

**DISEÑO, PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE UN FILTRO PARA TRATAMIENTO DE  
AGUAS DE USO DOMÉSTICO EN TANQUES DE RESERVA EN LA POBLACIÓN DEL CASCO  
URBANO DE LA INSPECCIÓN DE SAN ANTONIO DE ANAPOIMA**

**UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2016**

**DISEÑO, PROPUESTA E IMPLEMENTACION DE UN FILTRO PARA TRATAMIENTO DE  
AGUAS DE USO DOMÉSTICO EN TANQUES DE RESERVA EN LA POBLACION DEL CASCO  
URBANO DE LA INSPECCIÓN DE SAN ANTONIO DE ANAPOIMA**

**PRESENTADO A:**

**DRA. LIZETH MANUELA AVELLANEDA**

**PRESENTADO POR:**

**IVAN RICARDO AVILA BAREÑO  
MARIO ARTURO MORENO FIGUEROA**

**UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INSTITUTO DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2016**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. ANTEPROYECTO.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.1. Objetivo General.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4.1. MARCO TEORICO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4.2. MARCO LEGAL.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.3. MARCO GEOGRAFICO.....</b>	<b>20</b>
<b>1.5. METODOLOGÍA UTILIZADA.....</b>	<b>21</b>
<b>1.6. RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>1.7. ASPECTOS FINANCIEROS.....</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
<b>Tabla 1</b> Normatividad de Agua Potable.....	19
<b>Tabla 2</b> Análisis de las condiciones fisicoquímicas del agua.....	23
<b>Tabla 3</b> Comparación resultados agua cruda con la resolución 2125 de 2007.....	29
<b>Tabla 4</b> Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA.....	30
<b>Tabla 5</b> Consumo aproximado por familia.....	31
<b>Tabla 6</b> Criterios diseño filtro de arena.....	31
<b>Tabla 7</b> Materiales y costos del filtro opción 1.....	32
<b>Tabla 8</b> Materiales y costos del filtro opción 2.....	33
<b>Tabla 9</b> Materiales y costos del filtro seleccionado opción 3.....	35
<b>Tabla 10</b> Compuestos del filtro seleccionado opción 3.....	35
<b>Tabla 11</b> Filtro casero para el tratamiento de agua de consumo humano.....	37
<b>Tabla 12</b> comparación resultados agua cruda, agua tratada vs Resolución.....	46
<b>Tabla 13</b> Aspectos financieros.....	60
<b>Tabla 14</b> Elementos de Protección Personal.....	66

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
<b>Figura 1</b> Tratamiento Doméstico de agua en Camerún.....	9
<b>Figura 2</b> Gráfico General de Uso de Agua Doméstico.....	10
<b>Figura 3</b> Subcuenca Río Apulo.....	12
<b>Figura 4</b> Características Hidrológicas de la Subcuenca del Río Apulo.....	12
<b>Figura 5</b> Destilador Solar Tipo Caseta.....	15
<b>Figura 6</b> Filtro Lento de Arena.....	16
<b>Figura 7</b> Filtro Lento de Carbón Activado.....	17
<b>Figura 8</b> Filtro Lento de Zeolita .....	19
<b>Figura 9</b> Sistema de Dosificación de Hipoclorito.....	20
<b>Figura 10</b> Método de Radiación Ultravioleta.....	22
<b>Figura 11</b> Mapa ubicación San Antonio de Anapoima.....	24
<b>Figura 12</b> Puesto de Salud San Antonio de Anapoima.....	25
<b>Figura 13</b> Tanque de Almacenamiento 1.....	26
<b>Figura 14</b> Tanque de Almacenamiento 2.....	26
<b>Figura 15</b> Tanque de Almacenamiento 3.....	27
<b>Figura 16</b> Tanque de Almacenamiento 4.....	27
<b>Figura 17</b> Toma de Muestra Número 1 (Agosto 2 de 2015).....	29
<b>Figura 18</b> Informe Resultado Muestra Número 1 (Agosto 2 de 2015).....	30
<b>Figura 19</b> Informe Resultado Muestra Número 1 (Agosto 2 de 2015).....	31
<b>Figura 20</b> Esquema Filtro Opción 1.....	33
<b>Figura 21</b> Esquema Filtro Opción 2.....	34
<b>Figura 22</b> Esquema Filtro Opción 3.....	36
<b>Figura 23</b> Esquema Inicial antes del Filtro.....	36
<b>Figura 24</b> Presentación agua almacenada antes de tratamiento.....	37
<b>Figura 25</b> Caneca 55 galones filtro y Tanque para agua filtrada.....	37
<b>Figura 26</b> Instalación Estructura filtro de pvc para agua.....	38
<b>Figura 27</b> Ubicación para filtro y tanque de agua filtrada.....	39
<b>Figura 28</b> Capa de Grava .....	40
<b>Figura 29</b> Capa de Carbón Activado.....	41
<b>Figura 30</b> Capa de Zeolita.....	42

<b>Figura 31</b>	Capa de Arena Granular.....	43
<b>Figura 32</b>	Capa de Arena Sílice.....	43
<b>Figura 33</b>	Graduación válvula de control de nivel.....	44
<b>Figura 34</b>	Presentación después de instalación de filtro.....	44
<b>Figura 35</b>	Presentación agua tratada para uso Doméstico.....	45
<b>Figura 36</b>	Análisis Kit de Cloro.....	45
<b>Figura 37</b>	Concentración de Alcalinidad.....	46
<b>Figura 38</b>	Concentración de Calcio.....	47
<b>Figura 39</b>	Concentración de Sulfatos.....	47
<b>Figura 40</b>	Concentración de Fosfatos.....	48
<b>Figura 41</b>	Concentración de PH.....	49
<b>Figura 42</b>	Concentración de Zinc.....	49
<b>Figura 43</b>	Concentración de Cloro Residual.....	50
<b>Figura 44</b>	Concentración de Carbono Orgánico.....	51
<b>Figura 45</b>	Concentración de Conductividad.....	51
<b>Figura 46</b>	Concentración de Dureza Total.....	52
<b>Figura 47</b>	Concentración de Nitritos.....	53
<b>Figura 48</b>	Concentración de Fluoruros.....	53
<b>Figura 49</b>	Concentración de Turbiedad.....	54
<b>Figura 50</b>	Concentración de Nitratos.....	55
<b>Figura 51</b>	Concentración de Magnesio.....	55
<b>Figura 52</b>	Concentración de Hierro.....	56
<b>Figura 53</b>	Concentración de Carbono Activado.....	57
<b>Figura 54</b>	Concentración de Zinc.....	57
<b>Figura 55</b>	Concentración de E .Coli.....	58
<b>Figura 56</b>	Índice de Consumo de Agua.....	60
<b>Figura 57</b>	Cantidad de Cloro Requerido.....	65

## **1. ANTEPROYECTO**

El siguiente proyecto incluye el diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de agua para uso doméstico en tanques de reserva en el casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima (Cundinamarca).

## 1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La aplicación de diferentes métodos para el almacenamiento y conservación de agua para uso doméstico, se ha incrementado en los últimos años debido a los altos niveles de escasez del líquido que han sufrido las poblaciones de nuestro país, principalmente en las que se encuentran ubicadas en el área rural. Por el contrario en la mayoría de áreas urbanas, el agua se trata en las instalaciones de tratamiento de agua antes de distribuirla a los consumidores. Este método de tratamiento se conoce como “tratamiento en la fuente” porque los contaminantes se eliminan en estas instalaciones antes de que se distribuya el agua. Si el agua no se trata antes de que se distribuya, ésta deberá ser tratada en el punto de uso para asegurar que la calidad del agua no causará enfermedades. A pesar de contar con el tratamiento en la fuente, aun en zonas rurales es común el uso de métodos tradicionales para su tratamiento y almacenamiento para el posterior consumo (OMS, 2009).

Un método tradicional de tratamiento del agua ampliamente utilizado en todo el mundo consiste en hervir el agua para eliminar los contaminantes. El agua que se hierva plenamente durante al menos uno a tres minutos (un poco más en áreas montañosas) elimina la mayoría de patógenos. Sin embargo, cabe mencionar la precaución siguiente. El hervir el agua usualmente no es eficaz para la eliminación de contaminantes químicos, de hecho, la ebullición por lo general aumenta levemente la concentración de los mismos. El agua hervida corre además el riesgo de recontaminación durante el proceso de enfriamiento si no se la protege y almacena debidamente. Además, para hervir el agua se requiere una cantidad significativa de combustible, lo cual puede representar una carga financiera y ambiental. A pesar de estas limitaciones, la ebullición es aún un tratamiento estándar cuando algún patógeno sea objeto de preocupación (OMS, 2009).

Para prevenir la enfermedad del gusano de guinea, una mujer vierte agua a través de un filtro de tela fuera de una vivienda en Camerún. (Ver figura 1)

**Figura 1 Tratamiento Doméstico de agua en Camerún**



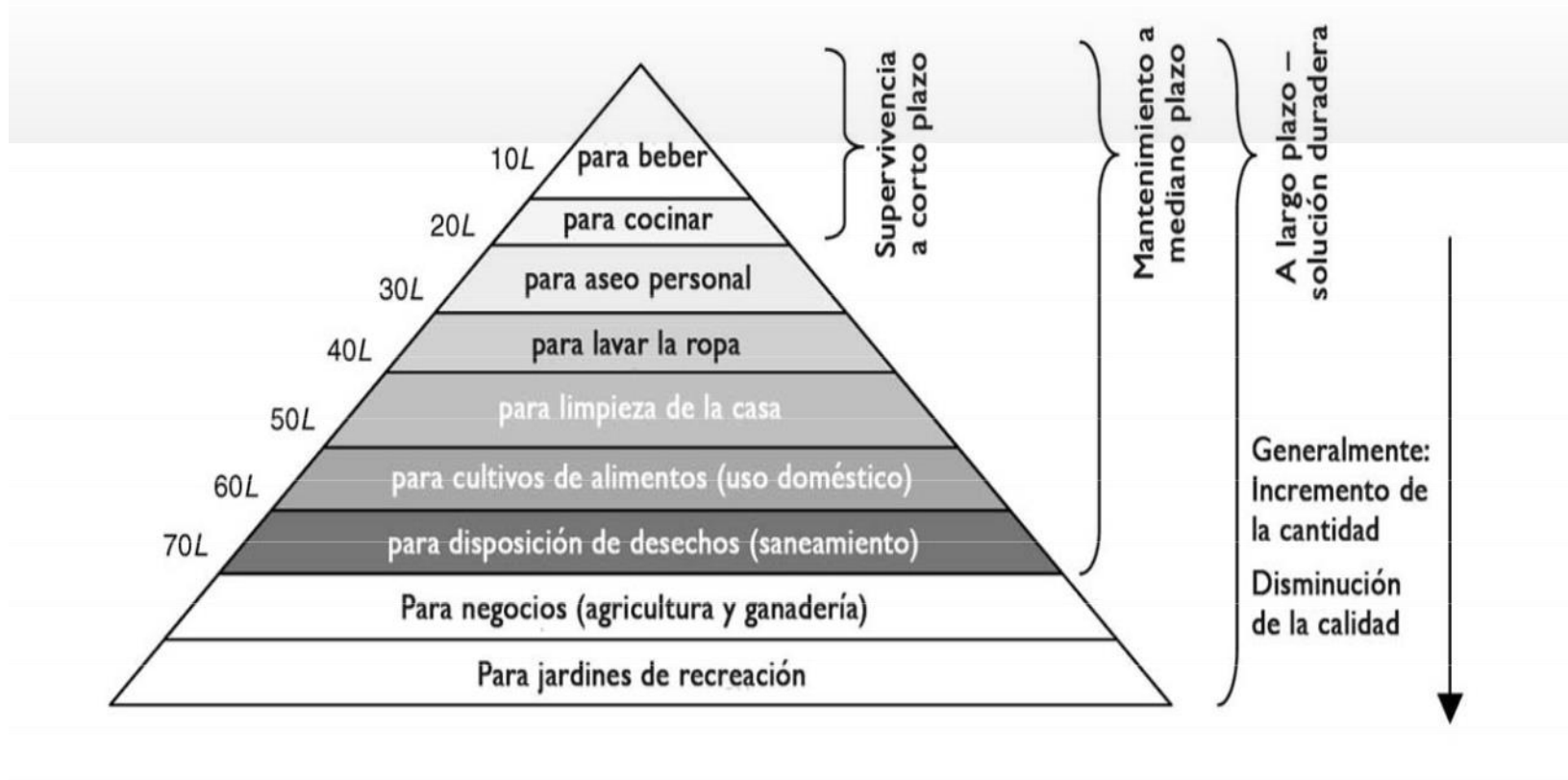
Fuente: OMS, 2009.



