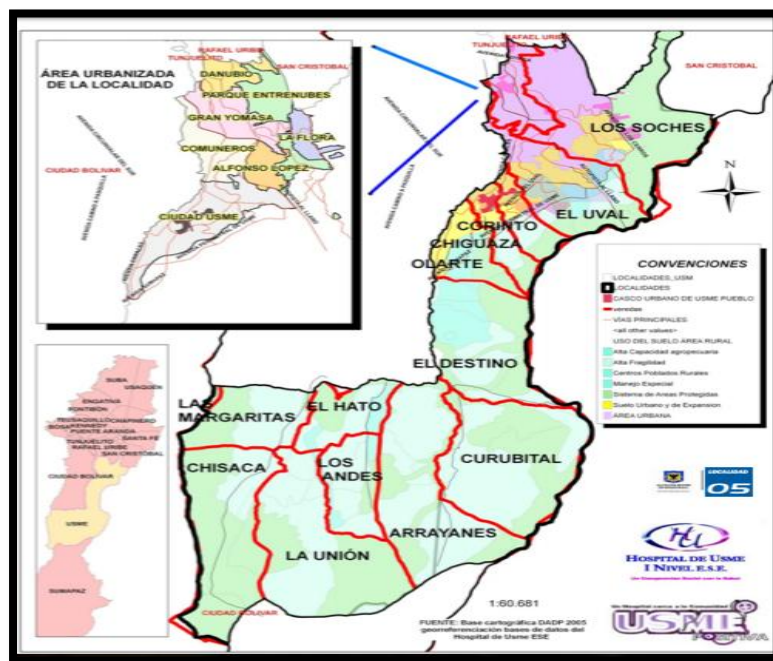
De acuerdo con un informe del Hospital Usme E.S.E (Diagnostico Local con Participación Social, 2009-2010), la zona rural de Usme es abastecida de agua para consumo por 10 acueductos veredales, administrados por la misma comunidad a través de asociaciones de usuarios, las cuales cuentan en su mayoría con registro a la Cámara de Comercio de Bogotá, NIT, RUT y registro ante la DIAN. Estos sistemas son objeto de la vigilancia del Hospital de Usme desde el mes de abril de 2008, al igual que los sistemas del Centro de Instrucción y Entrenamiento La Australia y el acueducto comunitario Violetas. A continuación se describen, de manera general, las condiciones de los diez acueductos veredales, con los cuales se ha logrado determinar las problemáticas de cada sistema de forma unificada con la comunidad. Es prioritario mencionar que los sistemas de acueducto no están proporcionando calidad de agua apta para consumo humano a las poblaciones, de acuerdo a lo evidenciado a través del monitoreo de calidad de agua que adelanta el Hospital de Usme desde el mes de abril de 2008, en los cuales la mayoría de los sistemas vigilados presentan valores inadmisibles para los parámetros fisicoquímicos: pH, turbiedad, color y Cloro residual (y en dos casos hierro) y microbiológicos: Coliformes totales y Escherichia Coli. A través del proceso adelantado por el Hospital de Usme con varios de los sistemas de acueducto veredales, se logró la identificación de componentes de diferente índole, que ocasionan que la calidad del agua suministrada no sea óptima. Una de las primeras falencias identificadas es la falta de capacitación de los operarios de los sistemas, en conocimientos básicos de potabilización de agua, operación y mantenimiento e incluso en dosificación de insumos químicos. Sin embargo, con el avance del proceso se logra identificar que esta falla obedece a que las juntas administradoras conformadas por representantes de la comunidad, no han sido capacitadas en operación y mantenimiento de sistemas, ni en administración de los mismos. Así

mismo carecen de la dotación mínima como ensayos de jarras y basculas grameras, para determinar la dosificación de insumos para tratamiento, al igual que carecen de planos y manuales de operación de los sistemas implementados. Las plantas de tratamiento instaladas, tipo compacto, son elementos de funcionamiento preciso, y a la vez vulnerable a cambios bruscos en la calidad del agua a tratar, circunstancia que se presenta con frecuencia en Usme debido a los cambios climáticos y las temporadas de lluvia. Igualmente, con base en los recorridos de asesoría que adelanta el Hospital en cada sistema, se establecen varias deficiencias técnicas de diseño y construcción, que presumiblemente pueden ser causa de la mala calidad del agua suministrada a la comunidad. Dentro de las fallas identificadas se observan improvisados sistemas de ventilación para las tuberías, con perforaciones que carecen de cualquier tipo de protección, desconociendo la posibilidad de contaminación del agua tratada por contacto con aguas contaminadas por agroquímicos o por materia fecal. Riesgo similar sufren la mayoría de las cámaras de quiebre, que tienen su ubicación en medio de cultivos o zonas de pastoreo, y que se encuentran a ras de piso y protegidas con tapas que permiten la filtración de agua al interior de la estructura. Se observaron tanques desarenadores sin desagües para lavado o Bypass, lo cual hace que sus condiciones higiénicas sean deficientes. Si bien es cierto que los desarenadores no llevan tapa, en el caso de las veredas de Usme se debe considerar la posibilidad de instalarlas debido a la ubicación de los mismos en predios donde entran en contacto con el agua desde animales de abasto, animales silvestres, hasta insectos y pesticidas. Para terminar esta síntesis, es necesario mencionar que muchos de los tanques de almacenamiento tienen fallas en el diseño, ya que las tuberías de desagüe fueron ubicadas por encima del fondo de los mismos, lo que no permite garantizar el correcto procedimiento de lavado y desinfección. Estas condiciones ponen en riesgo a la población de la zona rural, generando una exposición a contaminantes hídricos, que se relacionan con enfermedades como la EDA y la Hepatitis A.

- **Vereda Agualinda Chiguaza.**

El origen del nombre de esta vereda, se debe a dos razones principales, una rescatando el nombre de una antigua vereda llamada Agualinda que abarcaba los territorios de las actuales Agualinda Chiguaza y Olarte, y el resto debido a la quebrada Chiguaza que recorre la vereda. Esta vereda tiene un pequeño centro poblado en el cual tiene el paradero de una de las empresas de transporte público que llegan a Usme Centro. La primaria y secundaria son los principales niveles educativos alcanzados por la población de la vereda.

**Imagen 4. Veredas localidad de Usme, Bogotá D.C, 2005**



*Fuente: Georreferenciación a partir de las bases de datos del H. Usme E.S.E 2010-Base cartográfica DADP 2005.*

### 3.2 Marco legal.

#### 3.2.1 Normativa general para la constitución y formalización de la asociación.

##### a. Constitución política de Colombia 1991.

- *Capítulo 5.* De la finalidad social del estado y de los servicios públicos.
- *Artículo 365.* Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley, podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios. Si por razones de soberanía o de interés social, el Estado, mediante ley aprobada por la mayoría de los miembros de una y otra cámara, por iniciativa del Gobierno decide reservarse determinadas actividades estratégicas o servicios públicos, deberá indemnizar previa y plenamente a las personas que en virtud de dicha ley, queden privadas del ejercicio de una actividad lícita.

- *Artículo 366.* El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.
- *Artículo 367.* La ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos. Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. La ley determinará las entidades competentes para fijar las tarifas.
- *Artículo 368.* La Nación, los departamentos, los distritos, los municipios y las entidades descentralizadas podrán conceder subsidios, en sus respectivos presupuestos, para que las personas de menores ingresos puedan pagar las tarifas de los servicios públicos domiciliarios que cubran sus necesidades básicas.
- *Artículo 369.* La ley determinará los deberes y derechos de los usuarios, el régimen de su protección y sus formas de participación en la gestión y fiscalización de las empresas estatales que presten el servicio. Igualmente definirá la participación de los municipios o de sus representantes, en las entidades y empresas que les presten servicios públicos domiciliarios.
- *Artículo 370.* Corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten.

**b. Ley 142 De 1994 “Régimen de los servicios públicos domiciliarios”.**

- *Artículo 10.* Libertad de empresa. Es derecho de todas las personas organizar y operar empresas que tengan por objeto la prestación de los servicios públicos, dentro de los límites de la Constitución y la ley. *Título 1.* De las personas prestadoras de los servicios públicos
- *Artículo 15.* Personas que prestan servicios públicos. *15.4.* Las organizaciones autorizadas conforme a esta Ley para prestar servicios públicos en municipios menores en zonas rurales y en áreas o zonas urbanas específicas. “En relación con las organizaciones autorizadas para

prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas” En consecuencia, debe reglamentarse la participación de las comunidades organizadas en la prestación de servicios públicos de agua potable y saneamiento básico.

- *Decreto 552 Del 2011*. "Por el cual se dictan medidas para mejorar las condiciones de prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico por parte de comunidades organizadas en acueductos comunitarios".

Que los acueductos comunitarios son instituciones populares que funcionan en torno a la gestión del agua, entendida ésta como bien común y derecho fundamental, los cuales contribuyen al mejoramiento de su calidad de vida, constituyéndose en instancias de articulación del territorio rural y la población campesina.

Que las organizaciones comunitarias tienen por finalidad dinamizar y crear nuevas formas de participación para solucionar sus propios problemas, lo hacen de forma organizada y contribuyen al mejoramiento de su calidad de vida.

### **3.2.2 Normativa sobre calidad de agua.**

- a. *Decreto 1575 Del 2007*. “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”

- *Artículo 1º. Objeto Y Campo De Aplicación*. 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.

Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios.

- b. *Resolución 2115 Del 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.”

En el que se establecen los valores máximos y mínimos permisibles para los parámetros físicos del agua (color aparente, color y sabor y turbiedad), químicos (cobre, mercurio, plomo, níquel, carbono orgánico total, nitritos, nitratos, fluoruros, etc.), microbiológicos. (Coniformes totales, Escherichia coli).

### 3.2.3 Normativa sobre servicios públicos aplicables.

- **Ley 142 De 1994 “Régimen de los servicios públicos domiciliarios”.**

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 de que trata el artículo 15 de la presente Ley, y a las actividades complementarias definidas en el Capítulo II del presente título y a los otros servicios previstos en normas especiales de esta Ley.

### 3.2.4 Normatividad interna.

- **Estatutos generales internos de la asociación de usuarios del acueducto de la Vereda Agualinda- Asoagualinda.**

Denominación, domicilio y radio de acción.

## 3.3 Marco institucional.

### 3.3.1 Secretaria De Hábitat.

La Secretaría Distrital del Hábitat (SDHT), fue creada mediante el Acuerdo 257 del 30 de noviembre de 2006 e inició su operación a partir del 1 de enero de 2007, siendo la entidad rectora del sector hábitat. Su objeto es formular las políticas de gestión del territorio urbano y rural en orden a aumentar la productividad del suelo urbano, garantizar el desarrollo integral de los asentamientos y de las operaciones y actuaciones urbanas integrales, facilitar el acceso de la población a una vivienda digna y articular los objetivos sociales económicos de ordenamiento territorial y de protección ambiental.

- **Subsecretaria de planeación y política:**

- ✓ Subdirección de servicios públicos:

- Promover la ejecución de los planes, programas y proyectos de los Planes Maestros de servicios públicos.
    - Articular con las empresas (sic) se servicios públicos nacionales, regionales y locales, la formulación de planes, programas y proyectos conjuntos en el ámbito de la integración y el desarrollo regional.
    - Promover la articulación de los planes y programas de expansión de las empresas de servicios públicos, como soporte a los programas y proyectos a cargo del sector del hábitat.

- Promover la política de otorgamiento y financiación de los subsidios a los usuarios de estratos bajos para su adopción por el Alcalde Mayor, teniendo en cuenta para ello las estrategias propuestas por las entidades prestadoras de servicios públicos, de acuerdo con la normatividad vigente.
- Diseñar la política de gestión estratégica del ciclo del agua en coordinación con la Secretaría Distrital de Ambiente.
- Promover la asunción de responsabilidades frente a la utilización de recursos no renovables, la mitigación de riesgos y la atención de emergencias por parte de las empresas prestadoras de servicios públicos.
- Proponer programas y proyectos para el fortalecimiento del control social de la prestación de los servicios públicos domiciliarios, en coordinación con la Subdirección de Participación y Relaciones con la Comunidad.
- Evaluar los sistemas de atención a los usuarios en las empresas prestadoras de servicios públicos y orientar las acciones para la mejor atención a las peticiones, quejas y reclamos.

### **3.3.2 Asociación de usuarios de la Vereda Agualinda Chiguaza.**

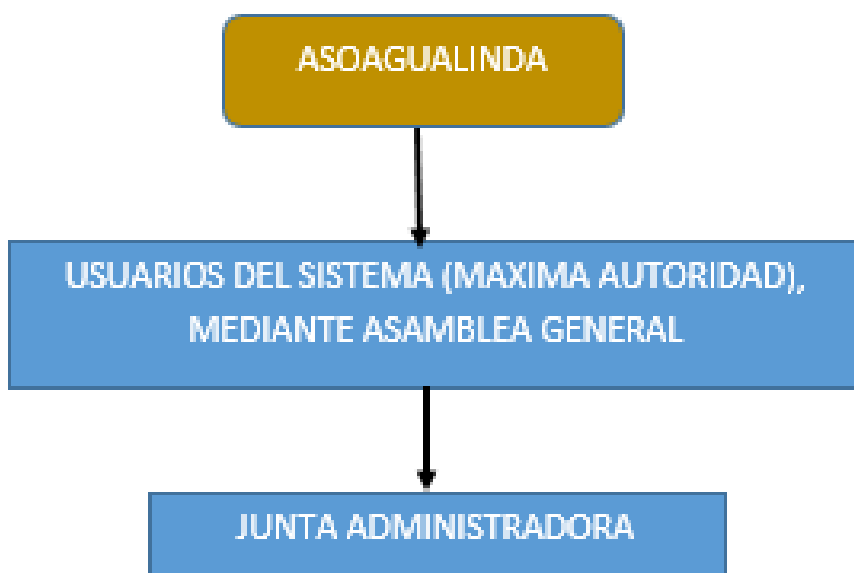
Entidad autónoma de carácter privado y sin ánimo de lucro, tiene su domicilio en Bogotá, Distrito Capital, lugar en el cual se desarrolla su objeto social. Constituida por los usuarios de los sistemas y su máxima autoridad será la asamblea a general de usuarios. La dirección de la ASOCIACIÓN de usuarios está en cabeza de la Junta administradora. El término de duración de la ASOCIACIÓN de usuarios será hasta el año 2050; la ASOCIACION de usuarios orientará sus acciones con los siguientes principios:

- ✓ Igualdad de derechos y obligaciones
  - ✓ Participación democrática en las deliberaciones y decisiones
  - ✓ Ausencia de cualquier discriminación, ya sea por razones políticas, religiosas, sociales o de raza.
- **Los objetivos sociales de la asociación, son de manera general los siguientes.**
- ✓ Dotar de agua potable a cada una de las viviendas, que cubre el sistema asumiendo la administración, operación y mantenimiento; así como el suministro del agua a los demás usos, de acuerdo con las normas legales y teniendo en cuenta los términos de la concesión otorgada por la CAR o autoridad ambiental correspondiente.
  - ✓ Promover la defensa y protección de los recursos de agua a través de la actividad participación de los usuarios.
  - ✓ Gestionar ante las respectivas entidades oficiales y privadas que desarrollen trabajo de promoción de la comunidad, el apoyo requerido en lo relacionado con

el estudio, diseño, construcción, mantenimiento, ampliaciones y reformas del sistema.

- ✓ Gestionar los recursos y apoyos requeridos para la eficaz prestación del servicio, ante las entidades territoriales que contemplen dicho apoyo.
- ✓ Motivar y comprometer a los usuarios de la fiscalización y vigilancia de la prestación del servicio.
- ✓ Adoptar las políticas y normas establecidas por las autoridades sanitarias y los organismos encargados del saneamiento básico y dotación de agua potable.

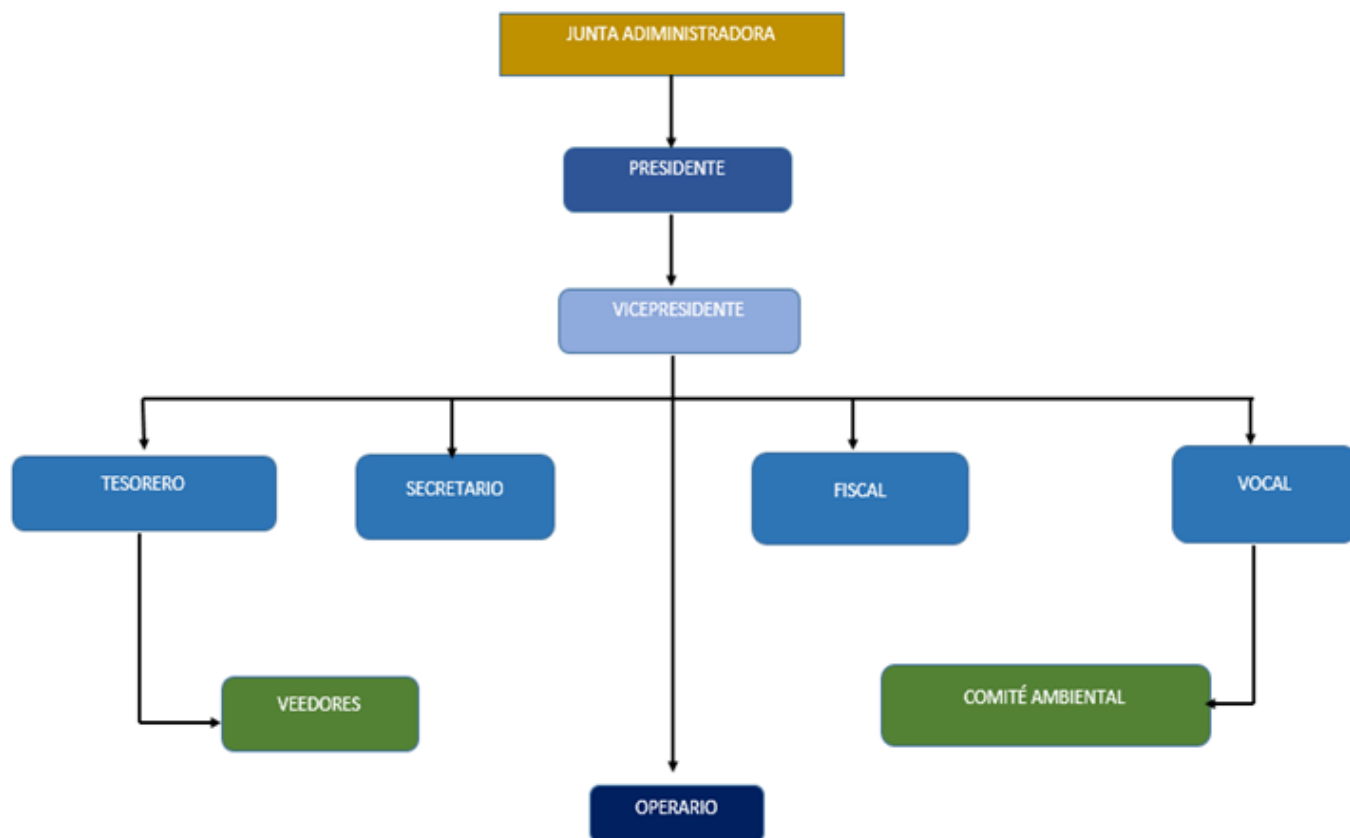
#### Ilustración 1. Esquema de decisiones internas en la asociación



*Fuente. Autores*



▪ **Organigrama 2. Esquema de junta administrativa de la asociación.**



*Fuente. Autores*

### 3.3.3 Secretaria distrital de salud.

Entidad rectora en salud en Bogotá D.C. responsable de garantizar el derecho a la salud a través de un modelo de atención integral e integrada y la gobernanza, para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población del Distrito Capital. Mediante su sub área la OSAB- El Observatorio de Salud Ambiental de Bogotá D.C. OSAB, es un centro de referencia a nivel distrital para el abordaje intersectorial y el análisis integral de los determinantes socio ambientales del proceso salud enfermedad en la ciudad. Tiene como propósito integrar, promover y apoyar esfuerzos distritales de carácter técnico, político y social tendientes a la conservación del ambiente como estrategia de mejoramiento de las condiciones de salud y la calidad de vida de los bogotanos. Estas condiciones ambientales se abordan como un determinante que genera un perfil de protección o deterioro de la salud humana. Dado el alcance que para el Distrito Capital tiene la gestión de la Salud ambiental, el Observatorio cuenta con la información de los temas que

aborda cada una de las líneas de intervención de la Política Distrital de Salud Ambiental. Unas de sus áreas de control es la calidad del agua y saneamiento básico.

a. **Objetivo general del observatorio de salud ambiental de Bogotá D.C.**

Integrar, promover y apoyar esfuerzos distritales de carácter técnico, político y social tendientes al mejoramiento y conservación del ambiente como estrategia para mejorar las condiciones de salud y la calidad de vida de los bogotanos.

b. **Objetivos específicos.**

- Fortalecer la gestión en salud ambiental a nivel Distrital y Local, generando acciones y recomendaciones para la formulación, ajuste y seguimiento de políticas públicas distritales relacionadas con los temas sanitarios y ambientales.
- Consolidar, analizar y divulgar la información generada a partir de las líneas de intervención de la Política Distrital de Salud Ambiental en el Distrito Capital.
- Identificar problemas y líneas de investigación que permitan la generación de conocimiento sobre la relación salud y ambiente; aportando en la evaluación del impacto sanitario y ambiental de los planes, programas y proyectos distritales y locales.
- Promover el seguimiento y monitoreo permanente a las situaciones en salud generadas por determinantes socio ambientales, y a las respuestas comunitarias e institucionales que se dan a estas situaciones, incluyendo la identificación, análisis y divulgación de potenciales alertas sanitarias y ambientales de impacto en la ciudad.
- Propiciar espacios de debate público frente a temas de salud ambiental, como estrategia de empoderamiento comunitario y fortalecimiento institucional para mejorar condiciones de calidad de vida y salud en Bogotá.