El suministro de agua es una necesidad esencial para todas las personas. La determinación de la cantidad necesaria es uno de los primeros pasos para proveer el suministro. La provisión de suficiente agua para satisfacer las necesidades de todos puede ser difícil de lograr a corto plazo, y, por esta razón, el agua se puede poner a disposición en etapas. La revisión continua, que incluye hablar con diversos usuarios del suministro (en especial con las mujeres), permite enfocar los recursos limitados efectivamente. El suministro de agua nunca es gratuito, ya que se necesita recolectarla, almacenarla, tratarla y distribuirla. El suministrarla en exceso es un desperdicio de dinero. El uso de demasiada agua de un recurso limitado puede privar de agua a personas de otros lugares y tener un impacto negativo en el ambiente y en la salud (OMS, 2009).

Las personas usan el agua para una amplia gama de actividades. Algunas de ellas son más importantes que otras, por ejemplo, tener unos pocos litros diarios de agua para beber es más importante que lavar ropa, pero las personas deben lavarla si quieren prevenir enfermedades de la piel y cumplir con las necesidades fisiológicas. Cada uso adicional conlleva beneficios para la salud y de otro tipo, pero son menos urgentes (**Ver figura 2**). Esto se mide usualmente en litros por persona (per cápita) por día. A continuación se presenta el gráfico de necesidades básicas del uso de agua doméstico.

Figura 2 Gráfico General de Uso de Agua Doméstico



Fuente: OMS, 2009.

Actualmente la inspección de San Antonio de Anapoima sufre problemas de abastecimiento de agua potable por la carencia de una fuente hídrica, robusta y permanente que pueda abastecer a la comunidad que habita esta población. La disponibilidad del líquido escasea en épocas de verano y por su pertenencia al casco urbano del municipio de Anapoima en los periodos de vacaciones el número de la población aumenta sustancialmente, agravando la situación de abastecimiento de tal forma que el servicio se presta solo algunas horas en el día e inclusive solo algunos días de la semana. Debido a esta carencia la comunidad ha optado por diferentes métodos de almacenamiento de agua para las épocas de escasez.

Los métodos pueden variar desde aljibes rudimentarios hasta tanques de almacenamiento elaborados de acuerdo al tipo de vivienda y las posibilidades económicas de cada habitante. Sin embargo los aljibes carecen de protección, no cuentan con un mantenimiento periódico, facilitando la sedimentación de los sólidos y la contaminación de elementos externos como: palos, hojas, materia fecal de aves y animales, que puedan generar una serie de gérmenes patógenos, bacterianos, víricos, protozoarios y parásitos helmínticos incrementando el riesgo de contraer enfermedades.

Adicionalmente el agua almacenada no tiene las condiciones para ser conservada adecuadamente, ocasionado el crecimiento de mosquitos que ayudan a la proliferación de otro tipo de enfermedades como el dengue, chikunguña y zika. A través del diagnóstico de las condiciones de almacenamiento y preservación se generó una propuesta que impactara de forma positiva la salud de las personas dando como resultado una mejor calidad del agua para uso doméstico de la comunidad de la inspección de San Antonio de Anapoima.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se plantea la siguiente pregunta de investigación.

**¿Cómo mejorar las características de calidad del agua almacenada en los tanques de reserva, permitiendo utilizar la cantidad adecuada para el uso doméstico a la población del casco urbano inspección de San Antonio de Anapoima?**

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La inspección de San Antonio de Anapoima cuenta actualmente con una población de 960 habitantes distribuidos en área rural y urbana los cuales se abastecen del acueducto ubicado en la vereda La Vega a 5 kilómetros de su casco principal. Su fuente hídrica es la subcuenca del Río Apulo que corresponde a 48.505 hectáreas que recorren alrededor de 10 kilómetros por siete (7) veredas del municipio de Anapoima (**Ver figura 3**).

**Figura 3 Subcuenca Río Apulo**



**Fuente:** CAR, 2012.

Las características del agua del Río Apulo presentan altos índices de escasez tanto en el tiempo húmedo como en tiempo seco para la población de la Inspección de San Antonio, lo que conlleva a buscar diferentes alternativas para el almacenamiento a fin de cubrir el desabastecimiento. Estas condiciones actuales de almacenamiento no permiten tener una calidad adecuada pues el tratamiento en la fuente no permite tener factores de ph, metales pesados y microorganismos (**Ver figura 4**).

**Figura 4 Características Hidrológicas de la Subcuenca del Río Apulo**

Subcuenca	Oferta m3/seg		Demanda m3/seg				Índice de Escasez	
	Periodo Seco	Periodo Húmedo	Doméstica	Agropecuaria	Industrial	Ecológica	Periodo Seco	Periodo Húmedo
Río Calandaima	1.91	2.74	0.038	0.66	0.001	0.05	Medio Alto	Medio Alto
Río Apulo	6.17	7.92	0.118	2.14	0.004	0.16	Medio Alto	Medio Alto

Fuente: CAR, 2012.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. Objetivo General

Diseñar, proponer e implementar un filtro para tratamiento de agua para uso doméstico en tanques de reserva para la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Evaluar las condiciones actuales en cuanto a la infraestructura y calidad del agua para uso doméstico.
- ✓ Diseñar un filtro para tratamiento de agua que permita brindar las condiciones adecuadas de calidad para el agua de uso doméstico en los tanques de reserva utilizados actualmente por la población.
- ✓ Implementar una opción de filtro con recursos propios, para verificar los resultados obtenidos y presentarlo como alternativa de tratamiento para el agua doméstica.

### 1.4. MARCO REFERENCIAL

#### 1.4.1 MARCO TEÓRICO

En las últimas décadas, las agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y el sector privado han desarrollado nuevos e innovadores tratamientos de agua de uso doméstico para llevar soluciones sencillas de bajo costo y fáciles de usar a personas que deben dar tratamiento al agua en sus hogares.

Algunos de los sistemas domésticos para el tratamiento de agua utilizados más frecuentemente en los países en vías de desarrollo son la cloración, la filtración, la desinfección solar, la filtración/cloración combinadas, y la floculación/cloración combinadas.

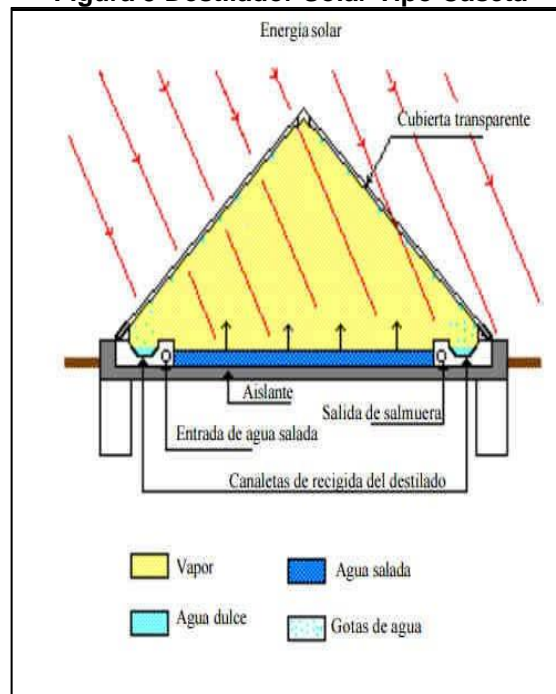
### a. Desalación por Destilación Solar

Un método de tratamiento para remoción de salinidad adecuado a pequeñas comunidades es la destilación solar, que también se podría aplicar para la remoción de dureza. Entre los diferentes tipos de destiladores para comunidades rurales se encuentran los destiladores tipo caseta y los de convección natural o tipo escalera. En México se han diseñado y probado dispositivos de tipo caseta con charolas de fibra de vidrio o metálicas y cubiertas condensadoras de vidrio a dos aguas o de una sola inclinación (González, 2006).

El principio básico de la desalinización solar es del efecto invernadero: el sol calienta una cámara de aire a través de un área de material transparente, en cuyo fondo se encuentra agua salada en reposo; dependiendo de la radiación solar y la velocidad del viento, una fracción del agua salada se condensa en la cara interior y por medio de una determinada inclinación, el agua libre de sales cae en un recipiente para ser almacenada (Zeinab y Ashraf, 2007).

En general, los destiladores son caros por inversión inicial y su bajo rendimiento comparado con las grandes superficies que utilizan. El principio de funcionamiento es muy sencillo: la charola se llena con agua salina o salobre y por acción de la energía solar el agua se evapora; luego se condensa sobre la superficie de vidrio y finalmente el agua se conduce por canaletas hasta un pequeño depósito. (Ver Figura 5). La base sirve para absorber un alto porcentaje de radiación solar incidente, mientras que la cubierta es transparente al espectro visible de la radiación solar para permitir el paso de ésta, y opaca a las longitudes de onda mayores (infrarrojo) para evitar la pérdida de calor por radiación del interior del destilador al ambiente. Pueden producir hasta 5 litros/día -m<sup>2</sup> cuando hay más insolación, pero su rendimiento disminuye en días nublados (Arreguín, 1998).

**Figura 5 Destilador Solar Tipo Caseta**



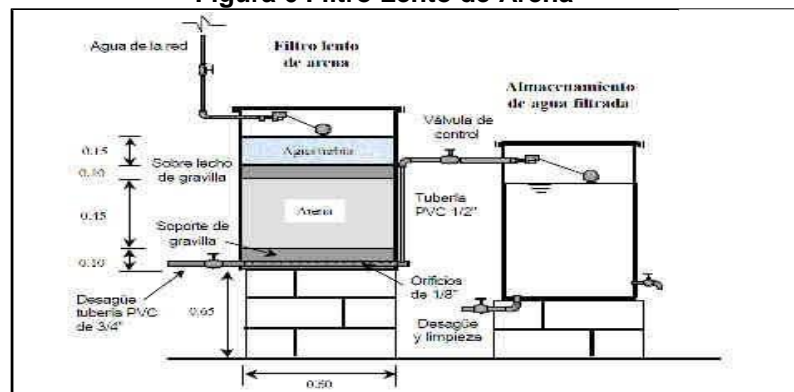
**Fuente:** Arreguín, 1998.

## b. Filtro Lento de Arena Común

La filtración lenta en arena (FLA) como etapa principal de tratamiento, juega un papel muy importante en el mejoramiento de la calidad del agua en zonas rurales y urbanas marginadas, por su eficacia, facilidad de diseño y sencillez en su operación y mantenimiento. Los filtros lentos de arena (**Ver figura 6**) reducen drásticamente el número de virus (total), bacterias (99 - 99.9%), protozoarios o huevos de nematodos (hasta 99.99%) dañinos para la salud. La turbiedad del efluente en un filtro bien diseñado y operado puede llegar a 1 UTN (Visscher, 1998).

La remoción de carbono orgánico biodegradable se logra hasta en un 50%, y se lleva a cabo por la actividad biológica que se genera en los lechos. El color real se remueve hasta en un 60% con ayuda de pre oxidación. El hierro se puede reducir del 30 al 90%, pero los filtros se colmatan rápido si el contenido de hierro es mayor a 1 mg/l por lo que es necesario empacar el filtro con un grano de arena más grande (~0.5 mm) que el normal (T.E. 0.3 mm). Con el fin de alcanzar largas carreras de filtración, el agua que alimenta los filtros debe tener turbiedades promedio menores a 10 UTN, logradas con ayuda de los filtros gruesos (Wegelin et al, 1998).

**Figura 6 Filtro Lento de Arena**



**Fuente:** IRC, 1993.

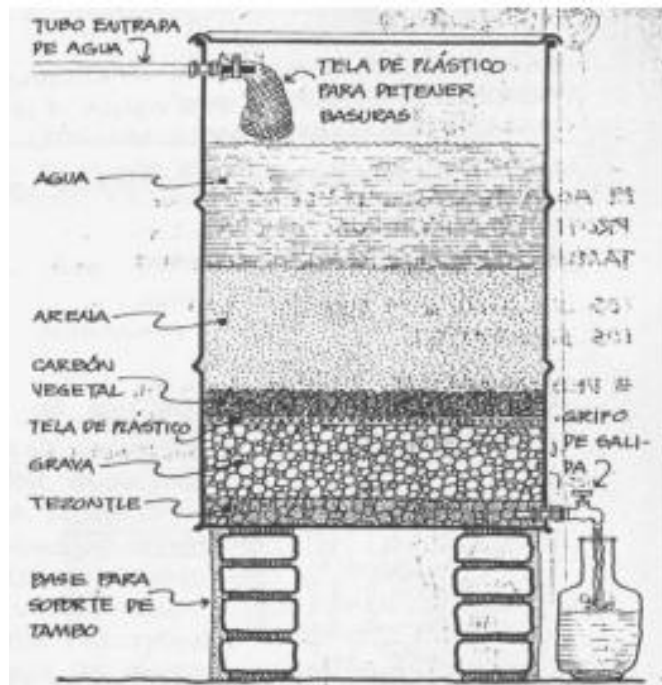
Una gran variedad de microorganismos (bacterias, protozoarios, algas, hongos, microcrustáceos y nematodos) forman una delgada capa biológica sobre la superficie del lecho de arena (20 mm), la cual es en gran medida responsable del mejoramiento de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua. El filtro de arena consta de un tambo de lámina o plástico de 200 litros, empacado con una capa de arena fina y una o dos capas soporte de grava graduada. Opcionalmente puede llevar una capa intermedia de carbón vegetal. Además requiere tubería de PVC o galvanizada, conexiones y un par de llaves. Trabaja a flujo descendente y la biocapa del lecho de arena necesita agua y alimento continuo y la arena debe mantenerse húmeda, por lo tanto, el filtro debe preferentemente funcionar sin interrupción. La tasa de filtración debe ser constante en la medida de lo posible y dentro del rango de 0.01 a 0.1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-hr. Cuando la turbiedad sea mayor a 10 UTN pero menor a 30, es conveniente colocar un lecho de gravilla sobre una malla o charola perforada que actúe como pre-filtro encima de la arena. La pre-filtración gruesa previene que el filtro lento se obstruya en corto tiempo, ayudando a mejorar la calidad del agua filtrada. Estos filtros lentos de arena caseros pueden proporcionar de 2.5 a 25 litros por hora de agua filtrada, razón por lo cual se debe almacenar en tanques para tener una reserva. Si el filtro trabajara las 24 horas del día, la producción sería tal que a cada miembro de una familia de 5 personas le corresponderían hasta 120 litros diarios de agua de buena calidad para todo uso (González, 2006).

### c. Filtro carbón activado

El filtro de carbón funciona por el mismo principio que el filtro de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. El carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos que atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes. Se diseña normalmente para retener sustancias no polares como aceite mineral, polihidrocarburos aromáticos, cloro y derivados, sustancias halogenadas como I, Br, Cl, H, F, sustancias generadoras de malos olores y sabores en el agua, levaduras, materia orgánica, microorganismos, herbicidas, pesticidas, etc., todo ello sin alterar la composición original del agua, respetando los oligominerales y sin generar residuos (Espinal, 2014).

Las propiedades de este medio filtrante hacen que las materias orgánicas y las causantes de olores y sabores, al igual que el cloro residual que se encuentra en el agua, sean absorbidas en las superficies del medio filtrante, eliminándolas así del líquido a tratar (**Ver figura 7**).

**Figura 7 Filtro Lento de Carbón Activado.**



**Fuente:** Medrano, 2006.

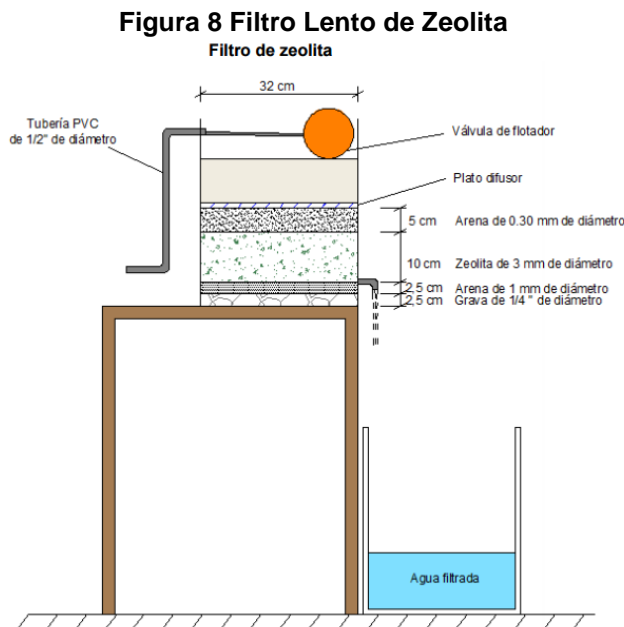
Algunas de sus aplicaciones son: Remoción de olores, sabores, cloro residual y materia orgánica de aguas de procesos cuando estas lo requieran. Preparación de aguas libres de cloro, sin sabores e inodoras para uso en las industrias de bebidas gaseosas y productos alimenticios. Remoción de cloro y materia orgánica de aguas de alimentación para equipos de desmineralización. Tratamiento final de aguas negras y aguas de desechos industriales, para remover materia orgánica y olores. El filtro utilizado en este caso tiene que: asegurar mediante su precisión un determinado grado de limpieza del líquido a tratar, asegurar mediante fiabilidad un funcionamiento ininterrumpido y sin perturbaciones de todo el sistema (Medrano, 2006).

El tiempo de vida efectivo del carbón en el filtro depende de la calidad del carbón, así como las características de la fuente de agua y la eficacia de las etapas del tratamiento de las aguas que entran en el filtro. En el contexto de una comunidad rural en vías de desarrollo, estos factores se caracterizan por un alto grado de variabilidad e incertidumbre. Como el carbón puede ser generado localmente a bajo costo, se recomienda un enfoque conservador, diseñando para una cantidad de carbón mucho mayor que la tasa de utilización que se emplea en sistemas avanzados de CAG (Carbón Activado Granulado). Un filtro casero de carbón que suministra 300 L / día debe ser renovado por lo menos una vez por año (Espinal, 2014).

#### d. Filtro de Zeolita

Las zeolitas son aluminosilicatos hidratados de metales alcalinos y alcalinotérreos (especialmente Na, K, Mg y Ca), estructurado en redes cristalinas tridimensionales, tetraedros compuestos de  $\text{SiO}_4$  y  $\text{AlO}_4$  tipo nos unió vértices a través de átomos de oxígeno. Absorbente natural por su alto grado de hidratación. Excelente estabilidad en su estructura cristalina al deshidratarse. Su densidad es baja y conserva un gran volumen de vacíos al deshidratarse. Captador de alta capacidad, retiene partículas de hasta 5 micras. Sus propiedades de intercambio del catión neutralizan ciertos elementos. Los canales moleculares uniformes se clasifican en orden al deshidratarse. Gran capacidad de absorción de gases y vapores (Fungaro, 2012).

La zeolita reduce un poco la acidez del agua. Se requiere una menor cantidad de producto respecto a la arena silica por la porosidad y densidad. Posee una mayor superficie y porosidad. Produce una mayor claridad en el agua filtrada. La zeolita es el medio filtrante más durable (más de 5 años) solo requiere de un simple retro lavado periódico para mantener su eficiencia y su desempeño, tiene una capacidad de flujo 4 veces superior a la de los medios filtrantes convencionales. La zeolita incrementa el flujo en equipos con multimedia y sistemas de gravedad y presión comparado con los filtros de arena (Lieven, 2006). (Ver figura 8)



Fuente: Larrea, 2015



Las zeolitas permiten llevar a cabo el tratamiento de aguas de una forma más eficiente y económica que otros materiales conocidos para estos efectos. Adicionando adecuadamente zeolitas naturales en sus diversas modificaciones catiónicas en los sistemas de filtración se puede alcanzar niveles de purificación de aguas bastante notables y lograr no solo la remoción de fosfatos, sulfatos y cloruros, sino también la eliminación de metales pesados. Al mismo tiempo se tiene incrementos en la actividad biológica (se reduce el número de bacterias coliformes y mesofilicas) mejora la eficiencia hidráulica (disminuye en dos veces la caída de la presión) se aumenta la remoción de materia orgánica. Reducen la concentración de fósforo hasta niveles deseados, retienen la mayoría de sólidos suspendidos y de esta manera la DQO disminuye reduciendo la cantidad de coliformes, reduce considerablemente los olores sabores desagradables que provoca el agua contaminada (Bekum, 1991).

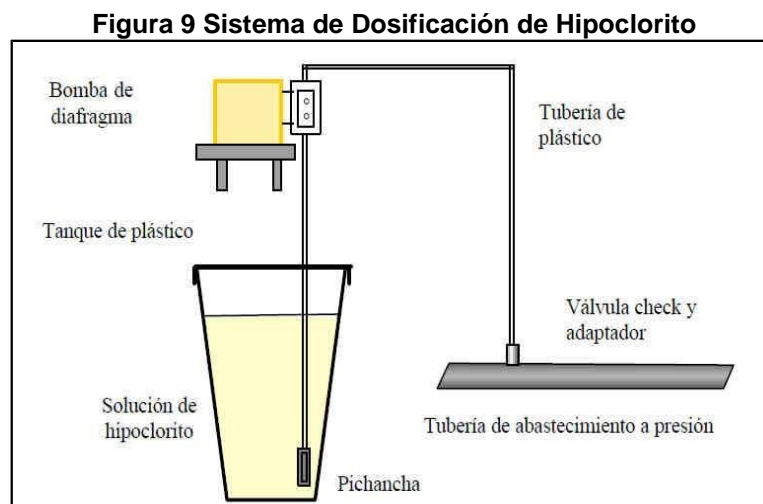
Los cationes de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) son removidos mediante un proceso de intercambio iónico, las zeolitas naturales tienen capacidad para eliminar de 7.000 a 12.000 gramos de dureza por metro cúbico. Las zeolitas se colocan en los filtros de la misma manera que la arena y pueden además remover con bastante eficiencia el Hierro (Fe) (Torri, 1978).

Efectos y aplicaciones de la Zeolita: Reducción del contenido de  $\text{NH}_4$ , metales pesados, color, olor, dureza, conductividad, grasas, aceites y bacterias coliformes (Torri, 1978).

#### e. Bomba Dosificadora de Hipoclorito

Este tipo de clorador emplea una bomba de diafragma de desplazamiento positivo. El diafragma flexible, hecho de material resistente a los efectos, bombea la solución de hipoclorito hacia el punto de aplicación en la tubería de agua. Dos válvulas de retención, una en el extremo de succión y la otra en el extremo de descarga, aseguran el flujo unidireccional de la solución de hipoclorito (González, 2006).

Dependiendo de la concentración de la solución y la dosificación del cloro deseada, pueden desinfectarse flujos de agua de hasta un litro/segundo (**Ver figura 9**) La ventaja principal de este tipo de dispositivo de dosificación sobre la mayoría de otros hipocloradores es que puede introducir la solución directamente en tuberías de agua presurizada hasta con  $6.0 \text{ kg/cm}^2$  (González, 2006).



Fuente: OPS/OMS, 1995

#### **f. Ozono**

Por lo general la ozonización suele utilizarse cuando se requiere emplear su propiedad más importante: su elevado potencial oxidante, lo cual permite eliminar los compuestos orgánicos que dan un color, sabor y/u olor desagradable al agua como son la presencia de hierro y manganeso en el agua y al mismo tiempo inactivar a los microorganismos patógenos del agua. A pesar de sus excelentes propiedades, su uso se ha restringido a ciudades grandes con fuentes de agua altamente contaminadas, y se ha empleado muy poco en comunidades pequeñas y de porte medio (González, 2006).

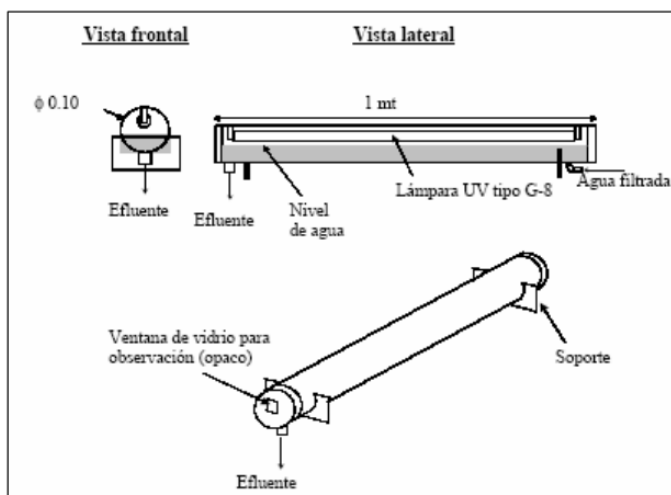
El inconveniente principal para las comunidades pequeñas ha sido el costo inicial y el de operación, así como las dificultades operacionales y de mantenimiento. Sin embargo, en circunstancias, cuando todas las fuentes de agua accesibles están muy contaminadas (biológica y/o químicamente), puede ser el método más recomendable para la oxidación de las sustancias orgánicas y desinfección primaria, siempre que cuente con la adición de un sistema de cloración secundario para mantener un efecto residual durante su distribución (González, 2006).

Además como un proceso alternativo de remoción tenemos el ablandamiento, que es un proceso que se aplica para eliminar la dureza del agua, donde la remoción del Fe y Mn es un efecto secundario. Dicho proceso consiste en elevar el pH del agua para precipitar al calcio y magnesio, originando que se oxide el Fe y Mn y coprecipiten con los carbonatos (a valores de pH mayores de 11). Este método no es muy eficiente, ya que se forman precipitados de manganeso de tamaño coloidal que pasan a través de los filtros cuando no se agregan coagulantes (González, 2006).

#### **g. Radiación Ultravioleta (UV)**

Aunque la radiación ultravioleta (o luz ultravioleta o UV) no es popular en el tercer mundo, es el único método físico práctico que puede usarse para la desinfección del agua en comunidades pequeñas (con sistema centralizado de agua). Las aplicaciones prácticas de la radiación ultravioleta comenzaron en 1901 cuando se consiguió producir esta luz artificialmente (**Ver figura 10**). Esta técnica se consideró para la desinfección del agua de bebida cuando se comprobó que el cuarzo era uno de los pocos materiales casi totalmente transparente a la radiación ultravioleta, lo que permitió la envoltura protectora de los tubos (Unatsabar, 2005).