#### **4 Metodología de la investigación.**

Con el fin de caracterizar el tipo de investigación, se proponen las siguientes clasificaciones según diferentes categorías de análisis. De acuerdo al propósito o finalidad, la investigación es aplicada o empírica; dado que se enfoca en las prácticas llevadas a cabo en el manejo de la PTAP. Los medios utilizados para la recolección de datos se fundamentan en entrevistas, cuestionarios, encuestas y la observación; por lo tanto también se puede clasificar como investigación de campo cualitativa, sin excluir la revisión documental que se realiza para la consolidación del marco teórico. Así mismo presenta un enfoque cuantitativo de observación y análisis de variables, se logra caracterizar y describir el objeto de estudio, dando primordial importancia a sus propiedades específicas, lo que permite una valoración final, para efectos del presente trabajo, dado que contiene los dos enfoques (cualitativo y cuantitativo) definimos a este como una investigación con metodología mixta, la cual es punto de partida para la formulación de un plan

de mejoramiento que de cabalidad al objetivo general de este proyecto de investigación. Para tal efecto, a continuación se propone un diseño metodológico estructurado en cuatro fases: descripción, análisis, diagnóstico y plan de mejoramiento, las cuales se articulan de forma consecutiva con la obtención de las metas propuestas.

#### **4.1 Fase I. Descripción.**

Esta fase se diseñó con el propósito de alcanzar el primer objetivo específico relacionado con la descripción de la infraestructura y los procesos de tratamiento de la PTAP de la vereda Agualinda Chiguaza. Allí se identificó el objeto de estudio y se planteó dos variables de análisis: la infraestructura, refiriéndose al estado y componentes de la planta física de la PTAP; y los procesos, entendidos como los métodos llevados a cabo en la potabilización del agua. Para llevar a cabo esta fase descriptiva se propuso cuatro instrumentos de recolección de datos con formatos lógicos y organizados. Los dos primeros son listas de chequeo (ver anexos 11,1 y 11,2) que permitieron identificar las estructuras y los procesos presentes en el acueducto comunitario Agualinda Chiguaza. Una vez determinados estos dos componentes, se procedió a especificar en detalle sus características mediante la aplicación de dos matrices de descripción (ver anexos 11.3 y 11,4).

#### **4.2 Fase II. Análisis.**

Esta fase se planteó con la intención de alcanzar el segundo objetivo específico el cual busco realizar un análisis general de la infraestructura y de los procesos de tratamiento de la planta, de modo que fuese posible reconocer el estado real de las mismas, así como indagar sobre los protocolos y prácticas llevadas a cabo por el fontanero de la PTAP en sus labores de operación y mantenimiento. Tal información se recolecto diligenciando dos matrices de análisis sobre el estado de la infraestructura y los procesos presentes en la planta (ver anexos 11,5 y 11,6), otra técnica empleada para la recopilación de la información es la implementación de una entrevista (ver anexo 11,7) con la cual se buscó profundizar sobre las variables de estudio desde un punto de vista externo de acuerdo con el criterio y experiencia del fontanero.

#### **4.3 Fase III. Diagnóstico.**

Una vez registrados y analizados los datos obtenidos en las fases anteriores se procedió a su interpretación, de tal forma que se obtuvo una perspectiva clara sobre las fortalezas y debilidades encontradas en la PTAP. Cuantificando las variables de estudio fue posible evaluar el estado de las mismas y priorizar aquellos aspectos que requieran una intervención. De esta manera se dio cumplimiento al tercer objetivo específico referente al diagnóstico del estado de las estructuras y de los procesos de tratamiento en la PTAP Agualinda Chiguaza.

La práctica de evaluación incluida los valores asignados en las tablas, que se describen a continuación, son elaborados por los autores del proyecto, como una herramienta que permite calificar el estado actual de la infraestructura y procesos existentes en la PTAP evaluada.

Dentro de las variables infraestructura y procesos encontramos, desglosado cada parte funcional de dichas variables las cuales permiten realizar un diagnóstico minucioso de cada una de las infraestructuras presentes en la PTAP y de los procesos que se desarrollan en dichas infraestructuras.

**Tabla 6. Variables.**

N°	VARIABLE INFRAESTRUCTURA	VARIABLE PROCESOS
1	Bocatoma	Cribado
2	Tuberías y accesorios	Aducción
3	Desarenador	Desarenación
4	Bandeja de aireación	Aireación
5	Cono de mezcla rápida	Coagulación y ajuste del pH
6	Sedimentador	Floculación y sedimentación
7	Filtro	Filtración
8	Tanque de cloración	Cloración
9	Tanque de almacenamiento	Almacenamiento de agua potable

*Fuente. Autores*

Cada parte funcional desglosada en las variables, establecidas serán diagnosticadas en paralelo (una infraestructura y el proceso que se desarrolla en la misma), y se tendrá en cuenta el análisis previo de las mismas para determinarle uno de cuatro posibles diagnósticos presentados a continuación:

- ✓ **Diagnóstico 1.** La infraestructura se encuentra en buenas condiciones y el proceso se desarrolla eficientemente. (corresponde a este diagnóstico las infraestructuras que no presento daños por fisuras, corrosión, erosión, oxidación, fugas, desgastes y deformaciones; del mismo modo corresponde a este diagnóstico los procesos cuya función refleja cumplimiento con los valores condicionados en la resolución 2115 de 2007, también aquellos procesos que brindan las condiciones necesarias para que el agua sea tratada en los procesos posteriores sin la afectación de los mismos).
- ✓ **Diagnóstico 2:** La infraestructura no se encuentra en buenas condiciones pero el proceso se desarrolla eficientemente. (corresponde a este diagnóstico las infraestructuras que presentan daños por fisuras, corrosión, erosión, fugas, desgastes y deformaciones; del mismo modo corresponde a este diagnóstico los procesos cuya función refleja cumplimiento con los valores condicionados en la resolución 2115 de 2007, también aquellos procesos que brindan las condiciones necesarias para que el agua sea tratada en los procesos posteriores sin la afectación de los mismos).

- ✓ **Diagnóstico 3:** La infraestructura se encuentra en buenas condiciones pero el proceso no se desarrolla eficientemente. (corresponde a este diagnóstico las infraestructuras que no presentan daños por fisuras, corrosión, erosión, fugas, desgastes y deformaciones; del mismo modo corresponde a este diagnóstico los procesos cuya función no refleja cumplimiento con los valores condicionados en la resolución 2115 de 2007, también aquellos procesos que no brindan las condiciones necesarias para que el agua sea tratada en los procesos posteriores sin la afectación de los mismos).
- ✓ **Diagnóstico 4:** La infraestructura no se encuentran en buenas condiciones y el proceso no se desarrolla eficientemente. (Corresponde a este diagnóstico las infraestructuras que no presentan daños por fisuras, corrosión, erosión, fugas, desgastes y deformaciones; del mismo modo corresponde a este diagnóstico los procesos cuya función no refleja cumplimiento con los valores condicionados en la resolución 2115 de 2007, también aquellos procesos que no brindan las condiciones necesarias para que el agua sea tratada en los procesos posteriores sin la afectación de los mismos).

A cada diagnóstico se le estableció un valor numérico que permite cuantificar el estado de cada parte funcional en paralelo. Y de este modo realizar un diagnóstico general de las variables infraestructura y procesos, el cual se expresara en términos de eficiencia entendiéndola como la capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.

Los valores establecidos para cada diagnóstico son los siguientes:

**Tabla 7. Valores para evaluación del diagnóstico.**

DIAGNÓSTICO	VALOR
Diagnóstico 1	4
Diagnóstico 2	3
Diagnóstico 3	2
Diagnóstico 4	1

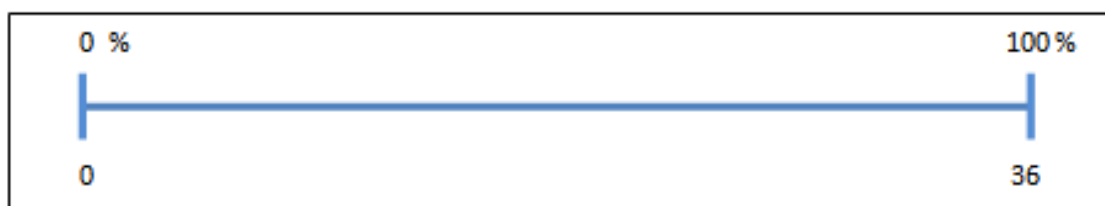
*Fuente. Autores*

▪ **Determinación de la eficiencia general de las variables infraestructura y procesos.**

La sumatoria de los valores del diagnóstico para cada parte funcional de las variables en paralelo que combina una estructura y el proceso desarrollado en la misma; permite evaluar la eficiencia general de las variables infraestructura y proceso.

Teniendo en cuenta que el máximo valor total de diagnóstico es 36 (número obtenido al multiplicar 9 de las sub variables en paralelo por 4 el máximo valor de diagnóstico), la eficiencia general de las variables infraestructura y procesos se determinará así:

Se establece una relación de proporcionalidad tomando el valor de 36 como 100% de eficiencia.

**Grafico 1. Eficiencia general.**

*Fuente. Autores*

Suponiendo que **VT** sea el valor total de diagnóstico, la relación de proporcionalidad sería de la siguiente manera:

$$\frac{\mathbf{VT} * 100 \%}{36} = \text{Valor de la eficiencia general de infraestructura y procesos en \%}$$

- Determinación del estado de la variable infraestructura:

Teniendo en cuenta que las sub variables identificadas para la variable infraestructura son 9, el estado de esta se determinará según los 9 diagnósticos correspondientes a cada sub variable así:

Se suman cuantas de las 9 sub variables de infraestructura se encuentran en óptimas condiciones y se establece una relación de proporcionalidad tomando el valor de 9 como 100% de estructuras en óptimas condiciones.

**Grafico 2. Estado de la infraestructura.**

*Fuente. Autores*

Suponiendo que **X** sea el número de sub variables que se encuentra en óptimas condiciones, la relación de proporcionalidad sería de la siguiente manera:

$$\frac{\mathbf{X} * 100 \%}{9} = \% \text{ de la infraestructuras que se encuentra en optimas condiciones}$$

- Determinación de la eficiencia de la variable procesos:

Teniendo en cuenta que las sub variables identificadas para la variable procesos son 9, la eficiencia de esta se determinara según los 9 diagnósticos correspondientes a cada sub variables así:

Se suman cuantas de las 9 sub variables de procesos se desarrollan eficientemente y se establece una relación de proporcionalidad tomando el valor de 9 como 100% de eficiencia.

**Grafico 3. Eficiencia de la variable procesos.**



*Fuente. Autores*

Suponiendo que **Y** sea el número de sub variables que se desarrollan eficientemente, la relación de proporcionalidad seria de la siguiente manera:

$$\frac{Y * 100 \%}{9} = \text{Valor de la eficiencia en \%}$$

#### **4.4 Fase IV. Plan de mejoramiento.**

Después de haber realizado las tres fases anteriores (descripción, análisis y diagnóstico) para evidenciar el rendimiento del acueducto desde (aducción-bocatoma, desarenador, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento), se realiza un plan de mejoramiento que busca corregir las afectaciones encontradas en el acueducto, a partir de la identificación puntual de los daños que podrán ser corregidos, al priorizar dichas falencias de la siguiente manera:

El sistema de evaluación que se presenta a continuación es elaborado por los autores del proyecto, para ser aplicado a la PTAP, identificando y calificando las falencias de los procesos e infraestructura existentes.

**Tabla 8. Grado de priorización de daños.**

Prioridad	Grado
Bajo	1-3
Medio	4-7
Alto	8-10

*Fuente. Autores*

Por otro lado este acueducto por ser de ámbito comunal, no representa ganancias considerables que puedan apuntar en la solución total de las falencias en una misma fecha. En busca de hacer más accesible el proyecto al Acueducto, se apuntó a dividir el plan de mejoramiento en tres fases, cada fase tendrá (objetivo, meta, indicador, recurso y costo), en las que se repartieron las soluciones según la prioridad que se les dio, y se complementó con trabajos adicionales de menores costos, para repartir el presupuesto de forma igual en las tres fases. El objetivo es tener un plazo no mayor a un año y medio es decir 18 meses, divididos en las tres fases, dando espacio de 6 meses para la implementación de cada una, y la búsqueda de presupuesto por parte de la Asociación comunal.

**Tabla 9. Tiempo de ejecución.**

Etapas	Tiempo de ejecución
Etapa 1.	1 al 6 mes
Etapa 2.	7 al 12 mes
Etapa 3.	13 al 18 mes

*Fuente. Autores*

## **5 Fase I. Descripción de la infraestructura y de los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la Vereda Agualinda Chiguaza.**

### **5.1 Descripción de la infraestructura de la PTAP.**

La planta de tratamiento de agua potable de la asociación de usuarios de la Vereda Agualinda Chiguaza, distribuye 259.2 m<sup>3</sup>/día, a cerca de 170 suscriptores, captados de la Quebrada Chiguaza, mediante concesión de agua Araucanía N. 0908 de mayo de 2008 otorgada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR.

Este sistema cuenta con la Quebrada Chiguaza como fuente abastecedora, comprende un caudal de 3 L/S en temporada de sequía y alcanza alrededor de los 9 L/S, en temporada de lluvia, nace en el Alto de la piedra de la Bala a unos 3150 msnm, la captación se realiza en la cuenca alta a unos escasos kilómetros de su nacimiento, donde conserva aún sus propiedades físicas y químicas intactas, es decir donde su agua aun es segura.



La PTAP, cuenta con las siguientes estructuras para su buen funcionamiento:

a. **Bocatoma:**

Para la captación del agua se diseñó una bocatoma de tipo fondo, la estructura abarca de forma horizontal el lecho de la quebrada es decir aproximadamente 2.50 metros de longitud, adicionalmente tiene una altura aproximada de 2.30 metros. En la parte superior - izquierda del fondo de la bocatoma se localiza perpendicular al flujo del agua una rejilla de 0.80 metros de largo y 0.45 metros de ancho, la cual capta 3 L/S aproximadamente para el buen funcionamiento de la PTAP. Adicionalmente en la parte izquierda de la bocatoma (con dirección a la corriente), se diseñó una caja de derivación, la cual almacena el agua que atraviesa la rejilla con un área aproximada de 0.049 m<sup>2</sup> y una capacidad de almacenaje de aproximadamente 39,2 litros. Esta estructura comprende dos tuberías, de arriba hacia abajo. La tubería de desagüe de seis pulgadas con dirección a la fuente abastecedora, cumple la función de limpieza en la misma caja, activada por un válvula; la segunda tubería es la que se dirige al desarenador con un diámetro de cuatro pulgadas, que al salir de la caja de almacenaje en la bocatoma, contiene una segunda válvula, que permite el corte del paso del agua, para efectos de mantenimiento, entre otros. (Ver ANEXO 11.9. Plano N° 1. Bocatoma).

**Imagen 6. Bocatoma.**



*Fuente. Autores*

**Imagen 5. Rejilla bocatoma.**



*Fuente. Autores*

b. **Línea de aducción (bocatoma a desarenador):**

Esta tubería tiene una longitud aproximada de 72 metros lineales desde la bocatoma hasta el desarenador. Toda la tubería que comprende el sistema hasta la entrada de la PTAP, es en PVC RDE 21, con diámetro de 4 pulgadas y enterrada a una profundidad de 0.85 metros aproximadamente, buscando la mejor localización del desarenador y la pendiente respectiva para permitir el flujo por gravedad del agua.

En la entrada al desarenador se encuentra una (T) que fracciona la tubería principal a dos tuberías con sus respectivas válvulas, la primera se dirige al desarenador, la segunda rodea el desarenador

y se conecta a la tubería de salida del desarenador, su objetivo es funcionar como BY PASS, es decir que permita continuar con el flujo de agua a la PTAP, en caso de que el desarenador este en reparación o limpieza.

c. **Desarenador.**

Esta estructura elaborada en concreto reforzado, está situada en un área constantemente cultivada, tiene un área aproximada de 4.025 m<sup>2</sup> y almacena aproximadamente 4.428 litros de agua. El desarenador es de tipo convencional, es decir que cuenta con una cámara de entrada, esta es conectada por una tubería de 4 pulgadas que se derivó de la (T) ubicada en la línea de aducción principal; dicha tubería contiene su respectiva válvula para llenado o para intervenir y cerrar el paso del agua en caso de lavado o reparación del desarenador. También cuenta con una cámara de rebose, en la cual se controla la cantidad de agua que soporta la estructura, para ello el agua que llega a esta cámara es devuelta a la fuente abastecedora mediante una tubería de 4 pulgadas. En la zona de sedimentación ocurre el proceso de decantación de las partículas más pesadas; esta sección es la de mayor longitud en toda la estructura y cuenta con un sistema de desagüe con tubería de 4 pulgadas que permite el lavado de la estructura para retirar lodos y evitar la saturación.

El desarenador se encuentra sellado por 4 tapas de aluminio, con sus respectivos candados para evitar la contaminación del agua con por productos agroquímicos u otros que puedan caer en la misma debido al posicionamiento de la estructura. (Ver ANEXO 11.10. Plano N° 2. Desarenador).

**Imagen 7. Desarenador.**



*Fuente. Autores*

**i. Línea de aducción (desarenador – PTAP).**

La tubería comprendida para este tramo es en PVC RDE 21 y tiene una longitud de 150 m y un diámetro de 3 pulgadas, en todo el trayecto recorre varios terrenos de cultivo y su profundidad oscila entre los 0.85 m y 2 m.

**j. Planta de potabilización.**

Esta generaliza varias estructuras que conforman la PTAP, las cuales se describen posteriormente. La planta de potabilización ocupa un área aproximada 8.37 m<sup>2</sup>, esta es de tipo modular (compacta) con los procesos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. (Ver ANEXO 11.11. Plano N° 3. PTAP vista anterior y ANEXO 11.12. Plano N° 4. PTAP vista posterior).

**Imagen 8. Planta de potabilización Chiguaza.**

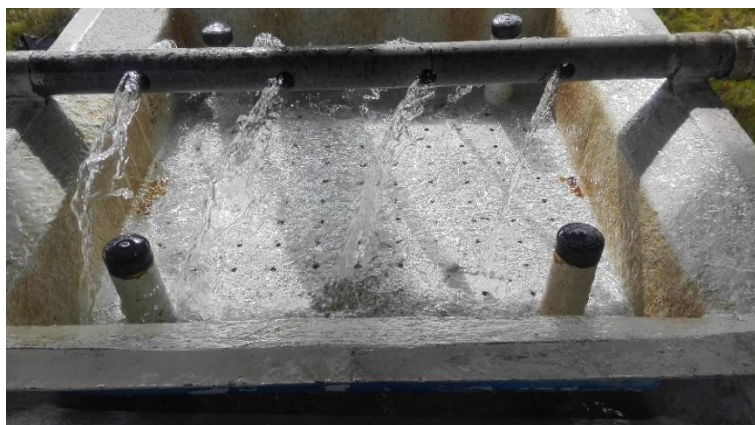


*Fuente. Autores*

**k. Bandejas de aireación.**

El agua llega del desarenador a esta estructura por una tubería en PVC RDE 21 de 4 pulgadas de diámetro. Esta estructura está ubicada a unos 7,45 metros de altura y comprende una torre de dos bandejas perforadas por el fondo.

**Imagen 9. Bandeja de Aireación.**



*Fuente. Autores*

**I. Cono de mezcla rápida.**

Estructura construida en fibra de vidrio con forma de cono dispuesta para realizar allí la mezcla rápida (sulfato de aluminio + agua + soda caustica).

**Imagen 10. Cono de mezcla rápida (coagulación)**



*Fuente. Autores*

**m. Sistema modular de sedimentación.**

De forma ascendente el agua entra a un módulo laminar que combina los procesos de floculación y sedimentación con una capacidad de  $7,72 \text{ m}^3$ . Este módulo es un tanque en forma de panal que consta de 6 a 8 láminas lisas perpendiculares al flujo del agua, y cuenta con una tubería de desagüe en acero galvanizado con un diámetro de 2 pulgadas.

**Imagen 11. Sistema modular de sedimentación.**



*Fuente. Autores*

**n. Filtro.**

Es un tanque construido en fibra de vidrio que en su interior está constituido por un medio poroso compuesto con grava, arena y antracita.

**Imagen 12. Filtro.**



*Fuente. Autores*

**o. Tanque de cloración.**

Este tanque funciona de modo ascendente y tiene una capacidad de almacenamiento de 3,5 m<sup>3</sup>; posee una tubería de desagüe en acero galvanizado con un diámetro de 2 pulgadas con su respectiva llave para el control del flujo del agua, además incorpora una tubería en PVC RDE 21 de 6 pulgadas que se dirige a el tanque de almacenamiento.

**Imagen 13. Tanque de cloración.**



*Fuente. Autores*

**p. Línea de conducción PTAP - Tanque de almacenamiento.**

De la PTAP sale una tubería en PVC RDE 21 de 6 pulgadas; recorre aproximadamente 2 metros hasta la entrada al tanque de almacenamiento, allí se divide en dos, mediante un macro medidor que permite visibilizar la cantidad de agua que sale de la PTAP. Una de las divisiones se dirige y presta para el llenado del tanque de almacenamiento, esta tubería es de 4 pulgadas y permanece constantemente en operación. Cuenta con una válvula para cierre de la misma por limpieza o restauración del tanque de almacenamiento. La otra sección de tubería es también de 4 pulgadas y funciona como BY-PASS, conectándose a la tubería de salida del tanque de almacenamiento, es decir a la tubería de distribución.