**Figura 10 Método de Radiación Ultravioleta**



**Fuente:** Unatsabar, 2005.

La luz ultravioleta (UV) presenta un método de desinfección alternativo al uso del cloro y el ozono en muchas aplicaciones de tratamiento tanto de agua potable como de aguas residuales. La UV brinda una desinfección efectiva sin generar subproductos de desinfección problemáticos. Tipo de microorganismos: la dosificación de luz ultravioleta requerida para destruir los microorganismos más comunes (coliformes, pseudomonas, etc.) varía entre 6,000 y 10,000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ . Las normas para la dosificación de luz ultravioleta en diferentes países varían entre 16.000 y 38.000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$  (Ver figura 10). El método de desinfección es sencillo, consiste en poner en contacto el flujo de agua con una lámpara ultravioleta, de tal manera que la radiación UV actúe sobre los microorganismos del agua bajo las condiciones arriba expuestas con el consecuente efecto desinfectante (Unatsabar, 2005).

#### 1.4.2. MARCO LEGAL

Dentro de la normatividad ambiental vigente, se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

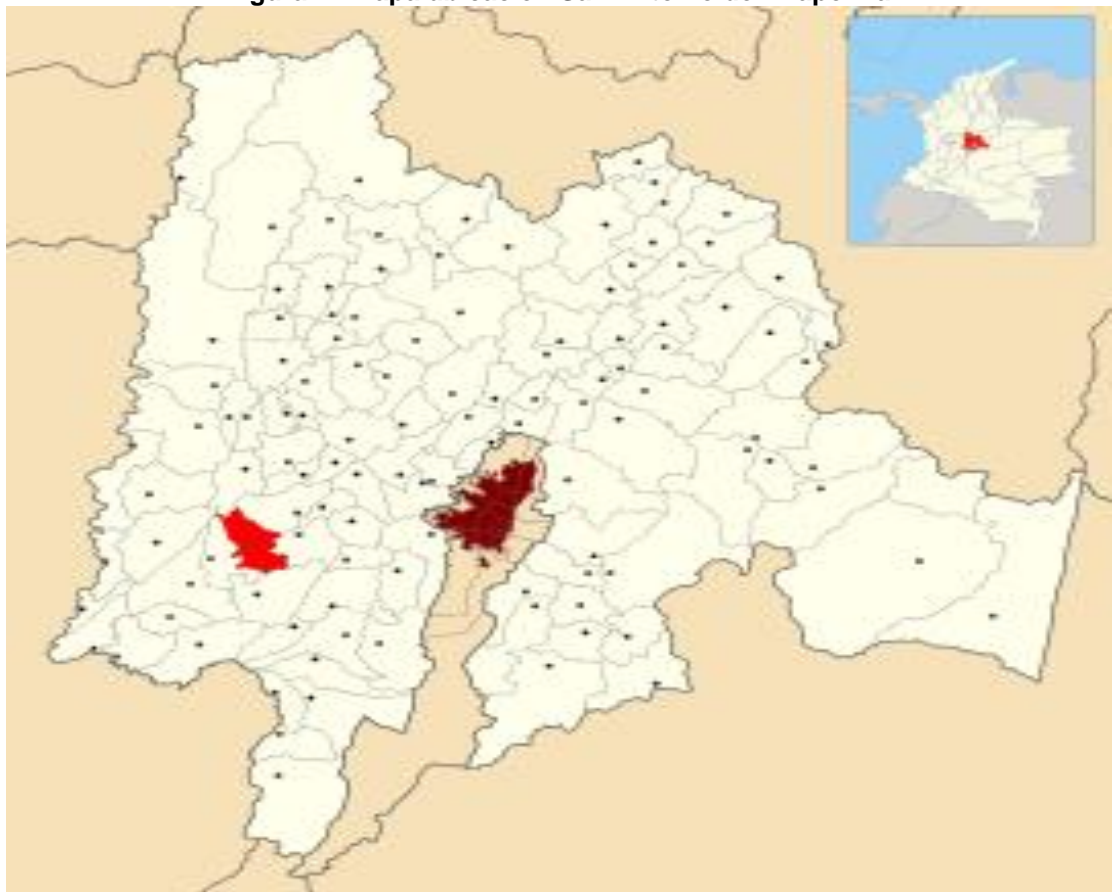
**Tabla 1 Normatividad de Agua Potable**

Constitución Nacional de Colombia 1991	Artículo 78, por el cual se reglamenta el Derecho colectivo a un ambiente sano.
Decreto 2811 de 1974 Presidencia de la República	Código de Recursos naturales Renovables y protección al Medio Ambiente.
Ley 99 de 1993 Presidencia de la República	Por la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental – SINA.
Resolución MAVDT 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Decreto 1575 de 2007 Ministerio de Protección Social	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

### 1.4.3. MARCO GEOGRÁFICO

San Antonio de Anapoima es una inspección de policía, ubicada al noroeste del área urbana del municipio de Anapoima, a 5 km por carretera. Pertenece al Departamento de Cundinamarca (Colombia), ubicado en la Provincia del Tequendama; a solo 87 km de Bogotá. Este poblado se conoce por albergar en tiempos anteriores la Estación de los Ferrocarriles Nacionales, ubicada sobre la línea Bogotá - Facatativá - Girardot. Posee además algunos atractivos turísticos como el Río Apulo, el Ecoparque El Gaitero y la Piscina La Estación. Se encuentra ubicada al sur occidente del departamento (**Ver figura 11**) (Alcaldía Anapoima, 2012).

**Figura 11 Mapa ubicación San Antonio de Anapoima**



**Fuente:** Alcaldía Anapoima, 2012.

## 1.5. METODOLOGIA UTILIZADA

### OBJETIVO 1.

Para aplicar la recolección de información se utilizó el Método de Observación Directa donde se evaluaron algunos aspectos como: visita a la población, fotografías, recorrido por los sistemas actuales de almacenamiento, análisis de muestras iniciales en laboratorio (Torres, 2006).

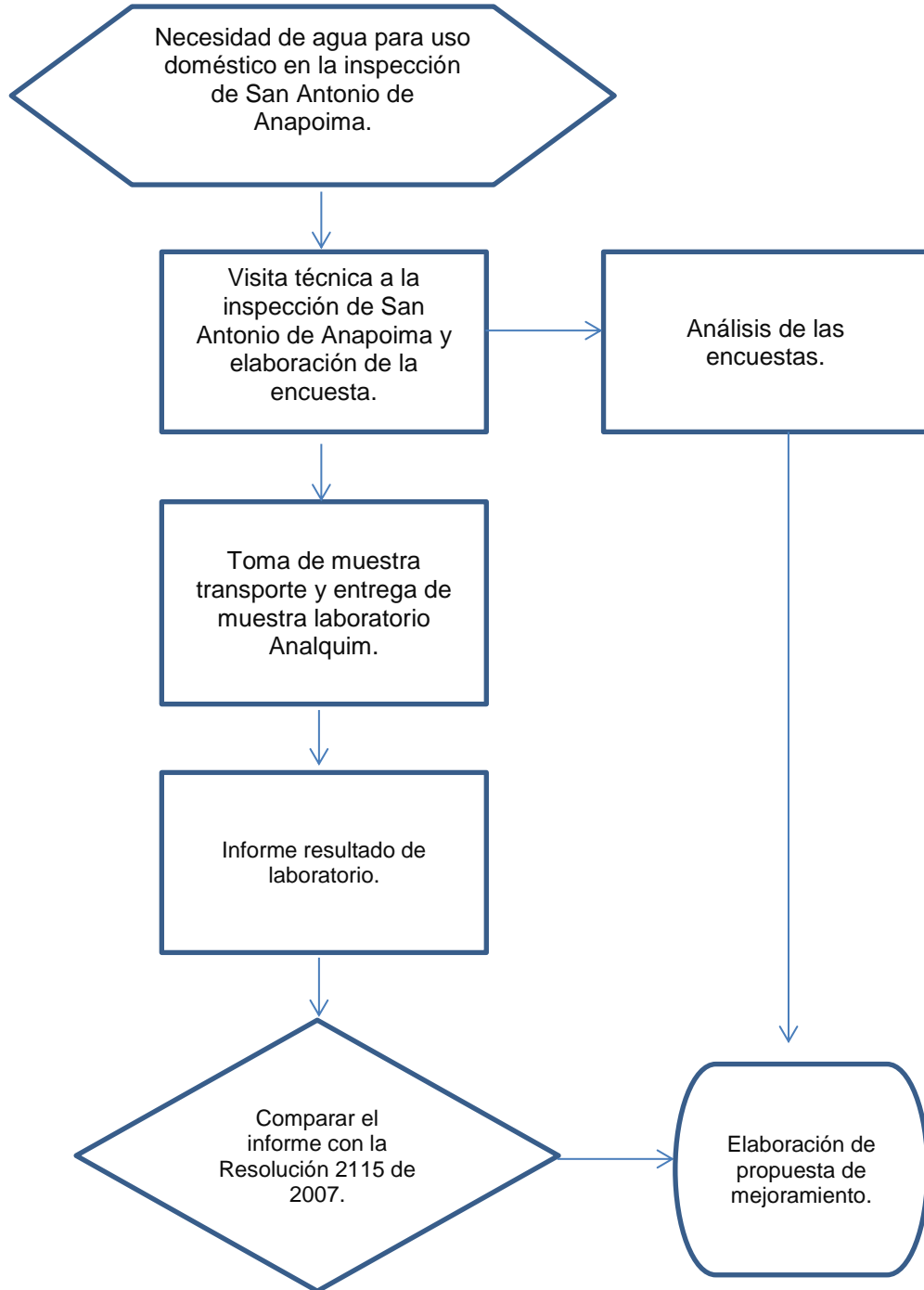
Visita de la Población: Se realizó una visita a la población y se efectuó un cuestionario (**Anexo B**) a 5 familias (20 personas) de la comunidad del casco urbano, acerca de sus necesidades básicas de consumo, opiniones acerca del suministro y calidad del agua que actualmente consumen.

**Figura 12 Puesto de Salud San Antonio de Anapoima**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2015.

## OBJETIVO 1 DIAGRAMA DE FLUJO EVALUACIÓN SITUACIÓN ACTUAL



Fuente: Autores del proyecto, 2016.

**TABLA 2. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA ANTES DE REALIZAR EL FILTRO:**

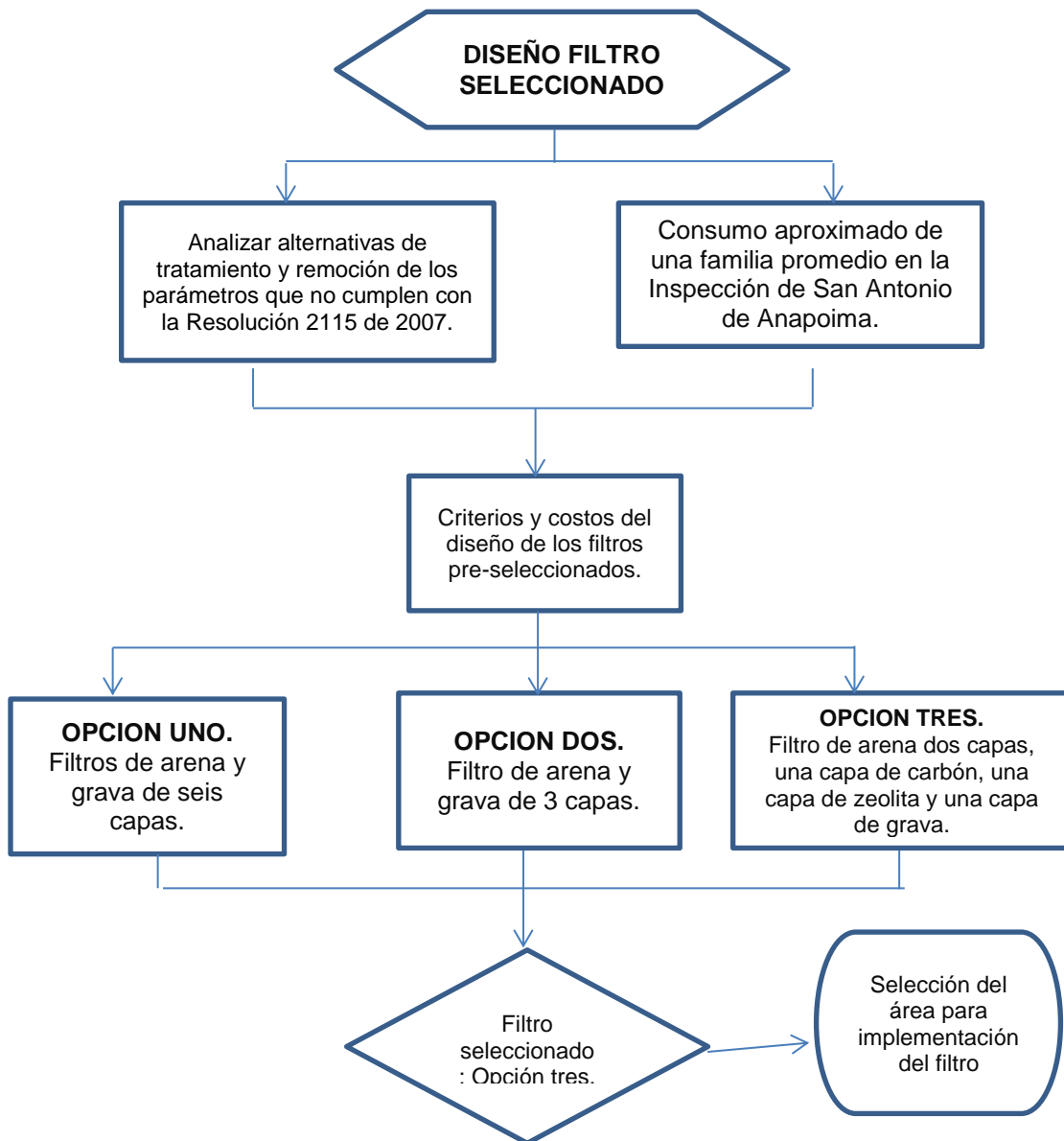
<b>Parametro</b>	<b>Unidades</b>
<b>Alcalinidad</b>	mg/lit CaCO <sub>3</sub>
<b>Aluminio</b>	mg/lit Al
<b>Calcio</b>	mg/lit Ca
<b>Carbono Organico Total</b>	mg/lit COT
<b>Cloro residual libre</b>	mg/lit Cl <sub>2</sub>
<b>Cloruros</b>	mg/lit Cl <sup>-</sup>
<b>Coliformes Totales</b>	0 UFC/100 ml
<b>Color aparente</b>	UPC
<b>Conductividad electrica</b>	μS/cm a 25°
<b>Dureza total</b>	mg/lit CaCO <sub>3</sub>
<b>Ecoli</b>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
<b>Fluoruros</b>	mg/lit F <sup>-</sup>
<b>Fosfatos</b>	mg/lit PO <sub>4</sub>
<b>Hierro</b>	mg/lit Fe
<b>Magnesio</b>	mg/lit Mg
<b>Manganeso</b>	mg/lit Mn
<b>Molinbdeno</b>	mg/lit Mo
<b>Nitratos</b>	mg/lit NO <sub>3</sub>
<b>Nitritos</b>	mg/lit NO <sub>2</sub>
<b>pH</b>	Unidades de pH
<b>Sulfatos</b>	mg/lit SO <sub>4</sub>
<b>Turbiedad</b>	UNT
<b>Zinc</b>	mg/lit Zn