**q. Tanque de almacenamiento.**

Esta estructura está elaborada en concreto reforzado, tiene una capacidad de almacenaje de 69,4 m<sup>3</sup>. Cuenta con dos tapas en aluminio, una para revisión y limpieza del tanque y la otra que resguarda las válvulas de la tubería de salida y/o distribución y la tubería de desagüe, las dos con diámetro de 6 pulgadas, la tubería de desagüe tiene salida a la fuente abastecedora a más o menos 2.5 kilómetros lineales con referencia a la bocatoma. (Ver ANEXO 11.13. Plano N° 5. Plano de tanque de almacenamiento).

**Imagen 14. Tanque de almacenamiento.**

*Fuente. Autores*

**5.2 Descripción de procesos presentes en la PTAP.****a. Cribado.**

Este proceso tiene cabida en la rejilla ubicada en el fondo la bocatoma, esta impide el paso de material flotante o sobrenadante para evitar que este llegue a los posteriores procesos y dificulte su desarrollo.

**b. Aducción.**

Conducción del agua cruda desde la fuente de abastecimiento hasta la PTAP mediante una red de tuberías.

**c. Desarenación.**

Este procesos tiene lugar en el desarenador, tiene como objetivo la remoción de partículas muy pequeñas y con mayor densidad, estas partículas se decantan más fácil en esta estructura ya que al minimizar la velocidad del agua en el transcurso de este, permite que las partículas queden en la parte inferior del desarenador y de esta manera el agua pase a su siguiente procesos con menos partículas y un poco más limpia.

**d. Aireación.**

Este proceso se utiliza para purificar el agua; mediante este el agua se expone al contacto con el aire logrando un aumento del contenido de oxígeno ( $O_2$ ), una reducción del dióxido de carbono ( $CO_2$ ), la remoción de metano, de sulfuro de hidrógeno y de otros compuestos orgánicos volátiles responsables de conferirle al agua el olor y sabor.

**e. Coagulación.**

En este proceso se realiza la dosificación del coagulante (sulfato de aluminio), para este caso se aplica una mezcla de 10 litros de agua y 1 litro de sulfato de aluminio, por goteo directo al cono de mezcla rápida, este coagulante permite crear una precipitación de partículas suspendidas y crea una atracción entre las mismas permitiendo aglutinarlas en mayor proporción para su posterior eliminación.

**f. Ajuste del pH:**

Se realiza una aplicación de soda caústica por goteo directo al cono de mezcla rápida con una dosificación de 1 a 10 (10% del Q). Este proceso reduce la capacidad disolvente y corrosiva del agua para proteger las tuberías, válvulas y accesorios.

**g. Floculación.**

Este es sucesivo al proceso anterior, puesto que en este se facilitan las condiciones necesarias para que se formen los floculos, a partir de la atracción de las partículas coloidales.

**h. Sedimentación.**

Este proceso se desarrolla mediante módulos laminares con forma de panel; al ascender el agua junto con los floculos, estos se adhieren a las paredes de las láminas o se sedimentan gracias a su peso por acción de la gravedad; permitiendo remover del agua una gran cantidad de sustancias no deseadas.

**i. Filtración.**

En este proceso el agua asciende atravesando un lecho filtrante compuesto por grava, antracita y arena, el cual permite la retención de las partículas más pequeñas que no fueron retiradas del agua en el proceso anterior.

**j. Cloración.**

En este proceso se aplica una dosis de cloro al agua previamente filtrada con el objetivo de destruir los patógenos, así como para impedir el crecimiento de algas y microorganismos que pueden interferir en el sistema de distribución y en la salud de los seres humanos.

La dosificación del cloro se realiza de forma empírica aplicando 1 litro de cloro por cada 10 litros de agua, dicha dosificación se realiza por goteo.

**k. Análisis físico- químico, microbiológico y organoléptico.**

En este proceso se realiza un control externo por parte de la secretaria de salud, esta evalúa la calidad del agua suministrada por la PTAP; de este modo se establece si el agua cumple con cada



uno de los parámetros que se evalúan para establecer si es apta para consumo humano según la resolución 2115 de 2007 (Estos análisis se realizan mensualmente).

Los parámetros analizados son los siguientes: alcalinidad total, cloro residual libre, cloruros, coliformes totales, color aparente, conductividad, dureza total, E. Coli, hierro total, pH, turbiedad y fosfatos. (Ver anexo 11.8 en este se adjunta IRCA.)

## **6. Fase II. Análisis de la infraestructura y de los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la Vereda Agualinda Chiguaza.**

En esta fase es posible reconocer el estado real de la infraestructura y de los procesos de tratamiento llevados a cabo en la PTAP.

### **6.1 Análisis de la infraestructura de la PTAP.**

#### **a. Bocatoma.**

La estructura no presenta daños que alteren su funcionamiento, la tapa que resguarda la caja de salida presenta oxidación pero no en mayor grado, no se observan grietas en el asfalto, la rejilla no presenta oxidación, las válvulas presentan oxidación de alto nivel, que dificulta la maniobra de la misma.

#### **b. Tubería bocatoma – desarenador.**

La mayor parte de la tubería se encuentra enterrada y se dificulta el análisis por su respectiva condición, sin embargo no se presenta apozamiento de agua en el suelo con la que se pueda identificar fugas de la misma tubería. La tubería que se encuentra expuesta al realizarse la división (entrada desarenador y bypass) en su válvula, presenta oxidación y corrosión, impidiendo la maniobra de la misma a la hora de abrir o cerrar.

#### **c. Desarenador.**

Esta estructura tiene altas afectaciones identificadas; como grietas en la mayor parte de la misma, aunque no hay evidencias claras de fugas en las grietas. Se identifica un desgaste y una falta de mantenimiento de la estructura, las tapas que recubren la estructura no presentan daños o alteraciones.

#### **d. Tubería desarenador – PTAP.**

A la salida del desarenador se evidencia tubería oxidada y levemente corroída, el enterramiento de la demás tuberías impide el análisis, pero no se encuentran apozamientos que estén asociados a fugas de la tubería, los accesorios como la válvula de entrada de la PTAP se encuentra oxidada.

#### **e. Bandeja de aireación (remoción de hierro).**

La bandeja de aireación presenta desgaste en su parte externa por falta de limpieza, mientras en su parte interna se evidencia presencia de tierra y algas.

f. **Cono de mezcla rápida.**

Presenta erosión en sus paredes externas debido al reboce del agua mezclada con el coagulante (sulfato de aluminio).

g. **Sistema modular de sedimentación.**

Este módulo que combina la floculación y sedimentación es un tanque que presenta erosión en su parte externa por el reboce del agua, en el interior del mismo se encuentran los módulos laminares (laminas paralelas, forma panel), los cuales están saturados de floculos y lodos debido a que no funciona el retro lavado de la estructura. Su eficiencia está dada por la siguiente formula.

$$\%remocion = \frac{(turbidez\ del\ afluente) - (turbidez\ del\ efluente)}{(turbidez\ del\ afluente)} \times 100$$

Los datos proporcionados a continuación son tomados con el equipo de medición de turbiedad (turbidímetro), facilitado por el operario. Se realizaron dos muestreos, la toma inicial (Ti) se realiza a la entrada de la PTAP y la toma final (Tf) se realiza a la salida del tanque sedimentador.

Ti: 8 NTU (unidades Nefelométricas de turbiedad).

Tf: 3 NTU (unidades Nefelométricas de turbiedad).

$$\%remocion = \frac{(8\ NTU) - (3\ NTU)}{8\ NTU} \times 100 = 62.5\%$$

h. **Filtro.**

Los lechos filtrantes se encuentran mezclados por una mala manipulación a la hora de realizar el mantenimiento manual del mismo, debido a que no funciona el retro lavado del filtro. Las paredes externas del filtro se encuentran erosionadas debido al reboce que se presenta en esta estructura; además las tuberías de desagüe, de lavado y las demás del sistema se encuentran altamente oxidadas y corroídas, tanto así que las llaves y válvulas no son de fácil manipulación, generando golpe de ariete que terminan por desprender algunas tuberías. La eficiencia del filtro es calculada de la siguiente manera.

$$\%remocion = \frac{(turbidez\ Afluente) - (turbidez\ Efluente)}{(turbidez\ afluente)} \times 100$$

Los datos proporcionados a continuación son tomados con el equipo de medición de turbiedad (turbidímetro), facilitado por el operario. Se realizaron dos muestreos, la toma inicial (Ti) se realiza a la salida del tanque sedimentador o entrada del tanque de cloración y la toma final (Tf) se realiza a la salida de la PTAP.

Ti: 3 NTU (unidades Nefelométricas de turbiedad).

Tf: 1 NTU (unidades Nefelométricas de turbiedad).

$$\%remocion = \frac{(3NTU) - (1 NTU)}{3 NTU} \times 100 = 66.6\%$$

**i. Tanque de cloración.**

Presenta deterioro en sus paredes externas por acción del tiempo de uso y por falta de mantenimiento y limpieza de la estructura, en el interior del tanque no se evidencia deterioros significativos.

**j. Tubería PTAP - tanque de almacenamiento.**

En esta tubería se encuentra expuesta a la intemperie, las válvulas presentan oxidación.

**k. Tanque de almacenamiento.**

El tanque de almacenamiento se encuentra con grietas pero sin fugas, las tapas no se encuentran con alta oxidación, pero en sus cajas, donde encuentran las válvulas, hay fugas, que dan paso a apozamiento de agua, y oxidación y corrosión de la mayoría de las válvulas.

## **6.2 Análisis de los procesos presentes en la PTAP.**

**a. Cribado (Remoción del material flótese).**

Este proceso se realiza sin contraindicaciones, mediante la implementación de una rejilla en la bocatoma de captación.

**b. Aducción.**

Este proceso funciona sin contraindicaciones.

**c. Desarenación.**

Este proceso funciona sin contraindicaciones en época de pocas precipitaciones debido al buen estado de la fuente abastecedora; sin embargo este proceso se ve afectado en época de lluvias debido a la saturación del desarenador por la gran carga adicional de sólidos en el agua de la fuente abastecedora.

La erosión presente en el desarenador no afecta este proceso, ya que el mantenimiento y limpieza del mismo mitigan su efecto en el desarrollo del proceso.

d. **Coagulación.**

Este proceso se ve muy afectado debido a que se desarrolla de manera empírica y tradicional. La adición de coagulante no obedece a la implementación del Test de Jarras que es el método implementado para determinar la dosis óptima de coagulante que se debe aplicar al agua cruda en una PTAP para asegurar la mejor reducción de los coloides en suspensión y de materia orgánica.

Además la falta de un macro medidor en las instalaciones de la PTAP impide que el operador conozca en tiempo real la cantidad de caudal (Q) que ingresa a la planta. Esto significa que para el operador, la aplicación del Test de Jarras es una pérdida de tiempo, ya que si aplica el test y conoce el valor óptimo de aplicación del coagulante no podrá adecuarlo para la cantidad de Q que ingresa a la PTAP porque no conoce dicho valor de Q.

- **Ajuste del pH.**

Se realiza empíricamente, aumentando o disminuyendo la cantidad dosificada de acuerdo con los resultados de los análisis que realiza el IRCA (índice de riesgo de la calidad del agua) de manera mensual. Esto significa que el proceso puede fallar por un mes completo si la cantidad suministrada empíricamente no es la correcta. Esto cambiaría hasta conocer los resultados que entregue el IRCA y se establezca empíricamente una nueva cantidad a dosificar.

e. **Sistema modular de sedimentación.**

Estos procesos se llevan a cabo en un mismo módulo laminar (laminas paralelas, forma panel). Los procesos se ven afectados por la falta de mantenimiento de la infraestructura en los tiempos establecidos; y esto se ve reflejado en las pruebas que realiza el IRCA ya que en ocasiones los valores permisibles para los parámetros de color aparente (UPC) y turbiedad (NTU) no se cumplen según la RES. 2115 de 2007.

f. **Filtración.**

Se realiza sin contraindicaciones a pesar del poco mantenimiento y la mala distribución de los lechos filtrantes ya que se encuentren semi combinados.

g. **Cloración.**

Se realiza sin contraindicaciones a pesar que la dosificación se realiza de forma empírica por goteo sin equipo dosificador; se evidencia un adecuado cumplimiento al parámetro de Cloro Residual según las pruebas realizadas por el IRCA según la RES. 2125 de 2007.

- **Análisis físico – químicos, microbiológicos y organolépticos:**

De manera externa este proceso lo realiza la secretaria de salud teniendo en cuenta la resolución 2115/2007 y los valores del IRCA (índice de riesgo de la calidad del agua); la secretaria de salud expide un documento en donde se notifica a la asociación de usuarios del acueducto de la Vereda Agualinda Chiguaza – ASOAGUALINDA en detalle los valores obtenidos del análisis de una

muestra tomada del sistema de abastecimiento, y la valoración de cumplimiento de los mismos según lo establecido en las resolución 2115 de 2007.

Estos análisis han arrojado pruebas de que en algunos meses no se cumple con todos los parámetros que se evalúan, siendo los más evidentes en incumplimiento el pH, color aparente, turbiedad, entre otros.

De manera interna no se realiza el control de ningún parámetro debido a la falta de equipos en las instalaciones y a la falta de capacitación del operario.

### **7 Fase III. Diagnóstico del estado de las estructuras y de los procesos de tratamiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la Vereda Agualinda Chiguaza.**

De acuerdo con la metodología de la investigación se establecieron dos variables; la variable infraestructura y la variable procesos, las cuales conforman el eje principal del análisis puesto que este permite diagnosticar el estado real de la PTAP y así poder establecer las medidas de acción necesarias que permitan mejorar los aspectos que estén alterando el funcionamiento óptimo de la misma.

#### **7.1 Diagnóstico de infraestructura y procesos presentes en la PTAP.**

Para cada sub variable se tuvo en cuenta la combinación de una estructura y el proceso desarrollado en la misma.

Las variables que se identificaron en la PTAP del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza son las siguientes:

**Tabla 10. Variables.**

N°	SUB VARIABLES	
1	Bocatoma	Cribado
2	Tuberías y accesorios	Aducción
3	Desarenador	Desarenación
4	Bandeja de aireación	Aireación
5	Cono de mezcla rápida	Coagulación y ajuste del pH
6	Sistema modular de sedimentación	Sistema modular de sedimentación
7	Filtro	Filtración
8	Tanque de cloración	Cloración
9	Tanque de almacenamiento	Almacenamiento de agua potable

*Fuente. Autores.*

▪ **Determinación de la eficiencia general de las variables infraestructura y procesos:**

**Tabla 11. Eficiencia General de las Variables.**

SUB VARIABLES	DIAGNÓSTICO	VALOR
Bocatoma – Cribado	1	4
Tuberías y accesorios – Aducción	2	3
Desarenador – Desarenación	2	3
Bandeja de aireación – Aireación	4	1
Cono de mezcla rápida – Coagulación y ajuste del Ph	4	1
Sistema modular de sedimentación	4	1
Filtro – Filtración	2	3
Tanque de cloración – Cloración	2	3
Tanque de almacenamiento – Almacenamiento de agua potable	2	3
<b>Valor total del diagnóstico</b>		<b>22</b>

*Fuente. Autores*

- ✓ Datos.
- (N° de variables) x (Valor máximo de diagnóstico) = 36.  
9 x 4 = 36.
- Valor total de diagnóstico: 22  
 $\frac{22 * 100 \%}{36} = 61,11 \%$  de eficiencia general en infraestructura y procesos.

**Grafico 4. Eficiencia general.**



*Fuente. Autores*

▪ **Determinación del estado de la variable infraestructura:**

- ✓ Datos.
- N° de variables = 9.
- Número de la cantidad de estructuras que se encuentran en óptimas condiciones: 1 (Bocatoma).

$$\frac{1 * 100 \%}{9} = 11,11 \% \text{ de la infraestructura se encuentra en optimas condiciones.}$$

**Grafico 5. Estado de la infraestructura.**



*Fuente. Autores*

### **Calculo para diagnóstico.**

$100 \% - 11,11 \% = 88,89 \%$  de infraestructura operativa con problemas de deterioro.

- **Diagnóstico de infraestructura.**

la infraestructura presente en la PTAP del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza presenta graves problemas estructurales, representados en un 88,89 % de infraestructura operativa con problemas de deterioro principalmente por corrosión, erosión, oxidación, fugas, desgastes entre otras.

Las infraestructuras que representan este 88,89 % son las siguientes:

Tuberías y accesorios, desarenador, bandeja de aireación, cono de mezcla rápida, sistema modular de sedimentación, filtro, tanque de cloración, tanque de almacenamiento.

- **Determinación De La Eficiencia De La Variable Procesos.**

- ✓ Datos.

- N° de variables = 9.

- Número de la cantidad de procesos que se encuentran en óptimas condiciones: 6 (Cribado, Aducción, desarenación, filtración, cloración y almacenamiento).

$$\frac{6 * 100 \%}{9} = 66,66 \% \text{ de los procesos se desarrollan eficientemente.}$$

**Grafico 6. Eficiencia de procesos.**

*Fuente. Autores*

### Calculo para diagnóstico

$100\% - 66,66\% = 33,34\%$  de los procesos no se desarrollan eficientemente.

- **Diagnóstico de procesos.**

Los procesos que se desarrollan en la PTAP del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza presenta problemas relacionados con falencias operativas e infraestructurales, representados en un 33,34 % de procesos cuya función no refleja cumplimiento con los valores condicionados en la resolución 2115 de 2007, también aquellos procesos que no brindan las condiciones necesarias para que el agua sea tratada en los procesos posteriores sin la afectación de los mismos.

Los procesos que representan este 33,34 % son las siguientes:

El proceso de Aireación, de coagulación y ajuste del pH y el proceso de floculación y sedimentación.

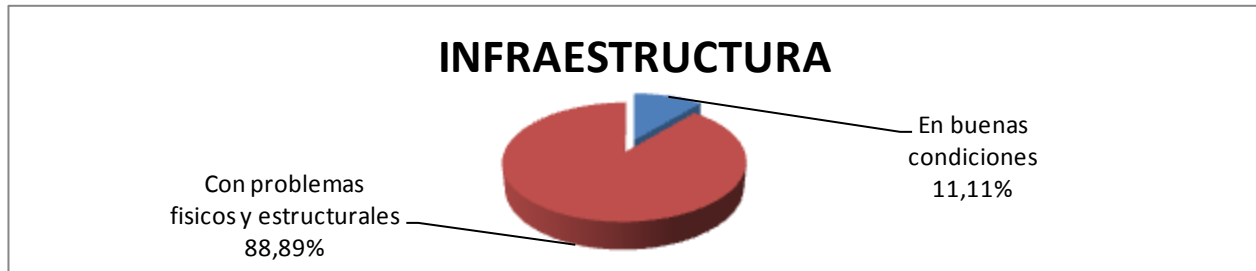
### 7.2 Diagnóstico general de funcionamiento de la PTAP.

La PTAP del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza opera en la actualidad a un 61,11 % de eficiencia, representando falencias estructurales en un 88,89 % de sus estructuras; como también en un 33,34 % de sus procesos.

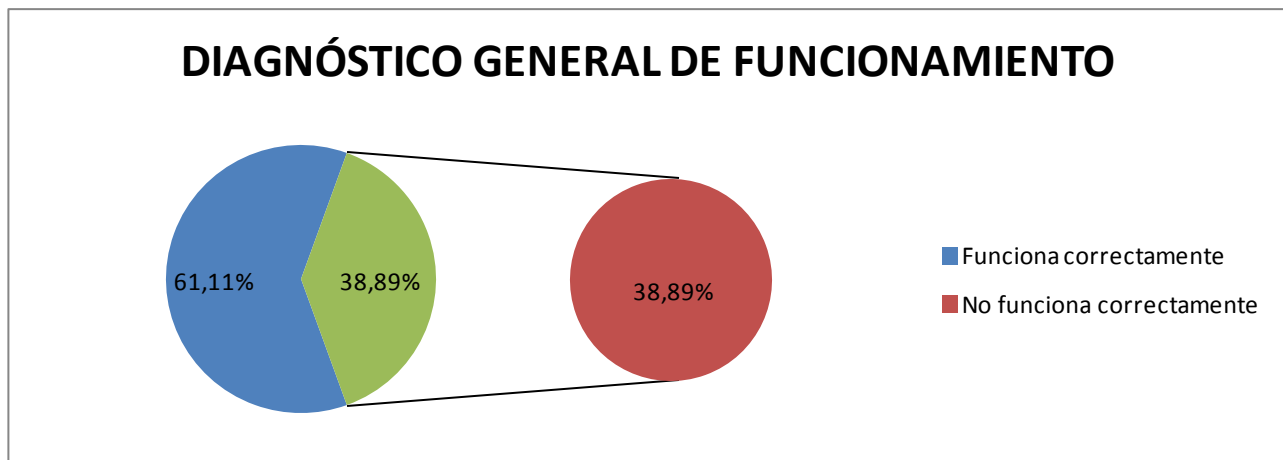
**Grafico 7. Diagnóstico de los procesos**

*Fuente. Autores*



**Grafico 8. Diagnóstico de la infraestructura.**

*Fuente. Autores*

**Grafico 9. Diagnóstico General**

*Fuente. Autores*

## 8 Fase IV. Plan de mejoramiento

Los acueductos comunales han venido presentando un crecimiento considerable, ya que la cobertura de un acueducto principal como el acueducto de Bogotá, ha limitado su expansión del servicio a solo áreas urbanas, estos acueductos comunales lejos de brindar un servicio, se han convertido muchos en la unión de estructuras y procesos alterados y operados erróneamente por ellos mismos; su autonomía como asociación les permite tomar decisiones sin contar con la asesoría de entidades tales como la secretaria del Hábitat, llevando a puntos de mala higiene el agua que consume la comunidad, por esto se realiza el **diseño de un plan de mejoramiento de estructuras y procesos del Acueducto comunal de la vereda Chiguaza**; en el que habiendo realizado anteriormente una descripción y análisis detallada de la estructuras y procesos con los que cuenta el Acueducto, y además de haber realizado un diagnostico general de estado del acueducto, contando desde Aducción- Bocatoma, hasta almacenamiento, nos permite brindar unas alternativas de solución, apuntando a mejorar el rendimiento del acueducto.

Ya habiendo identificado las falencias existentes, tanto en las estructuras como procesos del acueducto de la Vereda Agualinda Chiguaza, nos centramos en la elaboración de las alternativas de solución que beneficien el rendimiento de las estructuras y procesos analizados anteriormente, en este apartado identificaremos cada uno de los daños realizando una priorización de los mismos, presentando propuestas y/o alternativas de solución por fases, que permitirán proporcionar de la mejor manera los montos presupuestales de las alternativas, para dar cumplimiento a la totalidad del proyecto de la mejor manera.

### **8.1 Daños y deterioros encontrados en las estructuras y procesos del acueducto.**

#### **a. Corrosión en válvulas y tuberías de acero.**

La corrosión es el deterioro de un material por causas diversas, como el contacto de agua, de reactivos químicos, del aire, etc. Este deterioro causa el desgaste del grosor del material y taponamiento en casos avanzados en tuberías, ocasionando no solo el daño en la tubería, si no la contaminación del agua; las tuberías con mayor afectación son las instaladas en la planta de tratamiento, puesto que como se explicaba anteriormente, el rebose de los tanques ha creado apozamiento de agua mezclada con sulfato de aluminio, soda cáustica y cloro, las cuales aceleran el proceso de corrosión y deterioro de las mismas. En válvulas ocasiona la pérdida de maniobra de la misma, por corrosión en las partes giratorias, que impiden manipular de manera adecuada la válvula, ocasionando golpes de ariete, que pueden descogotar la tubería en algún punto por presión del agua. Ha sido evidente en todo el análisis y diagnóstico de las siete válvulas identificadas desde la bocatoma, hasta la salida del tanque de almacenamiento, que al menos cinco de ella presentan deterioro por corrosión algunas en mayor grado que otro, esto se debe a que las cajas de protección en las que se encuentran instaladas las válvulas, presentan apozamiento de agua.

#### **b. Grietas en estructuras, bocatoma, desarenador y tanque de almacenamiento.**

Las grietas presentes en estructuras de concreto, pueden deberse a diversas problemáticas, como el material usado, o las porciones utilizadas para la elaboración del mismo, o que tiene que ver con la contracción del concreto más conocidas como fisuras o grietas no estructurales, así mismo a otras de tipo estructural, que son problemáticas de malos manejos que se llevan a cabo durante la construcción de la estructura; las estructuras que se diseñan para almacenar agua en su interior, son más propensas a presentar agrietamientos, puesto que el agua limpia una y otra vez la superficie, quitándole componentes como la arena y causando pequeños hundimientos en la misma, el rebose de agua en las estructuras también presenta agrietamiento externos que junto con la ubicación de la estructura pueden llegar a sufrir graves consecuencias, si a esto se le suma la aplicación accidental o no, de agentes biológicos, químicos y físicos, que provocan crecimiento vegetal, produciendo agrietamientos lentos que también alteran la composición del concreto, se

podría pensar que las estructuras nunca estarán a salvo de presentar grietas. Más sin embargo existen dos soluciones para los agrietamientos según la afectación.

**c. Procesos alterados, módulos de sedimentación tipo panal y filtración.**

Estos procesos son de vital importancia para la remoción de partículas coloidales, y por ende su mantenimiento y limpieza son importantes, para ello, se sugiere el uso de retro lavados por inyección del agua almacenada en el tanque, ambos de tipo descendente, que permitan el desprendimiento de agentes externos que provoquen contaminación de la misma, el implicar mantenimiento manual por parte del operador, puede llevar a rompimiento en caso de los módulos de sedimentación y a la mezcla de los componentes del filtro. Las soluciones propuestas para estos procesos son la limpieza de manera óptima y mecánica de la misma, permitiendo que la presión del agua inyectada realice su labor, por esto y contando que la planta de tratamiento no utiliza en ninguna medida electricidad para la operación, se debe realizar el cambio de los retro lavados o el arreglo de los mismos, siendo este equipo uno de los más importantes, puesto que la limpieza interna de la misma, debe ser de la mejor manera, sin incluir agente tenso activos, u otro tipo de instrumento que altere o dañe estos procesos.

**d. Mantenimiento de tipo estético en otras estructuras.**

Estructuras tales como los tanques de sedimentación, cloración y transferencia, el cono de mezcla rápida, y tapas de cajas de protección, requieren de ciertos productos que mantengan y prolonguen su vida útil, por estar expuestos a agentes físico, químicos, y biológicos, por esto se sugiere la utilización de pinturas inhibidoras de corrosión para mantenerlas en buen estado.

**e. Seguridad ocupacional.**

Se encontró que la escalera ubicada en el tanque de sedimentación, en la que se accede a la dosificación de coagulante y soda caustica no presenta protección de espalda, aumentando el riesgo de accidentalidad del operario, tan poco se encuentra el arnés, siendo un elemento de seguridad importante.

## **8.2 Alternativas de solución.**

**a. Pintura inhibidora de corrosión leve.**

Existen variedades de pinturas que cumplen con la función de proteger el material contra elementos corrosivos, estas pinturas son fluidos viscosos que actúan como película protectora sobre el material recubriéndola de agente químico y/o biológico, (como el agua, aire, soda caustica, sulfato de aluminio, cloro, etc), que puedan alterar su vida útil, más sin embargo estas pinturas, son eficientes para la detención de la corrosión cuando esta es leve, es decir, cuando tiene indicios de corrosión. Su modo de uso se basa en limpiar las zonas afectadas con lija y agua,

retirando la mayoría de partículas que se pueda para poder aplicarla. Esta solución se da a corto plazo, puesto que los agentes corrosivos, tardaran un poco más en corroer el material por la capa que brinda la pintura, por esto es recomendable que al aplicar la pintura inhibidora, también se controló el agente corrosivo, es decir, los apozamiento de agua.

**b. Cambio de tubería y válvulas con corrosión moderada.**

Después de haber sido expuesta de forma prolongada una tubería y/o válvula a agentes como el aire, agua, y químicos, entre otros, utilizar la solución anteriormente explicada, sería perjudicial para el líquido que en este caso transcurre dentro de la tubería y/o válvula, puesto que a mayor grado de corrosión el grosor del material se hace más débil y por ende más frágil, formando fisuras en este mismo, que al aplicar una pintura inhibidora sería contaminación del agua, y además no taponaría las fisuras provocadas por la corrosión, por esto es aconsejable el cambio de tuberías y/o válvula y la aplicación de la primera solución (pintura inhibidora de corrosión), para ampliar la vida útil de la misma, así mismo el control de agente corrosivos, apozamiento de agua por rebose, el manejo de químicos.

**c. Grietas superficiales y externas.**

Cuando la afectación es leve, superficial y/o externa la aplicación más fácil es resanar las grietas, esto comprende la aplicación de un nuevo concreto en la zona afectada que permita retener la contracción de la demás estructura, más sin embargo son soluciones a corto plazo, pues el re parchar zonas afectadas solo promueve la solución temporal de la misma, puesto que no pertenece a la contracción inicial del concreto podría crear fisuras por los sobre saltos que se presentan con el concreto anterior.

**d. Remoción, reemplazo del material o la parte que presenta algún daño.**

Cuando las afectaciones o grietas se hacen más profundas que implica la fuga del agua contenido, y que aparte dificulta la estabilidad de la estructura, la mejor solución es cambiar, para estos casos toda la estructura, puesto que hablamos de un contenedor no hecho a base de losas, si no elaborado de forma completa, esto nos brindara una solución a largo plazo, ya que es un remplazo de toda la estructura.

**e. Escalera fija con protección de espalda.**

La Escalera fija con protección de espalda, también llamada Escalera de gato o escalera de crinolina es una escalera de jaula para uso exterior o interior. Ofrece una seguridad total para el operario, que estará totalmente protegido por un marco circular compuesto por anillos metálicos y tirantes de protección de espalda.

## 8.2 Proyecto por fases.

Se crea el siguiente proyecto por fases, buscando la comodidad económica de la asociación, ya que esta es una organización sin ánimo de lucro, no cuenta con los recursos que cubran todo el proyecto en una sola etapa, se realizan tres fases para adaptación, teniendo en cuenta la importancia de la solución, se prioriza y se acomoda a el proyecto.

- **Priorización De Proyecto**

**Tabla 12. Grado priorización de daños.**

NIVEL DE PRIORIDAD	RANGO DE PRIORIZACIÓN
Bajo	1-3
Medio	4-7
Alto	8-10

*Fuente. Autores*

La siguiente tabla junto a sus valores asignados, es elaborada por los autores del proyecto como herramienta de evaluación que nos permita caracterizar las soluciones entre unos rangos de priorización, para facilitar el cronograma de las fases del plan de mejoramiento.

**Tabla 13. Priorización de daños.**

SOLUCIÓN	RANGO DE PRIORIZACIÓN	META	INDICADOR
Cambio de tubería de la PTAP	10	Evitar apozamiento de agua por fugaz en la PTAP	Cantidad de agua
Organización de tratamientos en la PTAP	9	Elevar la calidad del agua que se entrega a la comunidad	Calidad de Agua
Comprar Protector de espalda	8	Minimizar los riesgos labores para el operario en la PTAP	Seguridad ocupacional
Comprar Retro lavado	7	Evitar limpiezas manuales	Calidad de agua
Sellar grietas	6	Mantener en buen estado las estructuras	Cantidad de agua
Cambiar filtros	5	Mejorar el filtrado del agua	Calidad del agua
Cambiar láminas de sedimentación	4	Mejorar la sedimentación de las partículas coloidales.	Calidad del agua

Pintar tanques de sedimentación y filtración	3	Aportar al mantenimiento de la planta, para alargar la vida útil de las estructuras	Mantenimiento de la estructura
Comprar válvula entrada a tanque de almacenamiento	2	Mantener la continuidad del servicio.	Continuidad del servicio
Comprar macro-medidor de entrada a la PTAP	1	Facilitar y evidenciar pérdidas de agua, en las tuberías de aducción	Control de agua

*Fuente. Autores.*

Tabla 14. Fase I. Plan de mejoramiento.

<b>ETAPA 1. Necesidad de mejoramiento de tectado: se implementan las necesidades más básicas para el mejoramiento de la PTAP.</b>							
<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>METAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>RECURSO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO U. (\$)</b>	<b>COSTO T (\$)</b>
Cambio de tubería en la PTAP.	Reemplazar la tubería de acero galvanizada, afectada por fugas y corrosión.	Evitar apozamiento de agua por fugas.	Pérdida de agua y dinero.	Tubería (2 In)	9 m	37.366	336.294
				Tubería (1 ½ In)	1 m	27.132	27.132
				Tubería (1/2 In)	1 m	8.628	8.628
				Teflón	2 rollos	2.000	4.000
				Registro bronce (2 In)	4	100.436	401.744
				Registro bronce (1 ½ In)	1	61.166	61.166
				Registro bronce (1/2 In)	1	32.374	32.374
				Codo galvanizado (1/2 In)	2	3.035	6.070
				Codo galvanizado (2 In)	4	9.044	36.176
				Unión (1/2 In)	1	3.500	3.500
				Buje (1 ½ reducción a ½ In)	1	3.808	3.808
				Universal (1/2 In)	1	8.900	8.900
				Universal (2 In)	5	19.800	99.000
				T (1 ½ In)	1	7.616	7.616
				T (2 In)	5	12.257	61.285
				Mano de obra		700.000	700.000
				Transporte de materiales	1	10.000	10.000
						<b>TOTAL</b>	
Organizar los tratamientos en la PTAP.	En busca de lograr el mejor rendimiento para prestar el servicio en el acueducto se requiere ordenar los tratamientos en los que intervienen la dosificación y la aplicación del coagulante	Elevar la calidad del agua que se entrega a la comunidad.	Calidad del agua.	Capacitaciones dadas por la secretaria de Hábitat y el Sena.	2	0	0

Pintar tanque sedimentador, de traspaso y de filtración.	En busca de mejorar el aspecto de los tanques en cuanto a mantenimiento de la PTAP, se requiere aplicar pintura inhibidora de corrosión que permita proteger el material de dichas estructuras, contra los derrames que se puedan presentar al utilizar los químicos.	Aportar al mantenimiento de la planta, para alargar la vida útil de las estructuras.	Mantenimiento de la estructura.	Pintura inhibidora de corrosión	1 Caneca	300.000	300.000
				Rodillo	2	7.990	15.980
				Brochas	2	5.400	10.800
				Mano de obra		700.000	700.000
				Transporte de materiales	1	10.000	10.000
				<b>TOTAL</b>		<b>1.023.390</b>	<b>1.036.780</b>
Compra del protector de espalda para escalera.	En busca de la seguridad del operario y minimizar accidentes, se requiere adquirir el protector de espalda para la escalera ubicada en el tanque sedimentador, que tiene acceso a la dosificación del coagulante y la soda caustica.	Minimizar los riesgos labores para el operario en la PTAP.	Seguridad ocupacional.	Protector de espalda	1	500.000	500.000
				Soldador	1	500.000	500.000
				Transporte de materiales		20.000	20.000
				<b>TOTAL</b>		<b>1.020.000</b>	<b>1.020.000</b>
				<b>TOTAL ETAPA 1.</b>			<b>3.864.473</b>

Fuente. Autores



Tabla 15. Fase II. Plan de mejoramiento.

ETAPA 2. Necesidad de mejoramiento detectado: adquisición de equipos y mantenimiento con complejidad menor							
OBJETIVOS	ACCIONES	METAS	INDICADORES	RECURSO	CANTIDAD	COSTO U. (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Compra de retro lavados para el tanque de filtración y para tanque sedimentador	Reemplazar los retro lavados, para lograr la limpieza de los sistemas de filtración y sedimentación de la manera más óptima.	Evitar limpiezas manuales.	Calidad de agua.	Retro lavado	2	1.322.000	2.644.000
				Mano de obra		250.000	250.000
				Transporte de materiales	1	30.000	30.000
				<b>TOTAL</b>		<b>1.602.000</b>	<b>2.924.000</b>
Sellar grietas en estructuras de concreto, como el desarenador y el tanque de almacenamiento	Analizar si las grietas pueden ser selladas in situ o si la estructura debe ser reemplazada definitivamente por fugaz.	Mantener en buen estado las estructuras	Pérdida de agua y dinero.	Cemento	1 bulto	20.700	20.700
				Sellador	1	9.300	9.300
				Mano de obra		100.000	100.000
				Transporte de materiales		20.000	20.000
				<b>TOTAL</b>		<b>150.000</b>	<b>150.000</b>
Comprar macro medidor de salida	Adquirir un macro medidor que será utilizado a la salida de la PTAP, para controlar la cantidad de agua que sale para distribución.	Datar la cantidad de agua saliente, que facilite evidenciar pérdidas de agua, en distribución.	Control de agua.	Macro medidor	1	981.750	981.750
				Mano de Obra		150.000	150.000
				Transporte de materiales		20.000	20.000
				<b>TOTAL</b>		<b>1.151.750</b>	<b>1.151.750</b>
				<b>TOTAL ETAPA 2</b>			<b>4.225.750</b>

Fuente. Autores

Tabla 16. Fase III. Plan de mejoramiento.

ETAPA 3. Necesidad de mejoramiento detectado: adquisición de accesorios y equipos que interfieren en el tratamiento del agua, por mal uso y vida útil.							
OBJETIVOS	ACCIONES	METAS	INDICADORES	RECURSO	CANTIDAD	COSTO U. (\$)	COSTO T. (\$)
Comprar válvula de entrada al tanque de almacenamiento.	Reemplazar la válvula de entrada al tanque de almacenamiento por corrosión avanzada que impida manipularla eficientemente.	Mantener la continuidad del servicio.	Continuidad del servicio.	Válvula de paso (4 In)	1	981.750	981.750
				Mano de obra		200.000	200.000
				Transporte de materiales	1	20.000	20.000
				<b>TOTAL</b>		<b>1.201.750</b>	<b>1.201.750</b>
Cambiar el filtro.	Sustituir el filtro, por manipulación directa con el operario, quien afecto el orden de sus capas por errónea limpieza.	Mejorar el filtrado del agua.	Calidad del agua.	Grava (25 Kg)	10 bultos	12.000	120.000
				Arena (25 Kg)	10 bultos	12.000	120.000
				Antracita	10 bultos	22.000	220.000
				Mano de obra		80.000	80.000
				Transporte de materiales		20.000	20.000
				<b>TOTAL</b>		<b>146.000</b>	<b>560.000</b>
Cambiar las láminas del sistema modular de sedimentación.	Sustituir las láminas (forma panel), del sedimentador, ya que la limpieza inadecuada, altero la composición de la misma, reteniendo contaminantes externos.	Mejorar la sedimentación de las partículas coloidales.	Calidad del agua.	Laminas sedimentadoras tipo panel		350.000	350.000
				Mano de obra		120.000	120.000
				Transporte de materiales		20.000	20.000
				<b>TOTAL</b>		<b>490.000</b>	<b>490.000</b>
				<b>TOTAL ETAPA 3</b>			<b>2.251.750</b>

Fuente. Autores

**Tabla 17. Síntesis presupuestal.**

<b>ETAPAS</b>	<b>COSTO (\$)</b>
ETAPA I	3.864.473
ETAPA II	4.225.750
ETAPA III	2.251.750
<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>10.342.000</b>

*Fuente. Autores.*

## 9 Conclusiones.

- Se requiere mayor capacitación orientada a aumentar la capacidad operante del fontanero. Esto facilitara el manejo de las estructuras y el desarrollo de los procesos de la PTAP, como también permitirá la identificación de las fallas y la corrección de las mismas.
- Se necesita mayor acompañamiento de entidades que presten control, inspección y vigilancia en el manejo adecuado de las estructuras y en el desarrollo de los procesos de la PTAP. Ya que el acercamiento de estas entidades con las asociaciones comunales conlleva al desarrollo y la optimización de los acueductos comunales.
- Es necesario que las autoridades ambientales creen herramientas que puedan ser aplicadas en la realización de análisis y diagnósticos de los acueductos nacionales.
- El sentido de pertenencia y la apropiación de los acueductos comunitarios por parte de los usuarios está directamente relacionado con el estado del mismo; ya que la parte administrativa encargada de velar por los intereses del acueducto, está conformada por una asociación de usuarios.
- La PTAP del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza opera en la actualidad a un 61,11 % de eficiencia, representando falencias estructurales en un 88,89 % de sus estructuras; como también en un 33,34 % de sus procesos.
- Se evidencia la necesidad de incursionar en tecnologías aplicadas al mantenimiento de la PTAP, para asegurar que desde procesos automatizados se realice la limpieza y remoción de lodos en los tiempos adecuados. De modo que las estructuras no presente falencias por manejo inadecuado; contribuyendo a maximizar la eficiencia de la PTAP.