**Fuente:** Análisis Laboratorio Analquim 2015

## OBJETIVO 2.

Para el proceso de armado del filtro se tomó como base el marco teórico presentado en Sistemas domésticos de tratamiento y almacenamiento de agua en casos domésticos (Paz, 2006).

### OBJETIVO 2 DIAGRAMA DE FLUJO DISEÑO



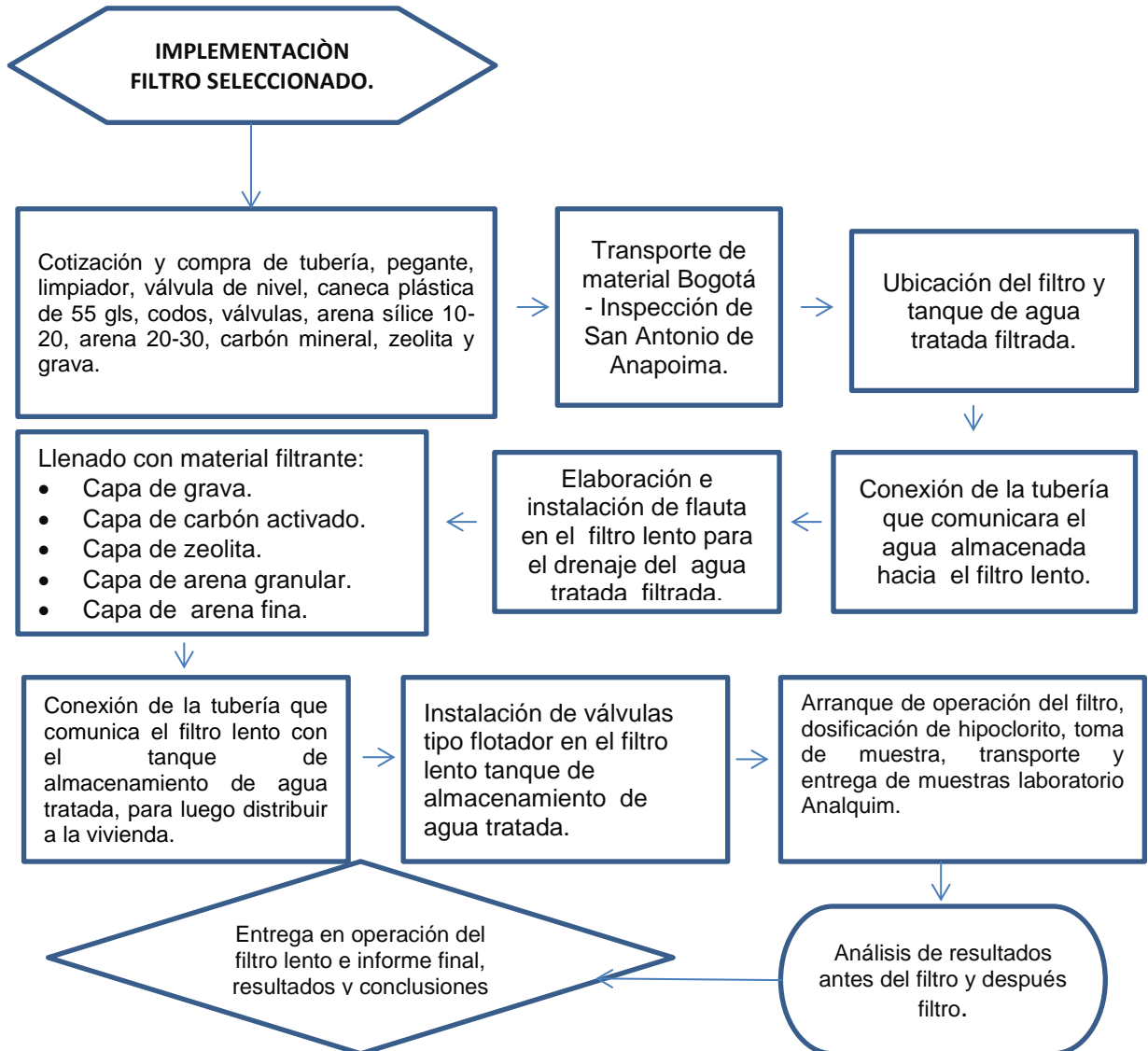
Fuente: Autores del proyecto, 2016.



### OBJETIVO 3.

Para la implementación del filtro se seleccionó uno de los pobladores que permitió el armado de la estructura y una ubicación adecuada para su desarrollo. En este caso se tomó el Tanque de almacenamiento 3 (Ver figura 15).

#### OBJETIVO 3 DIAGRAMA DE FLUJO IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO



Fuente: Autores del proyecto, 2016.

## 1.6. RESULTADOS

### OBJETIVO 1.

Dentro del recorrido por los sistemas actuales de almacenamiento: Se encontraron diferentes opciones de almacenamiento como tanques rudimentarios adquiridos por los pobladores de manera informal y tanques elaborados con materiales propios.

**Figura 13 Tanque de almacenamiento 1**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2015

En la figura 13 se evidenciaron tanques metálicos para almacenamiento de agua potable, los cuales están a la intemperie generando la proliferación de vectores y sus condiciones de almacenamiento no son las más adecuadas.

**Figura 14 Tanque de almacenamiento 2**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2015.

En la figura 14 se evidenció el uso de albercas para el almacenamiento de agua potable, el cual no contaba con la limpieza adecuada y se observó el agua turbia, además se realizaban otro tipo de actividades domésticas que generaban contaminación al agua almacenada.

**Figura 15 Tanque de almacenamiento 3**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2015.

En la figura 15 se evidenció un tanque de almacenamiento plástico, el cual estaba sin tapa, lo que generaba presencia de insectos, material suspendido y algas.

**Figura 16 Tanque de almacenamiento 4**



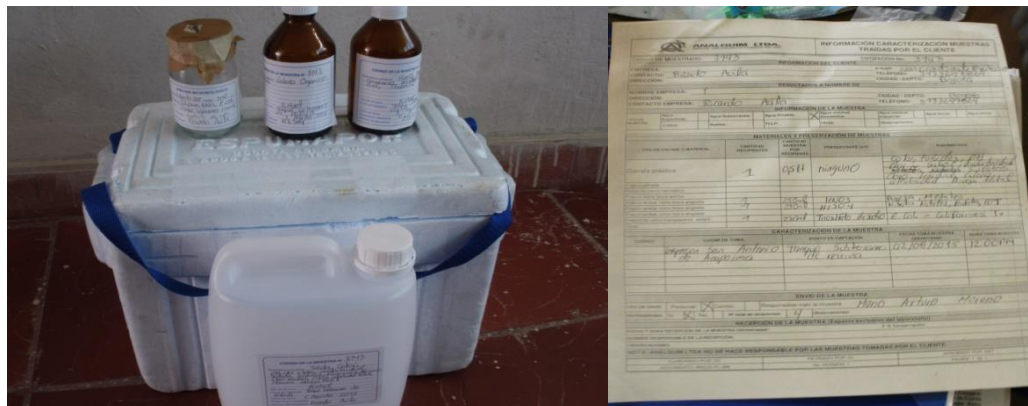
**Fuente:** Autores del proyecto, 2015.

En la figura 16 se evidenció un tanque en asbesto cemento en mal estado, porque no se realizaban actividades de limpieza y mantenimiento periódico

**Toma de Muestras Iniciales:** Se solicitó a un laboratorio certificado de la ciudad de Bogotá los envases para la toma de una muestra inicial del agua en los tanques de reserva actuales. En esta muestra inicial se efectuó el procedimiento de acuerdo a las especificaciones del laboratorio, siguiendo la debida cadena de custodia y conservación del agua en estado de refrigeración.

Dando cumplimiento a la Resolución 2115 de 2007 y bajo las recomendaciones del laboratorio de efectuar los análisis mínimos para este tipo de aguas.

**Figura 17 Toma de Muestra Número 1 (Agosto 2 de 2015)**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2015.

En la figura 17 se tiene la evidencia de la toma de muestras de agua cruda efectuada el día 2 de Agosto de 2015, con su debida cadena de custodia y conservación de las muestras debidamente refrigeradas.

**Informe de Resultados Iniciales (Laboratorio Certificado):**

En los resultados iniciales se encontró que el laboratorio reporta altos índices de dureza del agua, falta de cloro residual y gran cantidad de microorganismos como el E. coli y los Coliformes. El resultado enviado se muestra en el (ANEXO C).

## ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación en la **Tabla 3** se presentan los resultados del análisis al agua cruda para analizar que parámetros no cumplen con la Resolución 2115 de 2007, de esta manera realizar el cálculo para caracterizar la muestra de acuerdo al índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA):

**TABLA 3 COMPARACIÓN RESULTADOS AGUA CRUDA CON LA RESOLUCIÓN 2125 DE 2007.**

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESOLUCION 2115 DE 2007	RESULTADO AGUA ALMACENADA ANTES DEL FILTRO	RESOLUCION 2115 Vs AGUA ALMACENADA ANTES DEL FILTRO	PUNTAJE IRCA AGUA ALMACENADA ANTES DEL FILTRO
alcalinidad	mg/lt CaCO <sub>3</sub>	200	82	CUMPLE	0
aluminio	mg/lt Al	0,2	0,05	CUMPLE	0
calcio	mg/lt Ca	60	120	NO CUMPLE	1
Carbono Organico Total	mg/lt COT	5	4,13	CUMPLE	0
Cloro residual libre	mg/lt Cl <sub>2</sub>	0,3-2,0	0	NO CUMPLE	15
Cloruros	mg/lt Cl <sup>-</sup>	250	12,5	CUMPLE	0
Coliformes Totales	0 UFC/100 ml	0	20000	NO CUMPLE	15
Color aparente	UPC	15	5	CUMPLE	0
Conductividad electrica	µS/cm a 25°	1000	756	CUMPLE	0
Dureza total	mg/lt CaCO <sub>3</sub>	300	400	NO CUMPLE	1
Ecoli	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	24	NO CUMPLE	25
Fluoruros	mg/lt F <sup>-</sup>	1	0,31	CUMPLE	0
Fosfatos	mg/lt PO <sub>4</sub>	0,5	0,15	CUMPLE	0
Hierro	mg/lt Fe	0,3	0,24	CUMPLE	0
Magnesio	mg/lt Mg	36	24	CUMPLE	0
Manganeso	mg/lt Mn	0,1	0,03	CUMPLE	0
Molibdeno	mg/lt Mo	0,07	0,06	CUMPLE	0
Nitratos	mg/lt NO <sub>3</sub>	10	0,44	CUMPLE	0
Nitritos	mg/lt NO <sub>2</sub>	0,1	0,023	CUMPLE	0
pH	Unid de pH	6,5-9,0	8,1	CUMPLE	0
Sulfatos	mg/lt SO <sub>4</sub>	250	136,9	CUMPLE	0
Turbiedad	UNT	2	2,2	NO CUMPLE	15
Zinc	mg/lt Zn	3	0,03	CUMPLE	0
Puntaje IRCA agua almacenada antes del filtro					<b>72 RIESGO ALTO</b>

**Fuente:** Autores del proyecto, 2016.

Como se observa en la tabla anterior, los resultados obtenidos de la muestra de agua almacenada en el tanque de reserva, refleja que los parámetros de calcio, cloro residual, coliformes totales, dureza total, *E. Coli* y turbiedad se encuentran por encima de los valores máximos permitidos por la Resolución 2115 de 2007 esto se presenta en gran parte porque se cuentan con malas

instalaciones o condiciones precarias de almacenamiento y falta de mantenimiento a los mismos. Teniendo en cuenta el resultado del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA) indica que el nivel de riesgo de la muestra de agua almacenada en el tanque de reserva es de 72% representando un nivel alto, lo cual hace que el agua no sea apta para consumo humano y se necesita gestión directa por parte de la entidad prestadora, alcalde y respectivo gobernante.