## 10 Bibliografía.

Ingeniero Elena S. *Tomas submarino de agua en PEAD*. Elinsubca. Recuperado de:

<http://www.elinsubca.com/>

Aguasistec. *Tipo de plantas de tratamiento*. Aguasistec. Recuperado de:

<http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>

Acuatecnica S.A.S. *Tipos de planta de tratamiento*. Acuatecnica. Recuperado de:

<http://acuatecnica.com/tipos-plantas-tratamiento-agua-potable/>

Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia. (2015). *Pronunciamento de la Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia ante el VI Encuentro Latinoamericano de Gestión Comunitaria del Agua*. Censat.org. Recuperado de:

<http://censat.org/es/noticias/pronunciamento-de-la-red-nacional-de-acueductos-comunitarios-de-colombia-ante-el-vi-encuentro-latinoamericano-de-gestion>

Defensoría del Pueblo. (2013). *La Gestión Comunitaria del Agua*. Bogotá D. C. Recuperado de:

<https://www.habitatbogota.gov.co/sites/default/files/control/La%20gestio%CC%81n%20comunitaria%20del%20agua.pdf>

Correa, H D. (2006). *Acueductos comunitarios, patrimonio público y movimientos sociales. Notas y preguntas hacia una caracterización social y política*, Pág. 13. Recuperado de:

<http://www.corpenca.org/images/stories/documentos/acueductoscomunitariospatrimoniopublicomovimiento sociales.pdf>

Mensajeros del agua. (2011). *Cuadernillo N°2 Guía para la caracterización de un acueducto comunitario: una estrategia para su fortalecimiento*. Corporación ecológica y cultural Penca de Sábila. Pág.3; Colombia. Recuperado de:

<http://corpenca.org/2013/cuadernillo-no2-guia-para-la-caracterizacion-de-un-acueducto-comunitario-una-estrategia-para-su-fortalecimiento/>

Decreto 552 de 2011 Alcaldesa Mayor. Clara Eugenia López, Registro Distrital 4788. Bogotá D.C Colombia. 7 de diciembre de 2011. Recuperado de:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=44951>

Secretaría Distrital del Hábitat (2016). *Bogotá D.C. Para el 2017 cerca de 60.000 usuarios de acueducto serán beneficiados en calidad y tarifas*. Repositorio secretaria distrital del hábitat. Recuperado de:

<https://www.habitatbogota.gov.co/node/256>

- Alcaldía local de Usme. (2013-2016). *Plan Ambiental Local "PAL"* Alcaldía Mayor de Bogotá. D.C. Recuperado de: <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/2883159/PAL+USME+2013-2016.pdf>
- Secretaría Distrital de Salud, Alcaldía Mayor de Bogotá. (2009-2010). *Diagnostico Local con Participación Social*. Repositorio Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Recuperado de: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Diagnosticos%20Locales/05-USME.pdf>
- Mogollón, J. M. (5 de Octubre de 2010). Clarificación del agua usando coagulantes polimerizados. *DYNAUNAL*. Volumen 78. 18-27. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133>
- Vera, N. (2007). *Alternativas de potabilización para el agua que abastecerá a la ampliación del aeropuerto internacional de la ciudad de México*. (Tesis de Pregrado). Recuperado de <http://www.elaguapotable.com/ALTERNATPOTAB.pdf>
- Vargas, R. (2016). *Evaluación de los acueductos comunitarios pertenecientes a la red RETACO y elaboración de planes de adecuación, operación y mantenimiento, integrando principios de gobernanza ambiental* (tesis de Maestría). Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/55654/1/1032441254.2016.pdf>
- Varón, L. M. (2014). *Uso de las plantas de tratamiento de agua potable en acueductos rurales*. (Tesis de magister). Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/47378/1/42876641.2015.pdf>
- Montoya, E. (2016). *Los acueductos y sistemas de distribución de agua comunitarios en el área rural de Bogotá y la gobernanza del agua en la ciudad*. (Tesis magister). Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/57226/1/1032378121.2017.pdf>
- Giraldo, S. (2015). *Identificación de riesgos y puntos críticos de control en plantas de potabilización de agua*. (Tesis magister). Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/51171/7/75100307.2015.pdf>
- Sena. *Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua*. Repositorio Sena. Recuperado de:

[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_potabilizacion/index.html](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html)

Sena. *Fontanería Municipal*. Repositorio Sena. Recuperado de: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/fontaneria\\_municipal/fontaneria\\_municipal.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/fontaneria_municipal/fontaneria_municipal.html#)

Sena. *Operación y mantenimiento de redes de acueducto y alcantarillado*. Repositorio Sena. Recuperado de: [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_redes/operacion\\_redes.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_redes/operacion_redes.html#)

Decreto 1575 de 2007. Ministerio de la Protección Social, Bogotá D.C, Colombia, 9 de mayo de 2007. Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>

Ministerio de Vivienda. Resolución 1096 del 17 de Noviembre de 2000. *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Sistema de potabilización*. Repositorio Ministerio de Vivienda, Ciudad Y Territorio. Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/Titulo%20C%20-%20Dic%204%202013.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. La Resolución 0330 de 2017. *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Sistema de potabilización*. Repositorio Ministerio de Vivienda, Ciudad Y Territorio. Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>

Universidad de salamanca. *Análisis de agua y ensayos de tratamiento*. Aula virtual USAL. Recuperado de: <http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/etap/unidades/documentos/docu401/ensayo.htm>

Organización Panamericana de la Salud. *Guía de procedimientos para la operación y mantenimiento de desarenadores y sedimentadores*. UNATSABAR. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/144esp-O&M-desare.pdf>

Universidad Libre. *Corrosión*. UNILIBRE. Recuperado de: <http://www.unilibre.edu.co/revistaingenioliberal/revista5/articulos/Conceptos-basicos-de-la-corrosion-2.pdf>

Resolución 2115 de 2007. Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Ministerio de la Protección Social, Bogotá D.C, Colombia, 22 de junio de 2007. Recuperado de:



[http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legisla%C3%B3n\\_del\\_agua/Resoluci%C3%B3n\\_2115.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legisla%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf)

Norma técnica colombiana. PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN EN UN RECIPIENTE CON AGUA O METODO DE JARRAS: método de ensayo, coagulación; floculación de agua; jarras. ICONTECC, 2010. 0-10 (I.C.S.: 13.060.040. NTC 3903. NTC 3903).





## 11 Anexos

## 11.1 Lista de chequeo N° 1. Identificación de infraestructuras.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente y Recursos Naturales Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos Nelson Fabian Raigoso Gómez – María Fernanda Hernández Suarez Lista de chequeo N° 1: Identificación Identificación de infraestructuras	 Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales
--	---	---



INFRAESTRUCTURA	PRESENTE	
	SI	NO
Embalse		X
Bocatoma de captación	X	
Línea de aducción (canalización)	X	
Desarenador	X	
Atrapa grasas		X
Canaleta parshall		X
Bandeja de aireación	X	
Floculador	X	
Sedimentador	X	
Filtro	X	
Tanque de cloración	X	
Tanque de almacenamiento subterráneo		X
Tanque de almacenamiento elevado		X
Tanque de almacenamiento semienterrado	X	

## 11.2 Lista de chequeo N° 2. Identificación de procesos.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente y Recursos Naturales Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos Nelson Fabian Raigoso Gómez – María Fernanda Hernández Suarez Lista de chequeo N° 2: identificación	 Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales
Identificación de procesos		



PROCESO	PRESENTE	
	SI	NO
Cribado (remoción de material flotante)	X	
Aducción	X	
Desarenación	X	
Medición de caudal (Aforo)		X
Adición de coagulante y ajuste del pH	X	
Aireación	X	
Floculación	X	
Sedimentación	X	
Filtración	X	
Cloración	X	
Análisis físico- químicos Microbiológicos y organolépticos	X	

### 11.3 Matriz N° 1. Descripción de infraestructuras.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente y Recursos Naturales Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos Nelson Fabian Raigoso Gómez – María Fernanda Hernández Suarez Matriz N° 1: Descripción	 Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales
Descripción de infraestructuras		

Infraestructura	Descripción
Bocatoma de captación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bocatoma de fondo.</li> <li>- Construida en concreto reforzado.</li> <li>- Cuenta con cámara de recolección y de derivación con sus tapas metálicas.</li> <li>- Rejilla lateral izquierda.</li> <li>- Captación aproximada 3 L/s.</li> </ul>
Línea de aducción (canalización)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enterrada.</li> <li>- Conducto en PVC RDE 2. Capta con un diámetro de 4 pulgadas y reduce a 3 pulgadas para conducir el agua cruda al desarenador.</li> <li>- Conducto en PVC RDE 21 con un diámetro de 3 pulgadas, (de el desarenador a la planta).</li> </ul>
Desarenador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construido en concreto reforzado.</li> <li>- Comprende una zona de sedimentación y cámaras cámara de aquietamiento de entrada y salida.</li> <li>- Sellado con tapa metálica.</li> </ul>
Bandeja de aireación y cono de mezcla rápida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construida en fibra de vidrio.</li> </ul>
Sistema modular de sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorpora en el mismo modulo la floculación y sedimentación debido a que la PTAP es modular (compacta).</li> </ul>
Filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Constituido por arena y antracita.</li> </ul>
Tanque de cloración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construido en fibra de vidrio.</li> <li>- Funciona de modo ascendente.</li> <li>- Capacidad de almacenamiento de 3,5 m<sup>3</sup>.</li> <li>- Posee una tubería de desagüe en acero galvanizado con un diámetro de 2 pulgadas con su respectiva llave para el control del flujo del agua.</li> <li>- Incorpora una tubería en PVC RDE 21 de 6 pulgadas que se dirige a el tanque de almacenamiento.</li> </ul>
Tanque de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Semienterrado.</li> <li>- Construido en concreto reforzado.</li> <li>- Cuenta con tapas metálicas y tubos de aireación.</li> <li>- Capacidad máxima aproximada de 69,4 m<sup>3</sup>.</li> </ul>



### 11.4 Matriz N° 2. Descripción de procesos.

 <p>UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS</p>	<p>Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente y Recursos Naturales Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos Nelson Fabian Raigoso Gómez – María Fernanda Hernández Suarez Matriz N° 2: Descripción</p>	 <p>Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales</p>
<p>Descripción de procesos</p>		

PROCESO	DESCRIPCIÓN
Cribado (remoción de material flotante)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retiro del material flotante o sobrenadante.</li> <li>- Implementación de rejilla.</li> </ul>
Aducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conducción del agua cruda.</li> </ul>
Desarenación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retiro del material suspendido, tal como arcillas, algas y otros materiales.</li> </ul>
Aireación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduce y remueve sustancias que están involucradas con el sabor y olor del agua.</li> </ul>
Coagulación y ajuste del pH (Test de jarras)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inducir la desestabilización de las partículas coloidales.</li> <li>- Coagulante convencional utilizado: sulfato de aluminio.</li> <li>- Dosificación: 1 a 10 (10% del Q).</li> <li>- El ajuste del pH es necesario debido a que el álcali utilizado es una sal acida que disminuye el pH del agua.</li> <li>- Al ajustar el pH se reduce la capacidad disolvente y corrosiva del agua para proteger las tuberías, válvulas, equipos, etc,</li> <li>- Álcali: soda caustica.</li> <li>- Dosificación: 1 a 10 (10% del Q).</li> </ul>
Floculación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aglomeración de partículas desestabilizadas formando microflóculos y floculos más grandes.</li> <li>- Se desarrolla dentro de un modulo que combina los procesos de floculación y sedimentación debido a que la PTAP es modular (compacta).</li> </ul>
Sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Separación de los floculos formados en el proceso de floculación, mediante el asentamiento de los mismos por acción de la gravedad.</li> <li>- Sedimentación de módulos lamelares.</li> <li>- Se desarrolla dentro del modulo que combina los procesos de floculación y sedimentación debido a que la PTAP es modular (compacta).</li> </ul>
Filtración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elimina las partículas no removidas en el proceso de sedimentación.</li> </ul>



Cloración	<ul style="list-style-type: none"><li>- Se aplica al final de la línea de tratamiento.</li><li>- Desinfección de las aguas (destrucción de patógenos).</li><li>- Control de olor y sabor.</li><li>- Remoción de hierro y manganeso.</li><li>- Impide el crecimiento de algas y microorganismos.</li></ul>
Análisis físico- químicos Microbiológicos y organolépticos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Es realizado por la secretaria de salud dos veces al mes.</li><li>- Se evalúan parámetros como: alcalinidad total, cloro residual libre, cloruros, coliformes totales, color aparente, conductividad, dureza total, E. Coli, hierro total, pH, turbiedad y organofosforados.</li></ul>

### 11.5 Matriz de análisis N° 1. Estado de las infraestructuras.

 <p>UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS</p>	<p>Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente y Recursos Naturales Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos Nelson Fabian Raigoso Gómez – María Fernanda Hernández Suarez Matriz de análisis N° 1: Estado de las infraestructuras</p>	 <p>Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales</p>
Estado de infraestructuras		

INFRAESTRUCTURA	ANÁLISIS
Bocatoma de captación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presencia leve de oxidación en la tapa de acceso a válvulas.</li> <li>- Presencia de oxidación en válvulas.</li> </ul>
Línea de aducción (canalización)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tubería enterrada.</li> <li>- Presencia de corrosión y oxidación en válvula de la sección de la tubería que se encuentra expuesta a la entrada y salida del desarenador.</li> <li>- La válvula de entrada a la PTAP se encuentra oxidada.</li> </ul>
Desarenador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presencia de grietas en la mayor parte de la estructura.</li> <li>- Se evidencia erosión en las paredes de la estructura.</li> </ul>
Entrada a la planta	
Bandeja de aireación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desgaste por falta de mantenimiento.</li> <li>- Presencia de tierra y algas.</li> </ul>
Cono de mezcla rápida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evidente erosión en las paredes externas debido a él reboce de agua mezclada con coagulante.</li> </ul>
Floculador – Sedimentador (modulo combinado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se encuentran saturado de floculos y lodos, debido a que no funciona el retro lavado de la estructura.</li> <li>- Reboce y erosión en el exterior de la estructura.</li> </ul>
Filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presenta mezcla de los lechos filtrantes debido a un indebido proceso de limpieza del mismo.</li> <li>- No funciona el retro lavado del filtro.</li> </ul>
Tanque de cloración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En buen estado.</li> </ul>
Tanque de almacenamiento superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deteriorado por la acción erosiva de la lluvia y el entorno.</li> <li>- Tapas metálicas levemente oxidadas.</li> <li>- Presencia de algunas grietas sin fugas.</li> </ul>
Tuberías : 1. De entrada a la planta 2. De retro-lavado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentan corrosión en sus válvulas.</li> <li>- Difícil maniobra de válvulas.</li> <li>- Apozamientos de agua en las cajas de protección donde se encuentran las válvulas.</li> </ul>



## 11.6 Matriz de análisis N° 2. Estado de los procesos.

 <p>UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS</p>	<p>Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad De Medio Ambiente y Recursos Naturales Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos Nelson Fabian Raigoso Gómez – María Fernanda Hernández Suarez Matriz de análisis N° 2: Estado de los procesos</p>	 <p>Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales</p>
Estado de procesos		

PROCESO	ANÁLISIS
Cribado (remoción de material flotante)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El proceso se realiza implementando una rejilla en la bocatoma de capación.</li> <li>- Proceso realizado sin contraindicaciones.</li> </ul>
Desarenación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En épocas de lluvia existe saturación de sólidos en el desarenador lo que dificulta el proceso.</li> </ul>
Coagulación y Ajuste del pH (Test de jarras)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se realiza test de jarras para determinar la dosis óptima.</li> <li>- La coagulación se realiza empíricamente, aumentando o disminuyendo cada mes la cantidad dosificada de acuerdo a los resultados de las pruebas realizadas por la secretaria de salud teniendo en cuenta la resolución 2115/2007 y los valores del IRCA (Índice de riesgo de la calidad del agua).</li> <li>- Los resultados de algunos análisis realizados por la secretaria de salud de manera mensual demuestran que no se cumple en todos los casos con el valor permisible para el parámetro pH teniendo en cuenta la RES. 2115/2007 y los valores del IRCA.</li> </ul>
Aireación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se realiza correctamente debido a que la bandeja de aireación permanece sin carbón coque.</li> <li>- Los resultados de algunos análisis realizados por la secretaria de salud de manera mensual demuestran que no se cumple en todos los casos con el valor permisible para el parámetro de hierro total teniendo en cuenta la RES. 2115/2007 y los valores del IRCA.</li> </ul>
Sistema modular de sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se dificultan por falta de mantenimiento de la infraestructura. Esto se ve reflejado en las pruebas realizadas por el IRCA (Índice de riesgo de la calidad del agua).</li> <li>- Los resultados de algunos análisis realizados por la secretaria de salud de manera mensual demuestran que no se cumple en todos los casos con el valor permisibles para los parámetros de color aparente y turbiedad teniendo en cuenta la RES. 2115/2007 y los valores del IRCA.</li> </ul>
Filtración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se presenta inconvenientes por saturación del filtro debido a la falta de mantenimiento y por una mala disposición de los lechos filtrantes (se encuentran revueltos).</li> </ul>
Cloración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este proceso se realiza empíricamente.</li> <li>- Los valores arrojados por los análisis realizados por la secretaria de salud reflejan un adecuado cumplimiento para el parámetro de cloro residual.</li> </ul>
Análisis físico- químicos Microbiológicos y	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realiza mensualmente por la secretaria de salud.</li> <li>- Se aplica el análisis al agua previamente tratada al salir de la PTAP o</li> </ul>

organolépticos	en otros sitios destinados para tal fin a lo largo de la línea de distribución.
----------------	---

### 11.7 Entrevista operador de la PTAP.

	<p>Universidad Distrital Francisco José De Caldas          Facultad De Medio Ambiente y Recursos Naturales          Tecnología En Gestión Ambiental y Servicios Públicos          Nelson Fabian Raigoso Gómez – María Fernanda Hernández Suarez          Entrevista N° 1:</p>	
<p>Operador de la PTAP</p>		

#### Preguntas.

1. ¿Quién opera la PTAP?
  - ¿Cuántos operadores tienen la PTAP?
  - ¿Cómo se llama (n)?
  - ¿Cuánto tiempo permanece(n) en las instalaciones?
2. ¿Qué función cumple usted en la PTAP como operador?
3. ¿Qué experiencia en manejo de PTAP tiene?
4. ¿Quién realiza el mantenimiento?
  - Reparación de daños
  - Cambio de equipos o instrumentos
  - En caso de un daño, ¿qué tan rápido se dan los recursos para resolver el problema?
5. ¿Con qué frecuencia realiza el mantenimiento?
6. ¿Han existido cortes en el servicio de acueducto? ¿Por qué?
7. ¿Qué fallas reconoce en el proceso de potabilización de la PTAP?
8. ¿Según su experiencia, cuál es el estado actual de la PTAP en términos de eficiencia y funcionamiento?
  - ¿Cómo mide la calidad del agua que se está suministrando?
  - ¿Cómo se encuentra la Infraestructura presente en la PTAP?
9. ¿Qué ideas plantea respecto al mejoramiento de la PTAP?
10. ¿Qué opinión tiene sobre los acueductos comunitarios?



## DESARROLLO DE LA ENTREVISTA

*“a continuación se evidencia un texto donde se da respuesta a cada una de las preguntas que se prepararon para el operario de la PTAP, la respuesta a cada pregunta está escrita omitiendo los diálogos, palabras y expresiones que no aportan al objetivo de la entrevista”*

**¿Cuál es su nombre completo?** José Ignacio cuervo Gonzales.

**¿Usted es el único operario de la planta?** ¡Correcto! Si. Ninguno más maneja las llaves sino este pechito.

**¿Cuánto tiempo permanece en las instalaciones?** tengo diferente horario, ya que uno maneja su propio horario; pero siempre vengo en las mañanas. Yo estoy aquí a veces faltando 20 para las 6, llego aquí a las 6:20 o llego a las 7, pero siempre llego en la mañana.

**¿Qué función cumple en las instalaciones?** “Háganos como un esbozo de lo que hace diariamente en la planta”. Bueno yo llego aquí pues como le comete en las horas de la mañana. Primero hecho así a vista que este todo bien. Luego voy a la bocATOMA, reviso que esté funcionando bien. Paso al desarenador, lo destapo para que esté funcionando bien ya que hay una rabilla que tiene arriba como una especie de filtro, el cual también hay que sacarlo y lavarlo para evitar que se sature de barro. Luego paso a la PTAP, abro la llave y comienzo a revisar arriba donde están las bandejas para saber si el agua está llegando normal, y del mismo modo revisar que esté funcionando tanto la adición de cloró como la del sulfato de aluminio y la soda caustica.

**Cuando se refiere a abrir las llaves, ¿Acaso cortan el servicio en la noche?** No, se cierra la llave de acceso en caso de que llueva, para evitar saturaciones de sólidos y lodos en los procesos, yo vengo y cierro la llave de acceso del agua en la parte de encima, y abro otra llave en la parte de abajo para que si tiene mugre pues que me lo deposite abajo y no arriba, así evito el paso del agua turbia por la línea de procesos.

Y ya después **¿se va para distribución?** correcto aquí ya termino, luego voy y miro el tanque de almacenamiento que esté lleno y ahí ya me programo. Debido a que existen 5 ramales programo una visita a cada uno, primero voy para el ramal de Corinto, lo recorro todo hasta el río día, a veces me da la 1 de la tarde o las 2 de la tarde dependiendo. Se va una semana para recorrer los cinco ramales, y a cada uno le dedico por ahí hasta la 1 de la tarde o 1:30 más o menos.

**¿Cuáles son los 5 Ramales?** Está el de Corinto, está el ramal de los Chávez que lo llamo así, está el ramal que va para la vereda de la concepción, está el ramal que va para donde los Páez hacia abajo y está el otro ramal que va para consuelo; que esos serían los 5 ramales.

**¿Qué experiencia en manejo de la PTAP tiene? ¿Le han brindado capacitaciones? ¿Cuántas capacitaciones ha tenido?** Cuando yo recibí el acueducto, que lo recibí en pésimo estado, lo he venido mejorando. Lo que yo tuve en capacitación fue con el apoyo del ingeniero Giradu, ya que él estuvo mucho al comienzo, ¡para que!, él fue una persona dedicada a este acueducto y pues

más con migo porque no tenía experiencia, tenía experiencia en conectar tuberías u oficios barios, pero ya manejar una agua como tal con sus químicos, no la tenía. Entonces debido a él fue que comencé a tener experiencia. Ya llevo trabajando ya 8 meses acá y al comienzo fue muy duro eso fue muy verraco y peleas con la gente y fue duro pero ya después nos fuimos cogiendo el tiro y bueno hasta ahora vamos pasándola bien.

**¿El ingeniero Giradu es el del hábitat, el de la secretaria del hábitat?** Correcto, sí.

**¿Usted realiza todo el mantenimiento, la reparación de los daños, el cambio de equipos e instrumentos?,** o en caso de un daño **¿Que tan rápido le dan los recursos para resolver el problema?** Sí, claro, yo hago todos eso, pero también dependiendo, entre más rápido me pasen los elementos para hacer un trabajo pues espectacular porque la gente no quedaría sin agua, hay veces que duran hasta 3-4 días sin entregarme los elementos entonces esa gente dura hasta 8 días sin agua. Pues porque digamos hay como ineficiencia por parte de los directivos al no entregar los equipos y materiales que uno necesita.

**¿Con que frecuencia realiza el mantenimiento de la PTAP?** El retro lavado se hace diariamente, y aquí si se pueden dar cuenta las bandejas están limpias, eso sí lo hice tal vez hace como unos 20 días y hace tal vez un mes hice la sacada de la grava totalmente. Ósea ¿yo como lo hago aquí en este lado?, es un día prácticamente completo la limpieza del desarenador porque lo desocupo y lo lavo bien. **¿Corta el suministro de agua a la PTAP?** Totalmente, pero que yo miro primero que el tanque de almacenamiento este lleno, entonces me da tiempo de lavarlo arriba. Luego ya hago mi trabajo aquí me voy de aquí de la 1 y media 2 o 3 de la tarde. Al otro día me programo y vengo y hago lo de la PATP como tal. Ósea lo estoy haciendo casi más o menos mensualmente.

**¿Han existido cortes en el servicio de acueducto?** y **¿Por qué?** Por exceso de pago y también por contrabandos. yo pienso que en esto los cambios fueron buenos, ósea no es porque me las de de crema de que yo haciendo el trabajo ¡no! Lo estoy haciendo muy bien y aquí se sacaron resultados buenos para el bien de la comunidad, pues de pronto hay personas que estén inconformes con mi trabajo, pero soy una persona que me gusta ser honesta y correcta en el trabajo, que si algo veo mal lo informé y si veo que los directivos no toman digamos como la iniciativa de las medidas entonces a mí me da mal genio esa vaina, porque hay que cumplirlo o hay que hacerlo para el bien de todos. Porque un robo que nos hagan diariamente lo estamos perdiendo en químicos, la idea es tratar de ahorrar dinero en todos eso en químicos perdidos, y ese dinero poderlo ahorrar para cuando se necesite comprar otras cosas.

**¿Han encontrado conexiones fraudulentas?** Claro si claro **¿Cómo las detectan?** Yo ¿cómo las he detectado? Porque voy a una residencia y digo, bueno sumerce linda entonces está es la tubería del agua que va para su casa, “Si, claro” entonces cierro el registro y le pio que abramos la llave del lavamanos, descargamos de la tasa del baño y ahí comienza. Entonces digo déjeme las llaves abiertas; y salgo y miro el registro, si el registro no anda es porque tienen conexiones de

contrabando. Entonces ahí es donde toca comenzar a investigar ¿De dónde viene la conexión?, ¿Por qué vienen?, ¿Cómo se hizo? y ¿Por qué?

**¿Han existido cortes totales de toda la PTAP?** NO, aquí en la planta no. Digamos que de pronto por los contrabandos a veces el tanque si se me baja, y eso si ha sido complicado porque a veces el tanque se tira a desocupar, donde se desocupe el tanque no hay agua para nadie. Entonces ha sido de pronto por fugas por partidura de tuberías, pero la planta se ha mantenido siempre con agua.

**¿Existe micro medición de consumo?** Si claro. Todas las casas tienen su contador. Pues aquí a la PTAP se supone que entran 20 l/s.

**¿Cómo sacan el valor comercial del m<sup>3</sup>?** Se maneja una cuota fija para manteamiento, equipos y una cuota variable en función de los m<sup>3</sup> de consumo.

**¿Qué falla reconoce en el proceso de potabilización en la PTAP?** o cuéntenos, **¿Qué fallas reconoció cuando recibió el acueducto y que hizo para mejorarlas?** Bueno fallas; fallas; la bocatoma, pues en términos de mantenimiento. Cuando recibí el acueducto pues estaba un desastre, vimos incluso dentro del mismo tanque pescado, yo me metí, los grabamos, hicimos un video y ahí se mostró a la gente como se estaba manejando. También se encontraron fugas como las pueden ver porque no se han arreglado, hay en la parte de la planta hay una fuga la cual se me olvido meterle un caucho para que no se salga mucho el agua. Entonces fugas si ha existido muchas, y eso lo he visto yo prácticamente. La otra es que uno no debe ser egoísta con un trabajo porque dicen: Ah es que si le enseño me van a echar, si le enseño pierdo mi trabajo. No, para eso uno está para enseñar, para manejar su vocación. Cuando yo llegue, nunca se supo cuanta cantidad de cloro se echaba ósea como lo manejaba el anterior operario, cuando yo vine a mirar, eso bajaba y bajaba agua, todo completico y eso era como 180 gotas por minuto, entonces era mucha cantidad. Nunca lo especifico, entonces para yo poder hacer el trabajo, me toco pedir ayuda, asesoría.

Don Ignacio según su experiencia, **¿Cuál es el estado actual de la planta, en términos de eficiencia y funcionamiento?** Para mí, toca hacerle el mantenimiento y los arreglos que hay que hacerle para evitar desperdicio de químicos, porque eso vale plata. Allá en esa parte se mantiene saliendo esos químicos y se pierden y la idea no es esa, entonces aquí donde se haga el mantenimiento, se cambia tubería, muchas cosas y se pinte esa seria espectacular y creo que sería una buena imagen, no para uno si no para la comunidad.

**¿Cómo mide la calidad de agua que se está suministrado?** A mí el que me dice que está bien o está mal, es la secretaria de salud y en los IRCA, entonces yo creo que estos meses que llevo acá trabajando, se ha dado un resultado bueno y los IRCA han dado bien. Sí, de pronto metimos un poquitico más de cloró y de pronto bajamos el pH, pero lo que es turbiedad todo ha estado bien.

**¿Qué ideas ha dado respecto al manejo de la Petar?** pintar los tanques, cambiar la tubería para quitar todas esas fugas de agua, también he planteado pintar, digamos el tanque de almacenamiento, arriba tenemos un problema, le echaron muy poquito cemento, entonces al lavar el tanque, esa vaina se va al piso, ósea se está saliendo, está quedando solo la grava, entonces mi idea es volver a pañetar pero entonces mandar el agua por el bypass para que la gente no se quede sin agua.

**¿Qué opinión tiene sobre los acueductos comunitarios?** No he recorrido ningún acueducto, la Requilina es igualita a esta, pero ya las otras tienen diferentes sistemas, por ejemplo tienen bombeo, hay otras que tienen incluso paneles solares que son los que están alimentados el cloro.

**¿Por qué otros acueductos comunitarios han adquirido más apoyo que este?** De pronto porque es como más complicado, aquí Chiguaza ha sido afortunada, digamos por el caudal que tenemos, entonces de pronto por eso le ha metido menos plata y a los otros acueductos que han tenido más problema con eso digamos por la altura o porque el agua no es la suficiente para toda la gente, entonces han visto que a esos hay que mejorarlos más, incluso ahorita habían como más de mil quinientos millones para todos los acueductos; entonces que hicieron, se reunieron y miraron: Bueno, dígame usted ¿cómo está su acueducto? explicando cómo está este entonces la plata que venía para acá abajo se destina para aquellos acueductos que necesiten asistencia inmediata.

Y lo último Don Ignacio, en cuánto uso eficiente y ahorro del agua **¿Cree usted que existe un uso eficiente y ahorro del agua en la comunidad?** Pues no todos, yo creo que somos muy pocos las personas que somos conscientes de eso, porque hay gente que de aquí la sacan para riego, hay gente que la saca para ganado y hay gente que abre la llave por abrirla. Y no es porque a la gente no se les diga, si no que por ser el agua de aquí es más económica que el agua de Bogotá “si aquí se pusiera un costo igual que allá” créame que la gente diría: ¡AY! Juemachica me llega caro el recibo, llego por 80 o me llego por 100, pero aquí como llega más barato entonces la gente le interesa muy poco.

**¿La entidad que maneja el acueducto ha hecho campañas de concientización?** Claro si ha hecho, incluso en las reuniones, asambleas, se les ha dicho a la gente: “Mire hay que hacer un uso eficiente del agua porque de aquí en unos años el agua se nos va a ir, que mire, que viene la secretaria de habitaad y nos va a apretar porque estamos metiendo más agua” porque aquí hay unos límites o topes de cantidad de agua que se puede captar, y con el crecimiento de la población si no hacemos el uso eficiente del agua, sería complicado manejar esa situación.

## 11.8 IRCA.

ALCALDÍA DEL SURESTE  
DE BOGOTÁ D.C.  
SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD  
LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA

OFICIO CSP-E -2017

Bogotá D.C.

Señor **27 SEP 2017**  
**JOSE BELTRAN MUÑOZ**

6890

Representante Legal

Asociación de Usuarios del Acueducto de la Vereda Agualinda Chiguaza -

ASOAGUALINDA

Carrera 3 No 138 F - 10 Sur

Ciudad.

**Asunto:** Notificación del Índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) para consumo humano correspondiente al monitoreo realizado en el mes de agosto de 2017.

Cordial saludo, por medio de la presente me permito informarle que, durante el mes de agosto de 2017, se realizó la toma de muestras en el sistema de abastecimiento que usted administra, en la siguiente tabla se detallan los valores obtenidos, la valoración de cumplimiento de los mismos según lo establecido en la resolución 2115 de 2007 y el valor del IRCA clasificado así:

MES	PARÁMETRO ANALIZADO	VALOR REPORTADO	UNIDADES	CUMPLIMIENTO SEGÚN LA RES. 2115/2007
08 DE AGOSTO 2017	Alcalinidad Total	<1,61	mg/L - CaCO <sub>3</sub>	SI
	Cloro Residual libre	0,82	mg/L - Cl <sub>2</sub>	SI
	Cloruros	9,00	mg/L - Cl <sup>-</sup>	SI
	Coliformes Totales	0	NMPC en 100 cm <sup>3</sup>	SI
	Color Aparente	3	UPC	SI
	Conductividad	51	µS/cm	SI
	Dureza Total	17,80	mg/L - CaCO <sub>3</sub>	SI
	E. Coli	0	NMPEC en 100 cm <sup>3</sup>	SI
	Hierro Total	<0,075	mg/L - Fe	SI
	pH	6,41	Unidades de pH	NO
	Turbiedad	0,61	NTU	SI
	Fosfatos	0,17	mg/L - PO <sub>4</sub>	SI
<b>INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA (IRCA): 1,81%</b>				

Fuente: Laboratorio de Salud Pública Secretaría Distrital de Salud

Traversal 44 No 51 B -16 Sur Barrio Venecia

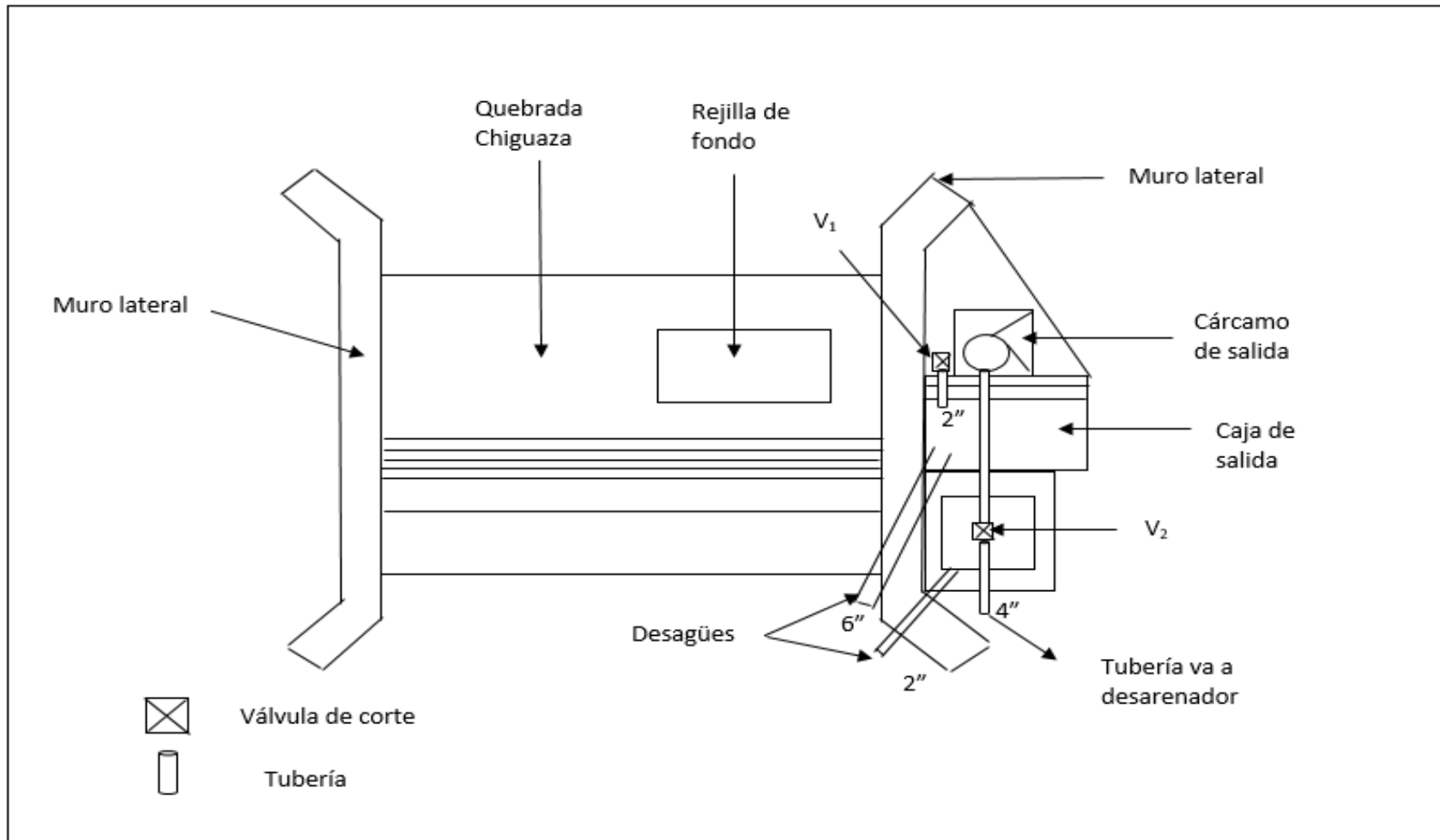
Código postal:

Tel.:4853551 -4853574

www.subredsur.gov.co

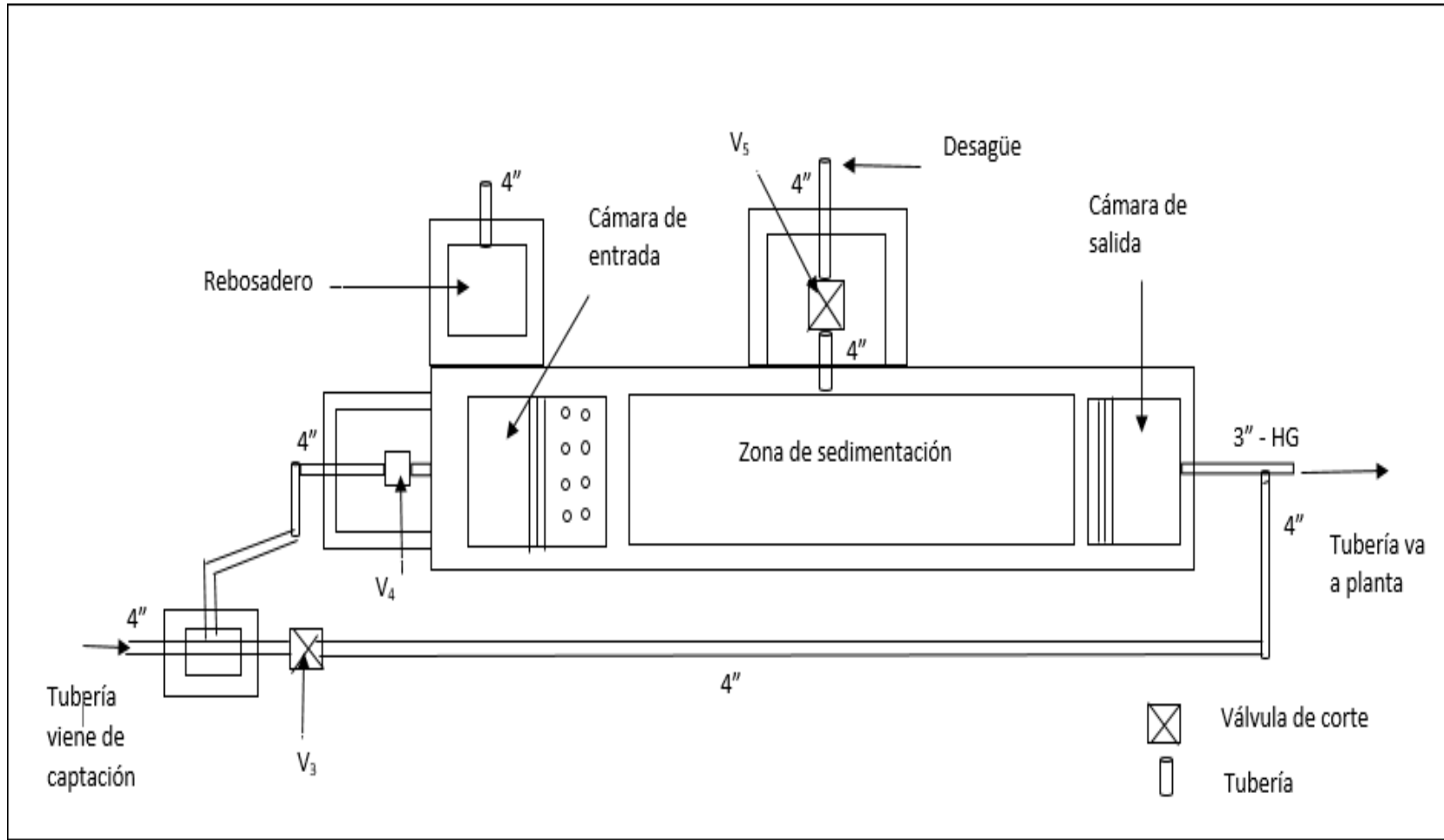
**BOGOTÁ  
MEJOR  
PARA TODOS**

### 11.9 Plano N° 1. Bocatoma.



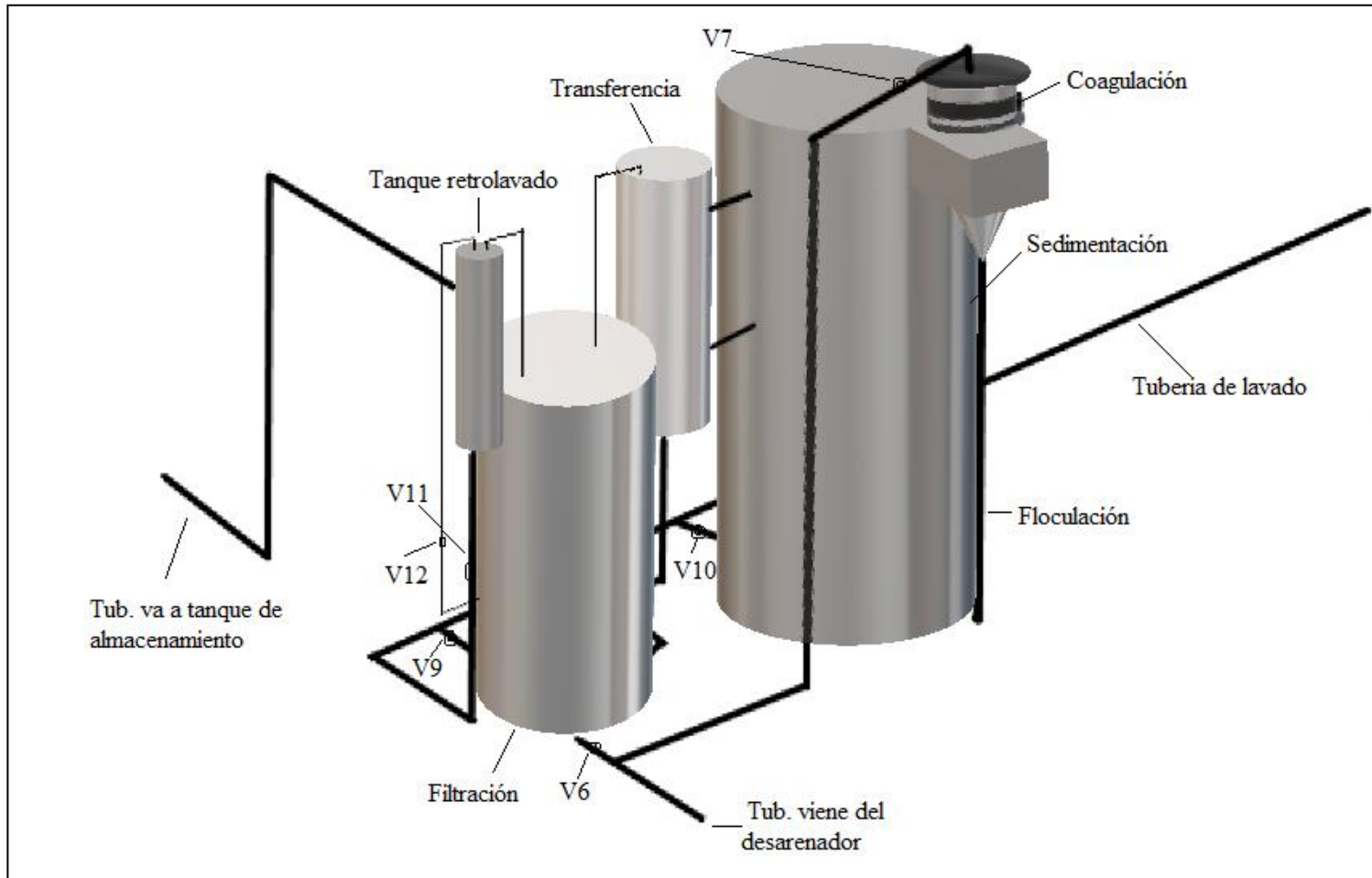
Fuente. Manual de operación de la secretaria del hábitat.