En el Tabla 4 se observa la clasificación del nivel de riesgo para la salud según el IRCA –Índice de Riesgo de Calidad del Agua.

**TABLA 4. CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO EN SALUD SEGÚN EL IRCA POR MUESTRA Y ACCIONES QUE DEBEN ADELANTARSE.**

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

**Fuente:** Resolución 2115 de 2007

Es por esto que se hace necesario realizar estudios para proponer alternativas que permitan mejorar las condiciones del agua y permita cumplir con los valores establecidos en la Resolución 2115 de 2007

## **OBJETIVO 2. DISEÑO DE FILTRO SELECCIONADO**

Se tomó como base el siguiente documento: Sistemas domésticos de tratamiento y almacenamiento de agua en casos domésticos (Paz, 2006).

- **TABLA 5. CONSUMO APROXIMADO POR FAMILIA**

	litros *persona	4 personas LT/DIA
lavamanos	10	40
ducha	50	200
lavadora	30	120
lavapalatos	10	40
inodoro	10	40
total	110	440

**Fuente:** Autores del proyecto, 2015.

El consumo estimado para una familia promedio de 4 personas es de aproximadamente de 440 lt/dia

- **TABLA 6. CRITERIOS DISEÑO FILTRO DE ARENA**

Consumo Mensual Hogar	m <sup>3</sup> /mes	13
Consumo Diario Hogar	litros/dia	440
Caudal de diseño Filtro	litros/hora	30
Caudal de diseño Filtro	litros/ dia	720

**Fuente:** Autores del proyecto, 2015.

El diseño estimado para el desarrollo del proyecto fue el doble del consumo promedio con el objetivo de cubrir las necesidades de esta familia.

### FILTRO DE AGUA OPCIÓN 1

Para la implementación de esta opción de filtro se debería tomar un tanque de agua de 1000 litros como base para su elaboración.

**TABLA 7. MATERIALES Y COSTOS DEL FILTRO OPCIÓN 1.**

MATERIAL	bultos	medidas	precio Unitario	precio total
diametro		56 cms		
altura		72 cms		
Q diseño aprox		60 lt/hora		
grava	2	15 cm	7000	\$ 14.000
arena de rio	4	15 cm	15000	\$ 60.000
arena de peña	6	40 cm	15000	\$ 90.000
arena	6	40 cms	13000	\$ 78.000
arena gruesa	1	5 cms	13000	\$ 13.000
gravilla 1/4 a 1/2	1	5 cms	7000	\$ 7.000
ACCESORIOS				\$ 90.000
Caneca	55 gls		50000	\$ 50.000
Total				\$ 402.000

Fuente: Autores del proyecto, 2016.

**Figura 20 Esquema Filtro Opción 1**



Fuente: Autores del proyecto, 2015.



### DESCRIPCION FILTRO OPCION 1

Se tomaría un tanque de almacenamiento de 1000 lts., y para elaborar el filtro se debería instalar un tanque de 70 litros de volumen para llenar por gravedad, así mismo, instalar una tubería de captación de ½ pulgada de diámetro que parte de la parte inferior del tanque de almacenamiento y que alimentaría por la parte superior del filtro. Luego se realizaría la tubería de agua filtrada que consiste en dos secciones de tubo, la primera parte presenta perforaciones y debería instalarse dentro del filtro para luego cubrirla con gravilla, la segunda sección es la encargada de transportar el agua filtrada hasta el punto final deseado.

La capa filtrante que se le instalaría al filtro constaría de:

- Una capa de 20 cm de gravilla (piedra triturada de 1/8 a 1 pulgada colocada en el fondo del tanque y que cubrirá la tubería de drenaje).
- Una capa de 30 cm de arena gruesa, después arena cernida de 16,
- Una capa de 10 cm de espesor de arena de peña y de arena de río procesada,
- Una capa de grava de 10 cms de espesor.

### FILTRO DE AGUA OPCIÓN 2

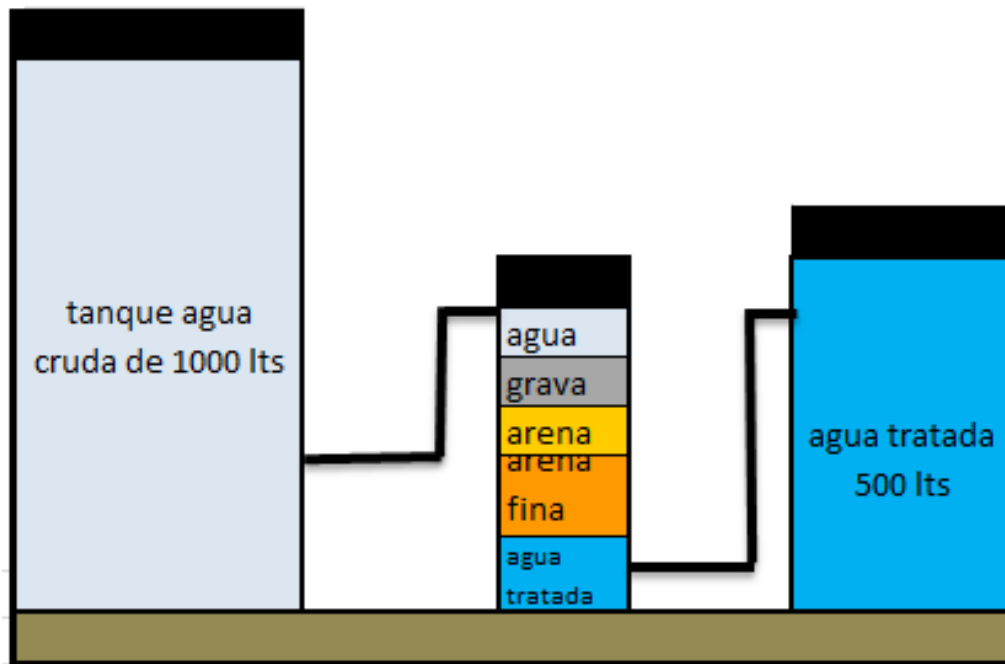
En este caso, para el uso de esta opción de filtro se seleccionaría un tanque de almacenamiento de 1000 litros.

**TABLA 8. MATERIALES Y COSTOS DEL FILTRO OPCIÓN 2.**

MATERIAL	bultos		precio Unitario	precio total
diámetro	58 cms			
altura	90 cms			
Q diseño	30 lt/hora			
grava	3 bultos	20 cms	7000	\$ 21.000
arena	6 bultos	30 cms	13000	\$ 78.000
arena fina	2 bultos	10 cms	15000	\$ 30.000
caneca 30 glns			34000	\$ 34.000
ACCESORIOS APROX				\$ 150.000
total				\$ 313.000

**Fuente:** Autores del proyecto, 2016.

Figura 21 Esquema Filtro Opción 2



Fuente: Autores del proyecto, 2016.

#### DESCRIPCION FILTRO OPCION 2

Este diseño estaría compuesto por una caneca plástica de 40 galones a la cual se le agregaría:

- 50 Kg de Grava de 20mm.
- 50 Kg de Arena 0,7 – 1,2mm.
- 100 kg de Arena fina de 0,3 - 0,45mm.

Para la construcción de este modelo de filtro lento se instalaría un sistema de drenaje tipo flauta, luego se acoplaría la tubería de alimentación y descarga del filtro, se realizaría un lavado del material filtrante antes de depositarlo en el filtro. Luego se dosificaría y se agrega el material filtrante, finalmente se haría la instalación de la válvula de flotador y su graduación, para posteriormente comenzar la adición del agua hasta estabilizar el filtro.

### FILTRO DE AGUA SELECCIONADO OPCIÓN 3

Para el desarrollo del presente proyecto se seleccionó el filtro de agua opción 3, para su implementación se contó con un tanque de almacenamiento de 2000 litros de capacidad.

**TABLA 9. MATERIALES Y COSTOS DEL FILTRO SELECCIONADO OPCIÓN 3.**

MATERIAL	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	V UNITARIO	V TOTAL
TANQUE PLASTICO 55 GLS	55GLS	1 CANECA	50000	50.000
ENTRADA O FLANCHE MACHO HEMBRA	1/2 PULG	2 UND	7.600	15.200
ADAPTADOR MACHO PVC ROSCA	1/2 PULG	4UND	900	3.600
ADAPTADOR HEMBRA PVC	1/2 PULG	4UND	900	3.600
CODO DE 90 GRADOS PVC	1/2 PULG	16 UND	450	7.200
UNION UNIVERSAL PVC	1/2 PULG	1UND	300	300
TUBO DE PVC	1/2 PULG	3 MTS	9900	29.700
VALVULA PLASTICAS DE BOLA	1/2 PULG	3 UND	31200	93.600
TAPON	1/2 PULG	5	1500	7.500
SOLDADURA LIQUIDA	ml	500 ml	22900	22.900
SOLUCION LIMPIADORA	ml	500ml	21900	21.900
CINTA TEFLON	ROLLO	1	1100	1.100
FLOTADOR BOLA	1/2 PULG	2	25000	50.000
SILICONA		1	6700	6700
SUBTOTAL				\$ 313.600

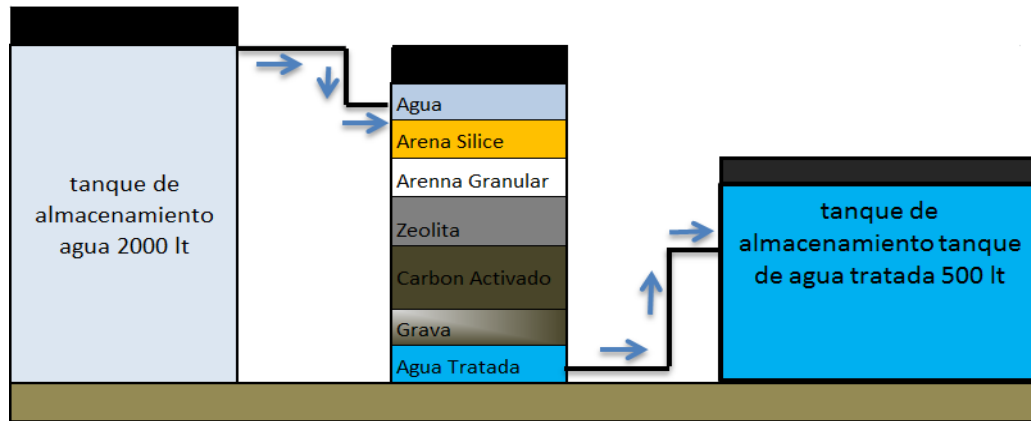
Fuente: Autores del proyecto, 2016.

**TABLA 10. COMPUESTOS DEL FILTRO SELECCIONADO OPCIÓN 3**

MATERIAL	KG	BULTOS	PRECIO X BULTO	PRECIO TOTAL
grava 2-4 mm	50	1	\$ 7.000	\$ 7.000
arena sílice 10- 20 mm	50	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Arena granular 8-12 mm	25	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Zeolita	25	1	\$ 173.000	\$ 173.000
carbon activado	25	1	\$ 100.000	\$ 100.000
<b>TOTAL PROYECTO FILTRO</b>				<b>\$ 300.000</b>

Fuente: Autores del proyecto, 2016.

**Figura 22 Esquema Filtro Seleccionado**



Fuente: Autores del proyecto, 2016.