### 11.10 Plano N° 2. Desarenador.



Fuente. Manual de operación de la secretaria del hábitat.

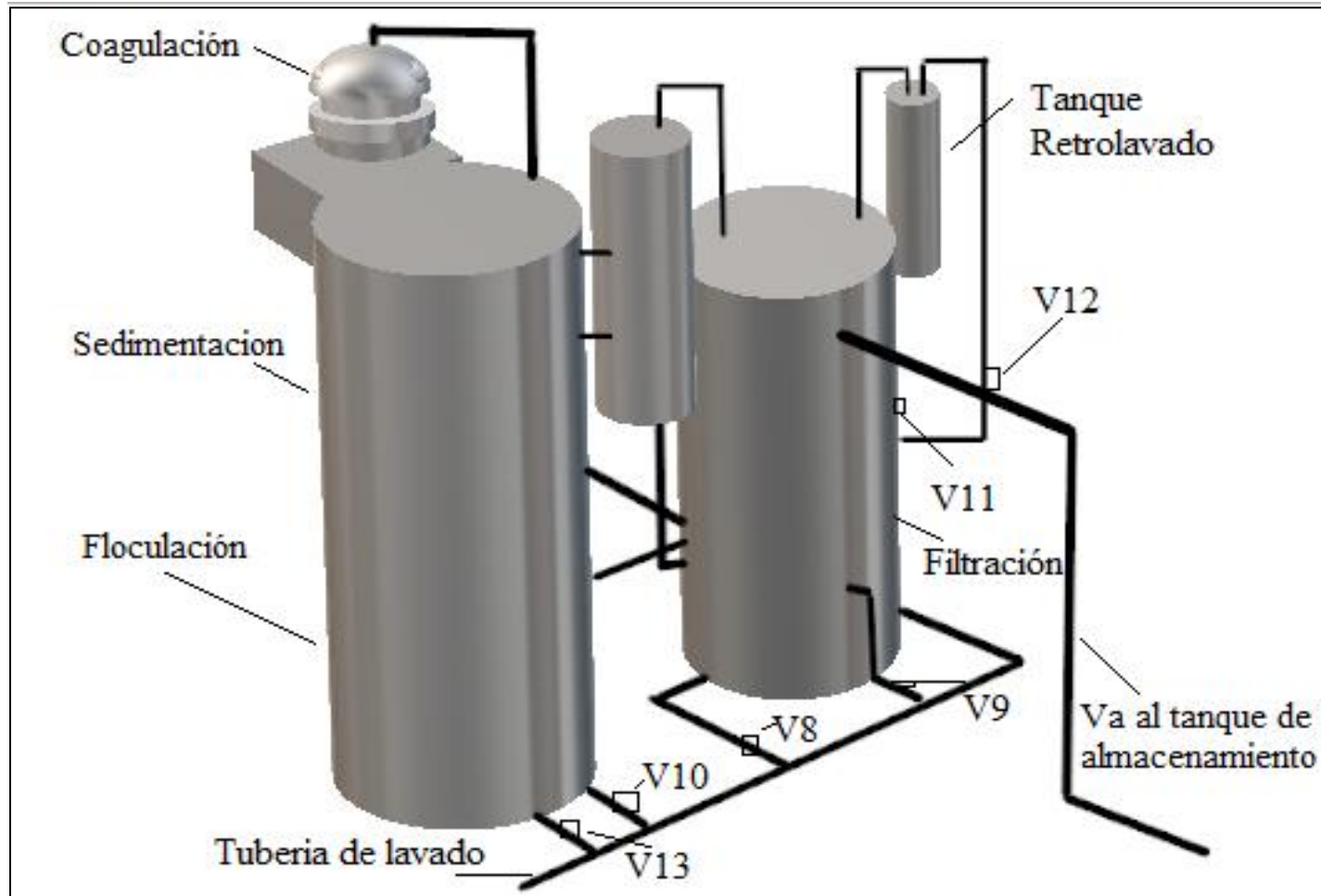
### 11.11 Plano N° 3. PTAP vista anterior.



Fuente. Manual de operación de la secretaria del hábitat

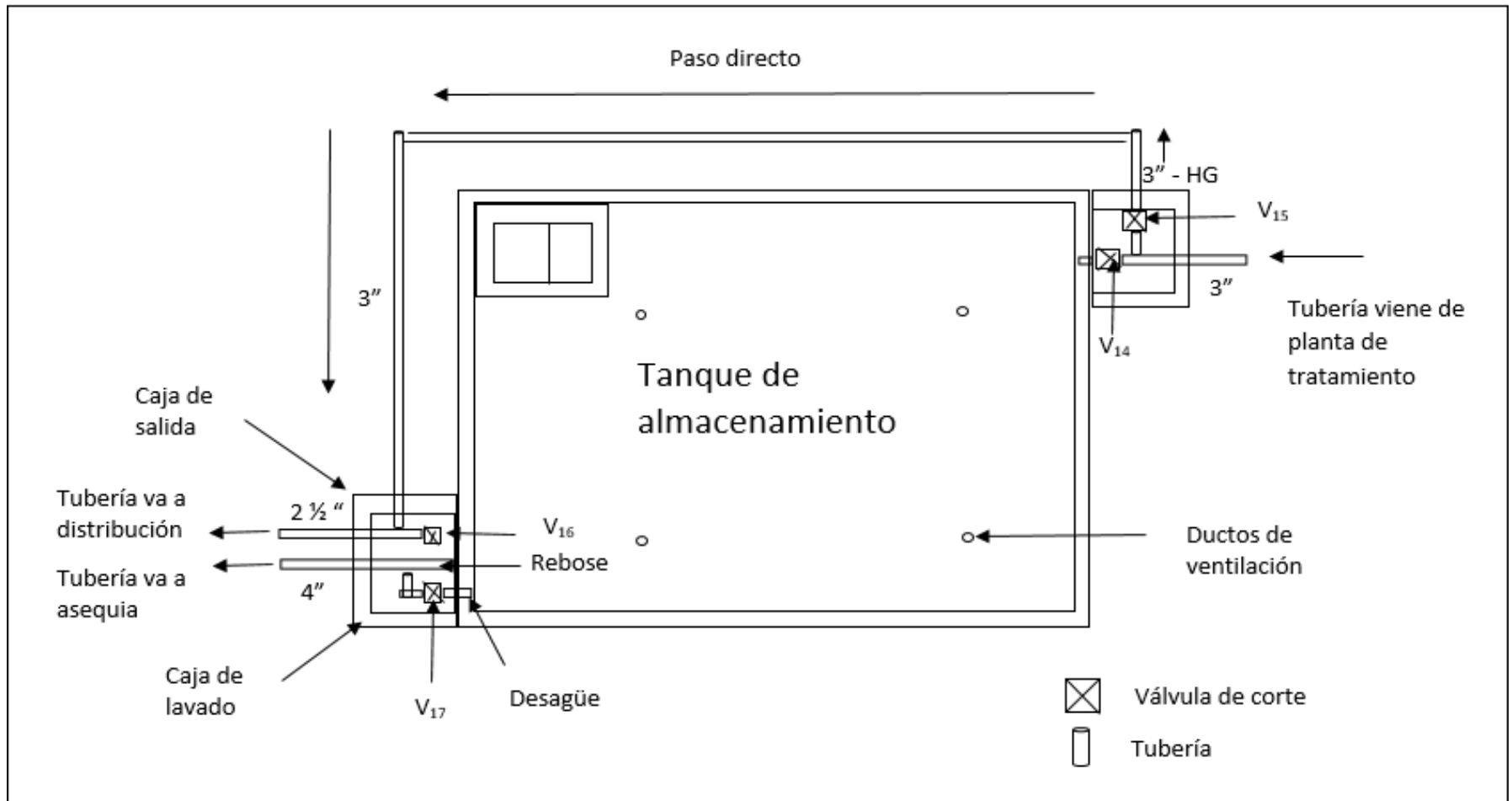


11.12 Plano N° 4. PTAP vista posterior.



Fuente. Manual de operación de la secretaria del hábitat

### 11.13 Plano N° 5. Tanque de almacenamiento



Fuente. Manual de operación de la secretaria del hábitat.

**11.14 Cotización.****CARTA DE COTIZACIÓN**

Señores

**FF Soluciones** - Carrera 25 N° 18-35

Atención: Señores FF soluciones

Referencia: Asociación de usuarios del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted, para hacer de su conocimiento que de acuerdo con los Términos de Referencia, nuestra cotización es la siguiente:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Unidades y/o Cantidades</b>	<b>COSTO \$ MCTE</b>
Tubería galvanizada ½ In	1 Metro	(\$ 7.250 - 25%)+IVA
Tubería galvanizada 1 ½ In	1 Metro	(\$ 22.800 - 25%)+IVA
Tubería galvanizada 2 In	1 Metro	(\$ 31.400 - 25%)+IVA
Codo galvanizado ½ In	Unidad	(\$ 2.550 - 25%)+IVA
Codo galvanizado 1 ½ In	Unidad	(\$ 5.050 - 25%)+IVA
Codo galvanizado 2 In	Unidad	(\$ 7.600 - 25%)+IVA
T galvanizada ½ In	Unidad	(\$ 3.400 - 25%)+IVA
T galvanizada 1 ½ In	Unidad	(\$ 6.400 - 25%)+IVA
T galvanizada 2 In	Unidad	(\$ 10.300 - 25%)+IVA
Uniones galvanizadas ½ In	Unidad	(\$ 3.500 – 25%) + IVA
Registro de bronce ½ In	Unidad	(\$ 32.374 – 25%)
Registro de bronce 1 ½ In	Unidad	(\$ 51.400 - 25%)+IVA

Registro de bronce 2 In	Unidad	(\$ 84.400 - 25%)+IVA
Pegante para galvanizado	Frasco de 36 ml	( \$ 8500 + IVA)
Pintura inhibidora de corrosión	Caneca	\$300.000
Brocha	unidad	\$5.400
Arena	bulto	\$ 12.000
Grava	bulto	\$ 12.000
Antracita	bulto	\$ 12.000
Laminas sedimentadoras		\$ 350.000
Retro lavado para filtro		\$ 1.322.000
Retro lavado para sedimentador		\$ 1.322.000
Protector de espalda		\$ 500.000
Cemento	bulto	\$ 20.700
Sellador solución temporal	unidad	\$ 9.300
Macro medidor (macro medidor tipo WOLTMANN + acoples y accesorios)	Unidad	(\$ 825.000 - 25%)+IVA
Válvula de 4 In en bronce cromada	Unidad	\$183.900 + IVA
Buje de 1 ½ In con reducción a ½ In	Unidad	\$ 3.200 + IVA
Rodillo	unidad	\$ 7.990

**Teléfono FF soluciones:** 2778830

**Página Web de FF soluciones:** <http://www.ffioluciones.com/>

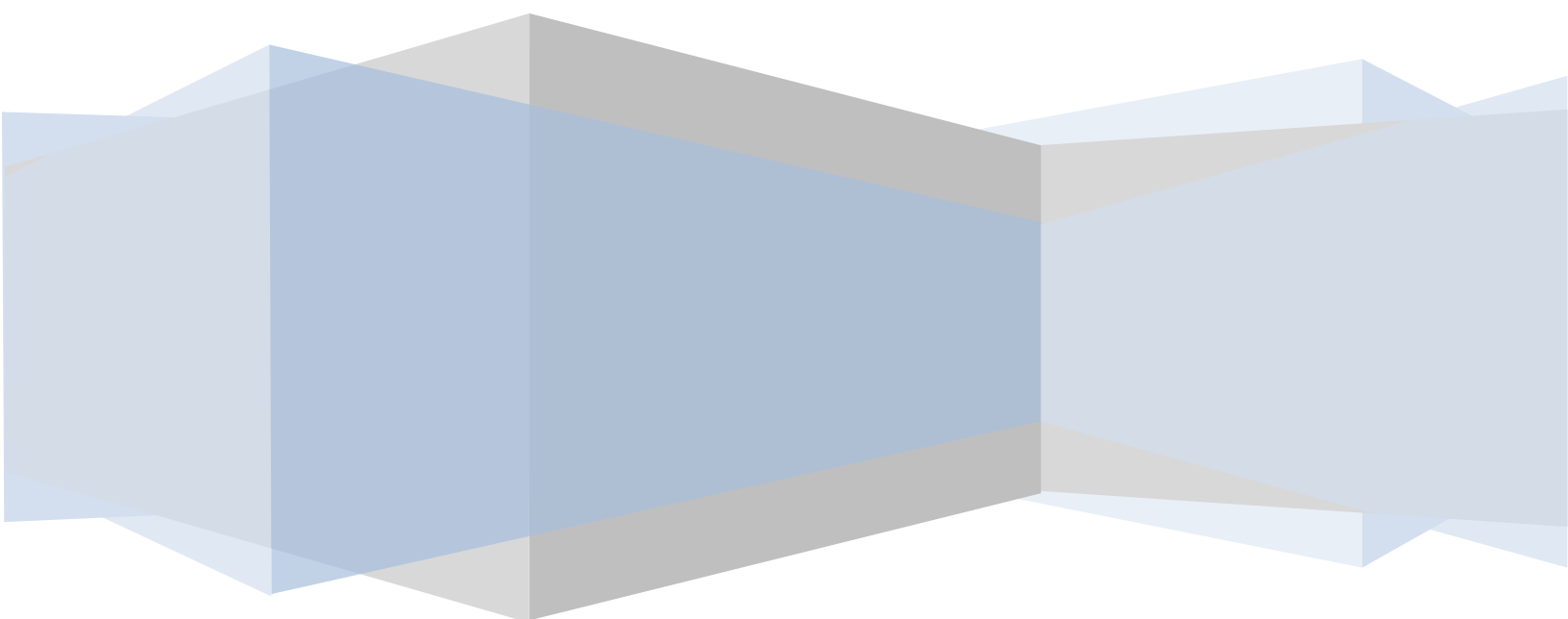
**Proalt ingeniería:** info@proalting.com

**11.15 Manual de operación y mantenimiento del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.**

# **Manual de Operación y Mantenimiento**

**Acueducto comunitario de la vereda Agualinda  
Chiguaza**

**Nelson Fabian Raigoso Gómez  
María Fernanda Hernández Suarez**



## TABLA DE CONTENIDO

### Introducción

#### 1. Objetivos

- 1.1 General
- 1.2 Especifico

#### 2. Alcance

#### 3. Funciones del operario

#### 4. Elementos de protección personal (EPP)

#### 5. Operación de la PTAP

- 5.1 Inspección preliminar al iniciar la jornada
- 5.2 Medición de parámetros
- 5.3 Medición del caudal
- 5.4 Determinación de la dosis optima
  - 5.4.1 Test de jarras
  - 5.4.2 Ajuste del pH
  - 5.4.3 Cloración (ensayo de cloro)

#### 6. Mantenimiento de la PTAP

- 6.1 Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)
- 6.2 Fuente Abastecedora
- 6.3 Bocatoma de captación
- 6.4 Red de tuberías y accesorios
- 6.5 Desarenador
- 6.6 Bandeja de aireación
- 6.7 Cono de mezcla rápida
- 6.8 Sistema modular de sedimentación
- 6.9 Filtro
- 6.10 Tanque de almacenamiento

## **INTRODUCCIÓN**

Para asegurar un adecuado cumplimiento de las labores operativas y de mantenimiento en un acueducto comunitario es necesario proporcionar espacios de capacitación a los operarios; del mismo modo es importante proporcionar herramientas que permitan a los operarios una consulta personal que permita despejar dudas que involucren temas operativos y de mantenimiento que no quedaron claros en las capacitaciones o que son de difícil retención y aprendizaje.

Por tal motivo se propone la creación de un manual de operación y mantenimiento que servirá de instrumento de trabajo para el operario, ya que este incorpora una serie de normas y tareas que se deben desarrollar para garantizar una óptima gestión del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.

### **1. OBJETIVOS**

#### **1.1 GENERAL**

Diseñar una herramienta de trabajo para el operario del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza que le permita acudir a ella para despejar incertidumbres relacionadas con las labores de operación y mantenimiento que él deba realizar.

#### **1.2 ESPECÍFICO**

Entregar el manual de operación terminado al operario del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.

### **2. ALCANCE**

El presente manual aplica desde la captación hasta el almacenamiento del agua potable del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza.

### **3. FUNCIONES DEL OPERARIO**

Son funciones del operario:

1. Operar los tanques dosificadores de sulfato de aluminio, soda caustica y cloro. Para ello el operario debe aplicar el test de jarras y el ensayo de cloro para determinar las dosis óptimas de coagulante, de soda caustica y cloro a utilizar.
2. Realizar las labores de mantenimiento y limpieza de las siguientes estructuras:
  - Bocatoma de captación.


- Cámaras de quiebre.
  - Desarenador.
  - Tanque sedimentador.
  - Tanque filtrador (filtro).
  - Tanque de almacenamiento.
  - Accesorios (válvulas, tuberías, macro y micro medidores, registros, etc.) que correspondan al sistema del acueducto.
3. Efectuar la toma de los siguientes parámetros a la salida de la PTAP:
    - pH.
    - Turbiedad.
    - Cloro residual.
  4. Registrar en un cuaderno o bitácora las labores diarias, anotando los inconvenientes y anomalías que se presenten.
  5. Monitorear las fuentes de abastecimiento, con el fin de identificar cambios considerables en el estado de la misma; y si es el caso realizar los ajustes pertinentes en la dosificación.
  6. Informar a administración del acueducto las irregularidades que se presenten en el funcionamiento del sistema.
  7. Utilizar de forma adecuada y continua los elementos de protección personal descritos a continuación.

#### **4. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)**

Los siguientes elementos deben ser de uso diario y personal. La implementación de los mismos protege la vida y la salud del trabajador.

<b>EPP</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<b>OVEROL</b> 	Debe ser una prenda de una sola pieza, de uso diario, con el fin de evitar el contacto corporal del tronco y los miembros superiores e inferiores del trabajador con sustancias y/o elementos peligrosos relacionados con labores de operación del acueducto.
<b>CASCO DE SEGURIDAD</b> 	Este dispositivo protege la cabeza en actividades donde existan riesgos de caída de objetos, reboce de materiales y líquidos, golpes o contacto con la electricidad.
<b>FAJA LUMBAL</b>	Este elemento se utiliza para proteger el área



	<p>lumbar de posibles riesgos a la hora de levantar o manipular objetos pesados.</p>
<p><b>BOTAS CON PUNTERA REFORZADA EN ACERO</b></p> 	<p>Estas botas ofrecen protección a los pies, especialmente a la parte frontal del mismo, evitando lesiones por caída de objetos, resbalones y evitando el contacto directo con elementos peligrosos.</p>
<p><b>GUANTES</b></p> 	<p>Se requieren para la protección de los antebrazos, las manos y los dedos, cuando es necesario la manipulación de productos químicos, manejo de filos o puntas.</p>
<p><b>GAFAS DE SEGURIDAD</b></p> 	<p>Este dispositivo protege los ojos cuando en la labor existan sustancias químicas. Estas gafas pueden usarse sobre lentes con prescripción médica.</p>

## 5. OPERACIÓN DE LA PTAP

La parte operativa de la PTAP involucra los temas relacionados con la aplicación adecuada de los productos químicos que son necesarios para la potabilización del agua (sulfato de aluminio, soda caustica y cloro); del mismo modo incorpora el proceso de medición de caudal (Q) que es necesario para poder aplicar adecuadamente los productos químicos mediante una proporcionalidad.

A continuación veremos cómo se debe realizar la aplicación de los productos químicos y los métodos que permiten determinar las proporciones óptimas según la norma en que se rijan.

### 5.1 Inspección preliminar al iniciar la jornada.

Esta comprende un proceso sistemático que el operario debe seguir rigurosamente con el fin de no dejar nada a la deriva. Es importante que el operario de la PTAP realice las siguientes inspecciones diarias al iniciar la jornada:

- a. Verificar que la dosificación y disponibilidad de los productos químicos (soda caustica, sulfato de aluminio y cloro).
- b. Revisar en la fuente de abastecimiento las características físico-químicas del agua, verificando que el caudal de la fuente abastecedora garantice el caudal de operación. Esta operación debe hacerse al iniciar la jornada y por lo menos cada dos horas.
- c. Verificar las líneas de aducción con el fin de identificar posibles fugas o deterioros.
- d. Revisar el desarenador, haciendo limpieza de la rejilla presente en el mismo.
- e. Verificar que no existan fugas o rebocos de agua en las instalaciones de la PTAP.

Es necesario corregir las fugas y los problemas estructurales que se puedan encontrar en las inspecciones para garantizar el adecuado funcionamiento de la PTAP.

### 5.2 Medición de parámetros.

- pH: utilice Papel tornasol o Papel pH para medir la concentración de Iones Hidrógenos contenido en una sustancia o disolución.

Coloque una tira de papel tornasol en una muestra de agua. Luego de esperar por unos segundos retire la tira para su comparación con la escala de pH.

Comparar el color obtenido en cada campo, con la escala de colores de referencia. El valor del pH es aquel donde el color de todos los campos de la tira coincida con el color de los campos de una columna de colores de referencia.

Turbiedad: de acuerdo con el equipo a implementar, varían las instrucciones de uso; por ello en este campo es necesario que el operario acuda al manual de operación del equipo con que va a trabajar.

### 5.3 Medición de caudal (Q).

Debido a la falta de una infraestructura, o de la aplicación de un método que permita medir el caudal (Q) de entrada a la PTAP del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza. Es necesaria la implementación de un método que permita determinar el caudal (Q) de ingreso.

### Ilustración 2. Aplicación del método volumétrico



Fuente. DGIAR

### MÉTODO VOLUMÉTRICO

De acuerdo con Dirección General de Infraestructura Agraria Riego. DGIAR. (2015). Método Volumétrico. Medidas de Calidad, 2, 12. La aplicación de este método es para determinar caudales (Q) pequeños; este método se basa en medir el tiempo que demora en llenarse un balde de un volumen conocido. Y al dividir la capacidad del balde (litros) por el tiempo empleado en llenarse (segundos) se obtiene el caudal (Q) en l/s, como se indica en la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal (l/s) } Q = \frac{\text{Volumen del balde (litros)}}{\text{Tiempo que demora en llenarse (segundos)}}$$

- Determinación del tiempo de llenado del balde (T):

Para determinar el tiempo de llenado del balde o recipiente se deben realizar como mínimo cinco (5) mediciones con el fin de determinar un tiempo promedio.

#### 5.4 Determinación de la dosis optima.

##### 5.4.1 Test de jarras

*(La prueba debe realizarse en temporadas secas y lluviasas, ya que la dosificación puede variar)*

De acuerdo con la Norma técnica colombiana. PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO DE COAGULACIÓN –FLOCULACIÓN EN UN RECIPIENTE CON AGUA O METODO DE JARRAS: método de ensayo, coagulación; floculación de agua; jarras. ICONTECC, 2010. 0-10 (I.C.S.; 13.060.040. NTC 3903. NTC 3903). El ensayo de coagulación-floculación se lleva a cabo para determinar los productos químicos, la dosis y las condiciones requeridas para lograr resultados óptimos, mediante unos tiempos e intensidades de agitación aplicadas simultáneamente a una serie de recipientes, a los que se les adiciona cantidades determinadas de reactivos químicos a evaluar e investigando en el proceso las siguientes variables, entre otras:

Aditivos químicos, pH, temperatura, tiempos de agitación y orden de adición y condiciones de mezclado.

## EQUIPO

Agitador múltiple: se debe usar un agitador multiposición con variación continua de la velocidad en un rango que podría variar entre 20 r/min a 500 r/min. Las paletas de agitación deben ser de un material resistente a la corrosión, de calibre liviano, todas con la misma configuración y tamaño. Se debe garantizar que todas las paletas de agitación giren a la misma velocidad medida en revoluciones por minuto.

Es útil una base iluminada con luz blanca para observar la formación de los flóculos. Se deben tomar medidas de precaución para evitar que el sistema de iluminación difunda calor que pueda contrarrestar la sedimentación normal.

## RECIPIENTES (JARRAS)

Todos deben ser del mismo tamaño y forma; se pueden usar vasos de precipitado de *Griffin* de 2000 ml (tamaño mínimo recomendado 1000 ml) o recipientes rectangulares, de material adecuado (vidrio o acrílico).

## PROCEDIMIENTO

- a. Mida volúmenes de muestra igual en cada uno de los recipientes. Se pueden usar tantas porciones de agua como posiciones haya en el agitador múltiple. Ubique los recipientes de manera que las paletas queden descentradas, pero separadas de la pared del recipiente a una distancia de aproximadamente 6,4 mm (1/4 de pulgada). Registre la temperatura de la muestra al comienzo del ensayo.

Para el caso del agua cruda se debe hacer un análisis previo que incluya la temperatura, el color, la turbidez, el pH y de cualquier otro parámetro de interés en la investigación.

- b. Mida diferentes volúmenes de reactivo químico (sulfato de aluminio) a adicionar a cada recipiente y colóquelos en un tubo de ensayo. Complete cada tubo con agua hasta un volumen igual al 10 ml, antes de usarlo.
- c. Accione el agitador múltiple a una velocidad de “mezclado instantáneo” (*Flash Mix*) de aproximadamente 120 r/min o a la velocidad equivalente al gradiente a simular. Adicione la solución de sulfato de aluminio simultáneamente a cada recipiente. Aplique esta velocidad de mezclado durante aproximadamente 1 minuto después de agregar el químico. Registre el tiempo de mezclado instantáneo y la velocidad (r/min).

La velocidad y el tiempo especificados en el párrafo anterior corresponden a valores de referencia, se debe verificar que la velocidad así como el tiempo de mezclado a aplicar en

el ensayo correspondan a los gradientes de velocidad de cada proceso unitario de una planta de purificación de agua cruda o de tratamiento de agua residual en particular.

- d. Reduzca la velocidad lo necesario hasta alanzar la mínima requerida para mantener las partículas de floculación suspendidas uniformemente durante todo el período de “mezclado lento”. Aplique este mezclado durante 20 minutos aproximadamente. Registre el tiempo de formación del primer flóculo visible. Registre durante cada 5 minutos (durante el tiempo de mezclado lento) la formación, uniformidad y tamaño de los flóculos y la velocidad de mezclado ( $r/min$ ).

La velocidad (en revoluciones por minuto,  $r/min$ ) necesaria para mantener suspendido el floculo durante el periodo de mezcla lenta debe corresponder a los gradientes de velocidad de cada proceso unitario de una planta de purificación de agua cruda o de tratamiento de agua residual en particular. Los 20 minutos corresponden a un valor de referencia; sin embargo se debe verificar que este tiempo corresponde al tiempo de retención real de mezcla lenta de la planta.

- e. Después del periodo de mezclado lento retire las paletas y observe el asentamiento de las partículas de flóculo. Registre el tiempo requerido para que el volumen de partículas se asienten. En la mayoría de los casos este tiempo será el necesario para que las partículas se asienten en el fondo del recipiente; sin embargo, en algunos casos puede haber interferencia de corrientes de convección. Si es así, el tiempo de asentamiento registrado debería ser aquel al cual las partículas no asentadas o residuales parece que se mueven de forma igual hacia arriba y hacia abajo.
- f. Después de 15 minutos de asentamiento registre la apariencia del flóculo en el fondo del recipiente. Registre la temperatura de la muestra. Con una pipeta o sifón tome del recipiente un volumen de muestra adecuado del liquido que sobrenada, en un punto situado a la mitad de la profundidad de la muestra, para llevar a cabo los análisis de color, turbiedad, pH, y otros análisis requeridos determinados de acuerdo con la autoridad sanitaria local.

El sistema de toma de muestra debe garantizar que de cada recipiente, la muestra se tome a la misma profundidad y debe permitir extraer la muestra bajo las mismas condiciones de manera que la muestra sea representativa.

A continuación se incluye una forma sugerida por la NTC 3903 para registrar los resultados anteriores.

**Tabla 1. Datos del ensayo de Coagulación – Floculación.**

Muestra _____	pH _____	Turbidez _____	Fecha _____			
Ubicación _____	Color _____	Temperatura _____	Tamaño de muestra _____ ml			
	Numero de recipientes					
	1	2	3	4	5	6
Químicos, mg/litro (a)						
Velocidad de mezclado instantánea (rápido), r/min						
Tiempo de mezclado instantáneo (rápido), min						
Velocidad de mezclado lento, r/min						
Tiempo de mezclado lento, min						
Temperatura, °C						
Tiempo del primer flóculo, min						
Tamaño del flóculo						
Tasa de asentamiento						
Turbidez, UNT						
Color, UPC						
pH						
(a) Indique el orden de adición de los químicos						

Fuente. NTC 3903

#### 5.4.2 Ajuste del pH

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. Dependiendo de las características del agua y debido a que generalmente se utilizan coagulantes convencionales, los cuales en su mayoría son sales ácidas que disminuyen el pH del agua, es necesario realizar un ajuste del pH.

Para el caso del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza, en donde se implementa sulfato de aluminio (sal ácida); el ajuste del pH se realiza adicionando un álcali o ayudante de coagulación como la soda cáustica.

## DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE ALCALINIZANTE PARA OBTENER EL PH ÓPTIMO DE COAGULACIÓN

### Materiales:

- Agua cruda.
- Sulfato de aluminio (dosis óptima).
- pH-metro o papel tornasol.
- Soda caustica (Hidróxido de sodio NaOH).
- Agitador múltiple (Esquipo de jarras)

### Procedimiento:

- a. Mida volúmenes de muestra igual en cada uno de los recipientes del equipo de jarras.
- b. Ajuste el pH agregando distintas cantidades de soda caustica a cada muestra, asegurándose de dejar una muestra en estado natural.
- c. Lleve el equipo de jarras a 120 r/min o a la velocidad equivalente al gradiente a simular (Mezclado instantáneo).
- d. Adicione a cada muestra la dosis óptima de coagulante (sulfato de aluminio) determinada en el test de jarras, y espere 1 minuto o el tiempo que corresponda al gradiente del proceso a simular (Mezclado instantáneo).
- e. Coloque el equipo de jarras a una velocidad equivalente al mezclado lento (determinado en el Test de Jarras para dosis óptima de coagulante), durante un tiempo correspondiente al tiempo de retención real del mezclado lento de la PTAP (este valor de tiempo se determina en el Test de Jarras para dosis óptima de coagulante).
- f. Apague el equipo de jarras y espere 15 minutos.
- g. Después de los 15 minutos determinar la turbiedad final de cada una de las muestras correspondientes a cada recipiente.
- h. El pH óptimo será aquel que presente la muestra con menos turbiedad final (UNT).
- i. La dosis de soda caustica a adicionar al total del caudal de ingreso a la PTAP será aquel dosificado a la muestra que presento menor turbiedad final medidas en UNT, estableciendo relaciones de proporcionalidad para el caudal total de ingreso a la planta.

### 5.4.3 Cloración (ensayo de cloro).

#### **Resolución 0330 del 2017, RAS 2017, Sugiere:**

- ✓ Procesos de desinfección, entre ellos encontramos
  1. Cloración y sus componentes.
    - Hipoclorito de sodio (Na ClO).
    - Hipoclorito de calcio (Ca (OCl)<sub>2</sub>).
    - Dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>).
  2. Ozonización

### 3. Radiación con ultravioleta

Para el caso de esta PTAP, donde se utiliza cloración como proceso de desinfección, debe tener un tanque de contacto con tiempo mínimo de contacto de 20 minutos, done garantice la desinfección del agua.

#### ✓ Dosis Óptima.

Para hallar la dosis óptima se debe tener en cuenta dos aspectos importantes, la primera de ellas es la Remoción de Coliformes Totales en tratamientos previos a la Cloración, es decir en los tratamientos de sedimentación y filtración y el segundo aspecto es la turbiedad.

**Tabla 2. Dosis Óptima.**

	Remoción de Coliformes totales en Tratamiento previos a la desinfección	Turbiedad	Revisión de dosis optima
Caso 1	95 – 99 %	<1 UNT	Tabla 3
Caso 2	90 – 95 %	1 – 2 UNT	Tabla 4

Fuente. Resolución 0330 del 2017- RAS 2017

Para lectura de tablas se debe tener en cuenta la temperatura y el pH del agua. Adicionalmente estas tablas están elaboradas para desinfección de cloro libre, el ministerio de salud y protección social podrá exigir remociones mayores para aguas con alta contaminación. Resolución 0330 del 2017- RAS 2017

**Tabla 3. Parámetros de desinfección por cloración (< 1 UNT) Caso 1.**

Tabla 4 . Parámetros de Desinfección por cloración (< 1 UNT)																
Valores de $C_t = K$ (mg-min/l) para inactivación de Coliformes totales por Cloro libre para log 2																
Dosis de Cloro Aplicada mg/l	10 °C				15 °C				20 °C				25 °C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0,40	24	29	35	42	16	20	23	28	12	15	17	21	8	10	12	14
0,6	25	30	36	43	17	20	24	29	13	15	18	21	8	10	12	14
0,8	26	31	37	44	17	20	24	29	13	15	18	22	9	10	12	15
1,0	26	31	37	45	18	21	25	30	13	16	19	22	9	10	12	15
1,2	27	32	38	46	18	21	25	31	13	16	19	23	9	11	13	15
1,4	27	33	39	47	18	22	26	31	14	16	19	23	9	11	13	16
1,6	28	33	40	48	19	22	26	32	14	17	20	24	9	11	13	16
1,8	29	34	41	49	19	23	27	33	14	17	20	25	10	11	14	16
2,0	29	35	41	50	19	23	28	33	15	17	21	25	10	12	14	17
2,2	30	35	42	51	20	23	28	34	15	18	21	26	10	12	14	17
2,4	30	36	43	2	20	24	29	35	15	18	22	26	10	12	14	17
2,6	31	37	44	53	20	24	29	36	15	18	22	27	10	12	15	18
2,8	31	37	45	54	21	25	30	36	16	19	22	27	10	12	15	18
3,0	32	38	46	55	21	25	30	37	16	19	23	28	11	13	15	18

Fuente. Resolución 0330 del 2017- RAS 2017



**Tabla 4. Parámetros de desinfección por cloración (1-2 UNT) Caso 2.**

Tabla 5 . Parámetros de Desinfección por cloración (1 - 2 UNT)																
Valores de $C_t = K$ (mg-min/l) para inactivación de Coliformes totales por Cloro libre para log 3																
Dosis de Cloro Aplicada mg/l	10 °C				15 °C				20 °C				25 °C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0,40	37	44	52	63	25	30	35	42	18	22	26	31	12	15	18	21
0,6	38	45	54	64	25	30	36	43	19	23	27	32	13	15	18	22
0,8	39	46	55	66	26	31	37	44	20	23	28	33	13	16	19	22
1,0	40	47	56	67	27	32	38	45	20	24	28	34	13	16	19	23
1,2	40	48	57	69	27	32	38	46	20	24	29	35	14	16	19	23
1,4	41	49	58	70	28	33	39	47	21	25	29	35	14	17	20	24
1,6	42	50	60	72	28	33	40	48	21	25	30	36	14	17	20	24
1,8	43	51	61	74	39	34	41	49	22	26	31	37	15	17	21	25
2,0	44	52	62	75	29	35	42	50	22	26	31	38	15	18	21	25
2,2	45	53	64	77	30	35	43	51	22	27	32	39	15	18	21	26
2,4	45	54	65	79	30	36	43	53	23	27	33	39	15	18	22	26
2,6	46	55	66	80	31	37	44	54	23	28	33	40	16	19	22	27
2,8	47	56	67	82	31	37	45	55	24	28	34	41	16	19	23	27
3,0	48	57	69	83	32	38	46	56	24	29	34	42	16	19	23	28

Fuente. Resolución 0330 del 2017 - RAS 2017

## 6. Mantenimiento de la PTAP

### 6.1 Planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

Es el conjunto de estructuras y procesos destinados al tratamiento del agua captada de una fuente abastecedora natural; el objetivo de las PTAP es convertir el agua captada en un agua apta para consumo humano.

La planta de tratamiento de agua potable cuenta con diferentes estructuras y procesos que permiten la reducción de materiales no deseados presentes en el agua; con el objetivo de brindar al consumidor un agua que cumpla con las características físico – químicas y organolépticas de las que habla el decreto 1575/2007 y la resolución 2115/2007, a continuación se describirá cada una de ellas.

### 6.2 Fuente Abastecedora.

Consiste en hacer un seguimiento a la fuente, al menos dos veces al día para evidenciar cambios en las características físicas del agua; cambios como la turbiedad, olor, color y sabor si es posible.

- En caso de un cambio leve en la turbiedad del agua, el operario debe aplicar test de jarras para determinar dosis y pH óptimos de coagulación y operación. Si el cambio

de la turbiedad es muy elevado, el operario debe suspender el ingreso de agua a las instalaciones de la PTAP mientras mejora las condiciones de la fuente abastecedora. Si la turbiedad perdura comprometiendo el suministro de agua los usuarios del acueducto, el operario debe enviar un reporte a la secretaria del hábitat y esperar asesoría de la misma.

- En caso de evidenciar cambios en olor, color y sabor desagradables distintos a los convencionales, el operario debe suspender el ingreso de agua a las instalaciones de la PTAP y debe enviar un reporte a la secretaria del hábitat y esperar asesoría de la misma.

Del mismo modo es necesario que la fuente mantenga un suministro constante del caudal para así asegurar una oferta de agua que supla las necesidades de la población a la que abastece.

### 6.3 Bocatoma de captación.

En verano:

- Realzar dos visitas diarias para remover de la rajilla aquellos materiales que estén obstruyendo la captación adecuada del agua cruda.
- hacer cada 30 días una limpieza general a las paredes y piso de la bocatoma para remover algas y sedimentos que dificulten el curso normal del agua; lo que puede provocar apozamientos de hojas, palos y grasas en la superficie del agua.

En invierno:

- Realzar 3 visitas diarias para remover de la rajilla aquellos materiales que estén obstruyendo la captación adecuada del agua cruda.
- hacer cada 15 días una limpieza general a las paredes y piso de la bocatoma para remover algas y sedimentos que dificulten el curso normal del agua; lo que puede provocar apozamientos de hojas, palos y grasas en la superficie del agua.

### 6.4 Red de tuberías y accesorios.

Realizar dos inspecciones diarias; una al iniciar la jornada y otra al terminar la misma con el objetivo de detectar fugas por desgaste o ruptura de la tubería o los accesorios.

- Realizar la instalación de las tapas protectoras de las cámaras donde están instaladas las válvulas y demás accesorios.
- Remover el agua apozada en las cámaras donde están instaladas las válvulas y demás accesorios.
- Hacer limpieza de las válvulas y tuberías visibles para prolongar su vida útil.
- Cambiar la tubería o la sección de la tubería que presente fugas por ruptura.
- Cambiar o recolocar las válvulas que presenten fugas o que evidencien una mala instalación.

- Cambiar o recolocar los accesorios como codos, acoples, reductores, entre otros que evidencien fugas por mala instalación o por finalizado su vida útil.

#### 6.5 Desarenador.

Esta estructura por su forma alargada, permite que el agua en su trayectoria, decante o sedimente partículas densas como la arena, obligándolas a acumularse en el fondo de la estructura.

Debe hacerse limpieza cada 45 días en invierno y cada 60 días en verano aproximadamente, aunque este intervalo de tiempo puede ser modificado por el operario si es necesario hacer limpieza y mantenimiento antes de lo estipulado debido a condiciones externas.

- Limpieza y mantenimiento: Cerrar la válvula de entrada al desarenador, y abrir el by-pass, que permitirá el paso directo del agua a la PTAP, sin entrar al desarenador, (solo se utiliza por motivos de reparación o mantenimiento y limpieza), a continuación se procede a abrir la válvula de desagüe que permitirá remover todas las partículas asentadas en el fondo de la estructura. Terminado el proceso de desocupe de la estructura, cierre la válvula del by-pass y abra la válvula de entrada al desarenador esto permitirá que si quedo algún resto de arenas lo remueva, finalmente cierre la válvula de desagüe, permitiendo el llenado normal de la estructura.

#### 6.6 Bandeja de aireación.

Hacer limpieza cada 30 días, limpiando el interior de la misma con agua debidamente tratada para remover algas y partículas obstructivas en sus orificios de paso. Evitar la aplicación de productos de limpieza. Del mismo modo es necesario limpiar el exterior de esta estructura para evitar el desgaste de la misma.

#### 6.7 Cono de mezcla rápida.

Hacer limpieza cada 30 días, limpiando el interior de la misma para evitar el crecimiento de algas sobre las superficies de contacto con el agua; del mismo modo se debe limpiar como el exterior de la estructura para evitar el desgaste de la misma.

#### 6.8 Sistema modular de sedimentación.

Esta estructura está dotada de láminas modulares que permiten la formación de los floculos, permitiendo la decantación de los mismos en el fondo del tanque.

La limpieza del sistema modular de sedimentación debe hacerse cada 30 días en invierno y cada 45 días en verano aproximadamente, aunque este intervalo de tiempo puede ser modificado por el operario si es necesario hacer limpieza y mantenimiento antes de lo estipulado debido a condiciones externas.

- Mantenimiento y limpieza: Cerrar la válvula de entrada a la PTAP, abrir la válvula de desagüe permitiendo el descenso y desocupe del tanque sedimentador, adicionalmente se debe abrir el registro del retrolavado del sedimentador que permita remover las partículas adheridas con agua a presión.

#### 6.9 Filtro.

Consta de una capa de grava, arena y antracita, realiza la función de filtrar partículas suspendidas y coloidales que no sedimentaron en el tratamiento anterior.

La limpieza del filtro debe hacerse cada 30 días en invierno y cada 60 días en verano aproximadamente, aunque este intervalo de tiempo puede ser modificado por el operario si es necesario hacer limpieza y mantenimiento antes de lo estipulado debido a condiciones externas.

- Mantenimiento y limpieza: Cerrar la válvula de entrada a la PTAP, abrir la válvula de desagüe para evacuar totalmente el agua contenida en el filtro.  
Abrir el registro del retrolavado del filtro, permitiendo enjuagar el filtro con agua a presión.  
Luego de la limpieza a presión; cerrar la válvula de desagüe y abrir la válvula de entrada a la PTAP.

#### 6.10 Tanque de almacenamiento.

Tiene la función de reservar el agua tratada saliente de la PTAP, para asegurar la continuidad del servicio a los usuarios.

- Mantenimiento y limpieza: Cerrar la válvula de entrada al tanque de almacenamiento y abrir la válvula del by-pass, para seguir garantizando la continuidad del servicio a los usuarios.  
Abrir la válvula de desagüe del tanque de almacenamiento; permitiendo la evacuación del tanque y el arrastre de sedimentos.  
Cerrar la válvula de desagüe y la del by-pass, Abriendo la válvula de entrada al tanque de almacenamiento para permitir el llenado del mismo.