### **DESCRIPCION FILTRO SELECCIONADO OPCION 3**

Se seleccionó el filtro opción 3 porque los diferentes componentes bioquímicos permiten la remoción de turbiedad, dureza, y calcio, en este caso como mayor aportante se encuentra la Zeolita y el Carbón Activado pues permiten brindar la calidad y condiciones requeridas llegar al nivel de uso doméstico. El primer paso en la construcción del filtro fue la perforación de los orificios de entrada y salida del agua para el tanque de distribución. Posteriormente se procedió a fabricar el sistema de drenaje, que consistió en realizar, por medio de la tubería de pvc, una flauta con varios orificios lo cual permite drenar el agua ya filtrada y enviarla al tanque de almacenamiento de agua tratada. Luego se instaló el filtro en el área que se dispuso para tal fin, allí se realizaron las conexiones de tubería de alimentación y salida del filtro lento, posteriormente se agregó la grava para soportar la capa de carbón activado, zeolita y arena, material que también permite que el agua pueda salir del filtro lento, después se agregaron los 25 Kg de carbón activado para eliminar los componentes específicos de la materia orgánica de fondo, como lo son: color, olor y sabor del agua, así como algunos compuestos orgánicos no biodegradables; luego se agregó la zeolita que contribuye a la remoción de fosfatos, sulfatos y cloruros, al mismo tiempo retiene los sólidos suspendidos y de esta manera la DBO y DQO disminuyen, reduciendo la cantidad de bacterias coliformes y mejorando la eficiencia hidráulica.

La remoción de los cationes de Calcio y Magnesio fue mediante un proceso de intercambio iónico reduciendo así la dureza; luego, con la adición de la arena granular se buscaba retener partículas suspendidas en el agua y finalmente se agregó la arena sílice la cual se encarga de atrapar el material orgánico e inorgánico y retiene la mayoría de los sólidos suspendidos. Lo anterior, con el fin de remover los compuestos que no cumplían con la Resolución 2115 de 2007.

Una vez realizado el montaje del filtro lento, se adecuó el tanque de almacenamiento de 500lts, con la función de almacenar el agua tratada para distribuir a las diferentes partes del de la vivienda. Para la puesta en marcha del filtro lento se comenzó adicionar agua lentamente para lavar los lechos filtrantes, eliminar partículas finas del lecho y colocar a punto el filtro. Finalmente se dejó con un caudal de 39 lts/ h y se le aplicaron 5 mg de cloro y se dejó trabajando por 15 días, luego se tomaron las muestras de agua tratada filtrada y se envió al laboratorio para su análisis.

**TABLA 11. FILTRO CASERO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO**

DESCRIPCION	UNIDA DES	DIAMETROS (m)				
		0.30	0.35	0.40	0.50	0.60
Área filtración	M <sup>2</sup>	0.071	0.096	0.1256	0.0196	0.280
Caudal filtración real	L/h	14	19	25	39	56
Caudal filtración nominal	L/h	15	20	25	40	60
Coronamiento (borde de seguridad)	M	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Altura para recibir 20 litros	M	0.28	0.20	0.16	0.10	0.07
Tirante fijo (sobrenadante)	M	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Arena fina	M	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Arena gruesa	M	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Gravilla ¼ a ½ "	M	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Total altura recipiente</b>	<b>M</b>	<b>0.93</b>	<b>0.85</b>	<b>0.81</b>	<b>0.75</b>	<b>0.72</b>

Fuente: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsapi/e/paises/guatemala/filtro.pdf>,s.f.

### IMPLEMENTACION DEL FILTRO SELECCIONADO OBJETIVO 3.

#### Esquema inicial antes del filtro

Antes de la implementación de este proyecto solo se contaba con un tanque de almacenamiento de 2000 lt y un área de 4 mts X 1 mts de ancho para realizar el proyecto (Ver la Figura 23).

**Figura 23 Esquema Inicial antes del Filtro**



Fuente: Autores del proyecto 2016.

En la figura 23 se apreciaba el tanque de almacenamiento de agua cruda, así como la futura zona donde sería provisto el filtro lento y el tanque de almacenamiento de 500 lt.

**Figura 24 Presentación agua almacenada antes de tratamiento**



**Fuente:** Autores del proyecto 2016.

En la figura 24 se evidenció el estado del agua almacenada antes del tratamiento, se logró evidenciar su aspecto físico, se observó presencia de vectores y algas, así como turbiedad en el agua que es empleada para consumo doméstico.

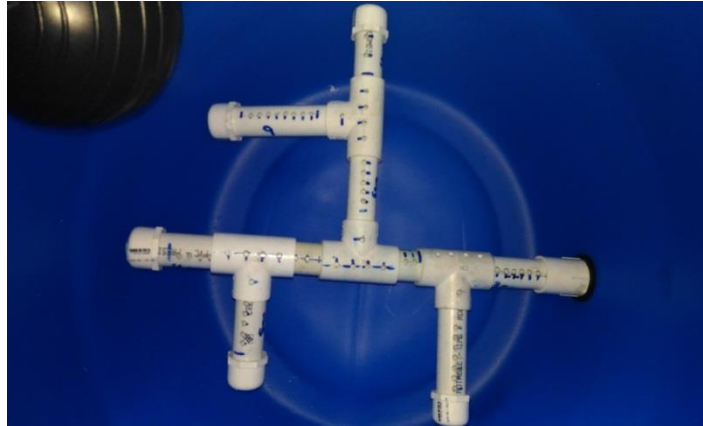
**Figura 25 Caneca de 55 galones filtro y Tanque para agua filtrada**



**Fuente:** Autores del proyecto 2016.

En la figura 25 se mostraba el filtro, el cual tenía un diámetro de 58 cm, 88 cm de altura y una capacidad de 220 lts. El tanque de almacenamiento de agua tenía capacidad de almacenar 500 lts de agua para uso doméstico.

**Figura 26 Instalación Estructura filtro de PVC para agua**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016.

En la figura 26 se observaba la flauta fabricada con tubos de PVC, con el fin de capturar el agua tratada y enviarla al tanque de almacenamiento final.

**Figura 27 Ubicación para filtro y tanque de agua filtrada.**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016.

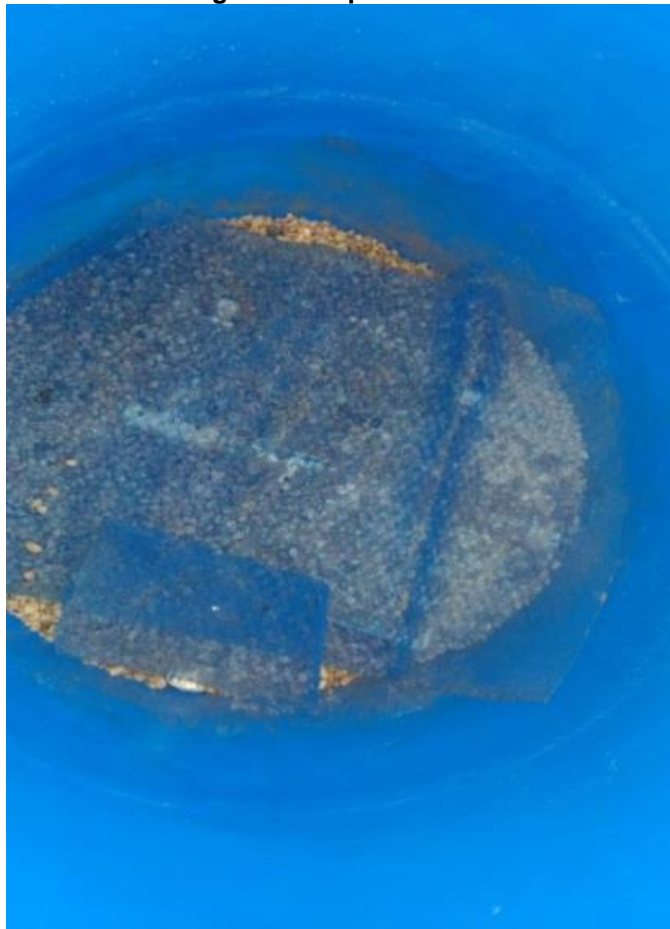
En la figura 27 se evidenció la ubicación del filtro desocupado, y posteriormente se empezaron a realizar las conexiones de la tubería de  $\frac{1}{2}$  para comunicar el agua del tanque de almacenamiento al filtro lento.

#### **Llenado con material filtrante.**

El filtro se construyó con una primera capa de grava que funciona como soporte del resto, tiene un espesor de 10 cm aproximadamente, para la segunda capa se adicionó carbón activado y tiene un espesor de 5 cm aproximadamente, en la tercera capa se adicionó zeolita y tiene un espesor es de 5 cm, la cuarta la capa adicionada fue de arena granular y tiene un espesor de 10 cm de altura y por último se adicionó una capa de arena sílice y tiene un espesor de 13 cm de altura; y finalmente un plato difusor que transmite el caudal de ingreso hacia las capas filtrantes hasta que el agua llegue al efluente.

#### **CAPAS DEL FILTRO LENTO.**

**Figura 28 Capa de Grava**

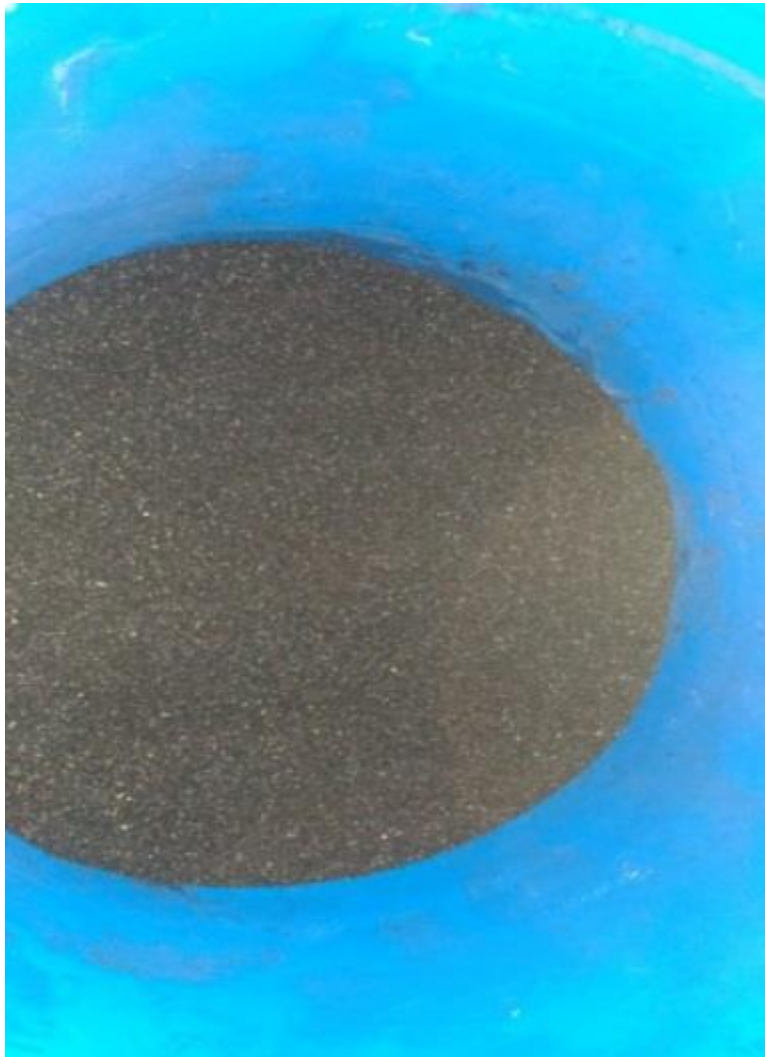


**Fuente:** Autores del proyecto, 2016.



**Capa de grava:** En la figura 28 se observa la capa de grava 20-30: la cual se adicionó con un espesor de 10 cm de altura y su función es dar soporte y ayudar a retener arena e impurezas para que no se acumulen en el tanque de almacenamiento.

**Figura 29 Capa de Carbón Activado**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016.

**Capa de Carbón Activado:** En la figura 29 se observa la capa de carbón activado la cual se adicionó con un espesor de 5 cm y su función es adsorber materia orgánica, microorganismos, herbicidas, pesticidas y aportar en el mejoramiento de las propiedades organolépticas en el agua (olor, sabor, color).

**Figura 30 Capa de Zeolita**



**Fuente:** Autores del proyecto 2016.

**Capa de zeolita:** en la figura 30 se evidenció la capa de zeolita, la cual se encarga de retener partículas de hasta 5 micras y remueve sustancias inorgánicas como el zinc, magnesio, calcio, cloruros nitrito y fósforo; también ayuda a remover toda clase de patógenos como coliformes fecales y totales. El espesor de la capa fue de 5 cm.

**Figura 31 Capa Arena Granular**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

**Capa de arena granular 8-12:** En la figura 31 se observa la capa de arena granular, la cual se dejó con un espesor de 10 cm. El objetivo de esta capa es regular la capacidad o velocidad de filtración del agua y ayuda a retener partículas mayores.

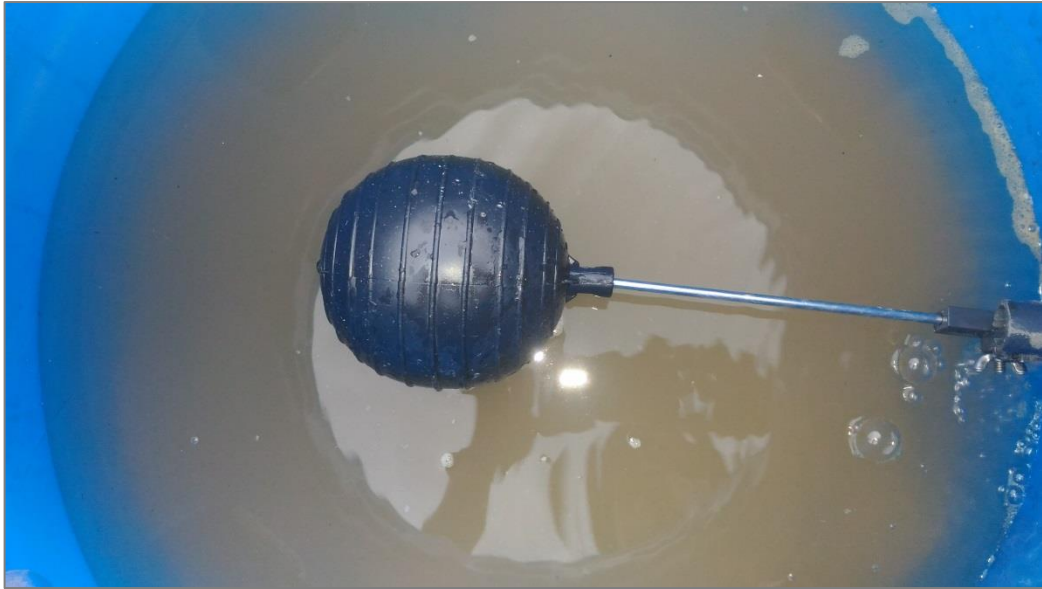
**Figura 32 Capa Arena Sílice**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

**Capa de arena fina tipo sílice:** En la figura 32 se observa la capa de arena fina tipo sílice con un espesor de 13 cm. Esta capa regula la capacidad o velocidad de filtración del agua y ayudará a retener la gran mayoría de sólidos suspendidos.

**Figura 33 Graduación válvula de control de nivel**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

Para la foto de la figura 33 se realizó la instalación de la válvula tipo flotador y se graduó de tal forma que esta se cierre cuando el agua alcance los 15 cm del lecho filtrante.

**Figura 34 Presentación después de instalación de filtro**



**Fuente:** Autores del proyecto 2016.

Para finalizar se realizaron las conexiones de la tubería que saldrán del filtro lento al tanque de almacenamiento para luego distribuir el agua a la vivienda, tal como se observa en la figura 34.

**Figura 35 Análisis Kit de Cloro**



**Fuente:** Autores del proyecto 2016.

En la figura 35 se aprecia el kit de cloro empleado en el análisis in situ, para el cual se aplicaron 5 gramos de Cloro a un tanque con 500 litros de agua, obteniendo un resultado in situ para cloro residual de 1,5 mg/lit y un valor de pH de 7,8; resultados que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles solicitados en la Resolución 2115 del 2007.

**Figura 36 Presentación agua tratada para uso Domestico**



**Fuente:** Autores del proyecto 2016.

En la figura 36 se evidenció el estado en el cual queda el agua una vez realizada la aplicación del cloro para desinfectar el agua tratada, y finalmente fue distribuida a las diferentes áreas de la vivienda.

## ANALISIS FISICOQUIMICOS REALIZADOS POR EL LABORATORIO EXTERNO

Se presenta a continuación los resultados obtenidos del laboratorio certificado comparando con la resolución de agua potable.

**TABLA 12 COMPARACIÓN RESULTADOS AGUA CRUDA, AGUA TRATADA VS RESOLUCIÓN 2125 DE 2007.**

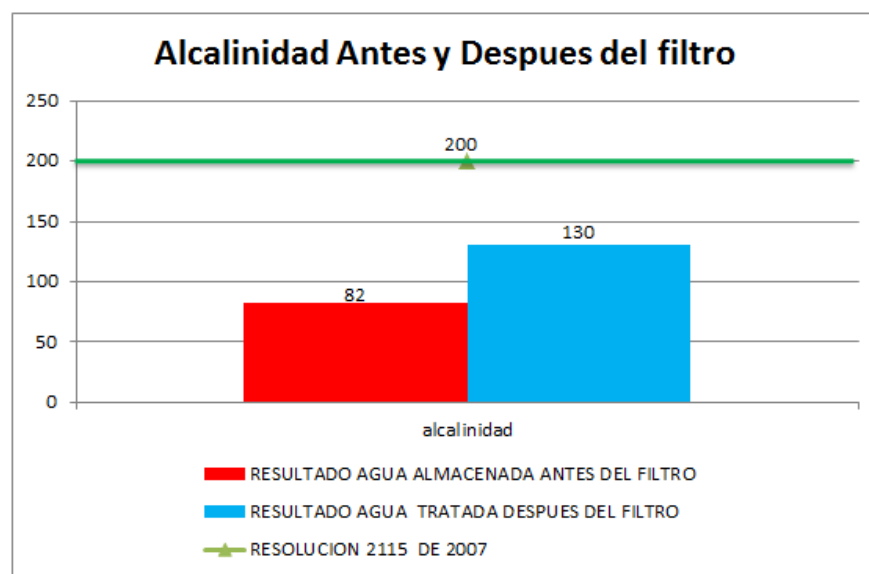
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESOLUCION 2115 DE 2007	RESULTADO AGUA ALMACENADA ANTES DEL FILTRO	RESOLUCION 2115 Vs AGUA ALMACENADA ANTES DEL FILTRO	PUNTAJE IRCA AGUA ALMACENADA ANTES DEL FILTRO	RESULTADO AGUA TRATADA DESPUES DEL FILTRO	RESOLUCION 2115 Vs AGUA TRATADA DESPUES DEL FILTRO	PUNTAJE IRCA AGUA TRATADA DESPUES DEL FILTRO	% REMOCION ANTES Y DESPUES DEL FILTRO
alcalinidad	mg/lt CaCO <sub>3</sub>	200	82	CUMPLE	0	130	CUMPLE	0	-58,5
aluminio	mg/lt Al	0,2	0,05	CUMPLE	0	0,05	CUMPLE	0	0,0
calcio	mg/lt Ca	60	120	NO CUMPLE	1	122	NO CUMPLE	1	-1,7
Carbono Organico Total	mg/lt COT	5	4,13	CUMPLE	0	1,65	CUMPLE	0	60,0
Cloro residual libre	mg/lt Cl <sub>2</sub>	0,3-2,0	0	NO CUMPLE	15	29,25	NO CUMPLE	15	100,0
Cloruros	mg/lt Cl-	250	12,5	CUMPLE	0	25,5	CUMPLE	0	-104,0
Coliformes Totales	0 UFC/100 ml	0	20000	NO CUMPLE	15	0	CUMPLE	0	100
Color aparente	UPC	15	5	CUMPLE	0	5	CUMPLE	0	0,0
Conductividad electrica	µS/cm a 25°	1000	756	CUMPLE	0	819	CUMPLE	0	-8,3
Dureza total	mg/lt CaCO <sub>3</sub>	300	400	NO CUMPLE	1	395	NO CUMPLE	1	1,3
Ecoli	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0	24	NO CUMPLE	25	0	CUMPLE	0	100,0
Fluoruros	mg/lt F-	1	0,31	CUMPLE	0	0,45	CUMPLE	0	-45,2
Fosfatos	mg/lt PO <sub>4</sub>	0,5	0,15	CUMPLE	0	0,09	CUMPLE	0	40,0
Hierro	mg/lt Fe	0,3	0,24	CUMPLE	0	0,13	CUMPLE	0	45,8
Magnesio	mg/lt Mg	36	24	CUMPLE	0	21,6	CUMPLE	0	10,0
Manganeso	mg/lt Mn	0,1	0,03	CUMPLE	0	0,03	CUMPLE	0	0,0
Molibdeno	mg/lt Mo	0,07	0,06	CUMPLE	0	0,06	CUMPLE	0	0,0
Nitratos	mg/lt NO <sub>3</sub>	10	0,44	CUMPLE	0	2,04	CUMPLE	0	-363,6
Nitritos	mg/lt NO <sub>2</sub>	0,1	0,023	CUMPLE	0	0,089	CUMPLE	0	-287,0
pH	Unid de pH	6,5-9,0	8,1	CUMPLE	0	8,1	CUMPLE	0	0,0
Sulfatos	mg/lt SO <sub>4</sub>	250	136,9	CUMPLE	0	209,7	CUMPLE	0	-53,2
Turbiedad	UNT	2	2,2	NO CUMPLE	15	4,89	NO CUMPLE	15	-122,3
Zinc	mg/lt Zn	3	0,03	CUMPLE	0	0,06	CUMPLE	0	-100,0
Puntaje IRCA agua almacenada antes del filtro					72 RIESGO ALTO				
Puntaje IRCA agua tratada Filtrada									32 RIESGO MEDIO

Fuente: Autores del proyecto, 2016.

En general se observa que una de las principales afectaciones para que los parámetros de turbiedad, dureza, calcio que fueron superiores a lo establecido en la norma es el cambio de la fuente hídrica de la cual se abastece la población, pues se pasó del agua de Río a una fuente de agua subterránea lo cual varió sus características y a su vez los resultados de laboratorio.

De igual manera se puede observar que en comparación con el agua cruda la presencia de Coliformes totales y E. Coli es de cero (0) parámetros que actualmente cumplirían con la norma. En cuanto al puntaje del IRCA para el agua tratada se tiene un valor de 32 para la muestra lo que indica que el nivel del riesgo cambió de alto a medio.

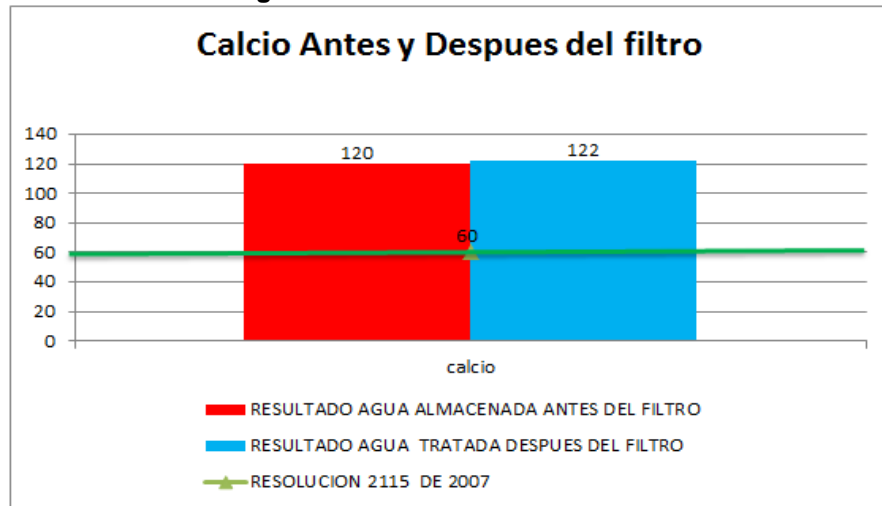
**Figura 37 Concentración de Alcalinidad.**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de la alcalinidad en el agua tratada fue de 130 mg/lit  $\text{CaCO}_3$ , la cual aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro (82 mg/lit  $\text{CaCO}_3$ ), debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea. Sin embargo los valores obtenidos están por debajo de la Resolución 2115 de 2007.

**Figura 38 Concentración de Calcio**

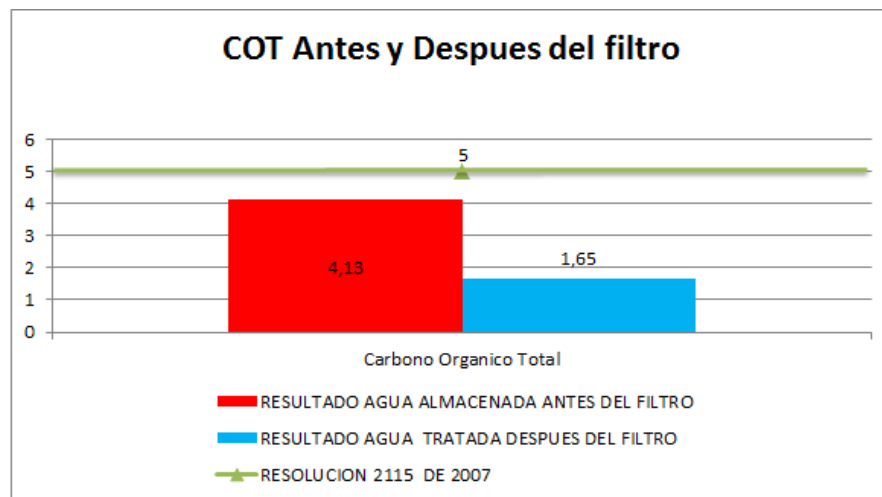


**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de calcio en el agua tratada fue de 122 mg/lit de Ca, se observa un aumento con referencia al agua almacenada antes del filtro, cuyo valor fue de 120 mg/lit de Ca, debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio de concentración de las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro.

Los valores obtenidos tanto para el agua cruda como para el agua tratada están por encima de los valores permisibles de la norma.

**Figura 39 Concentración de Carbono Orgánico Total**

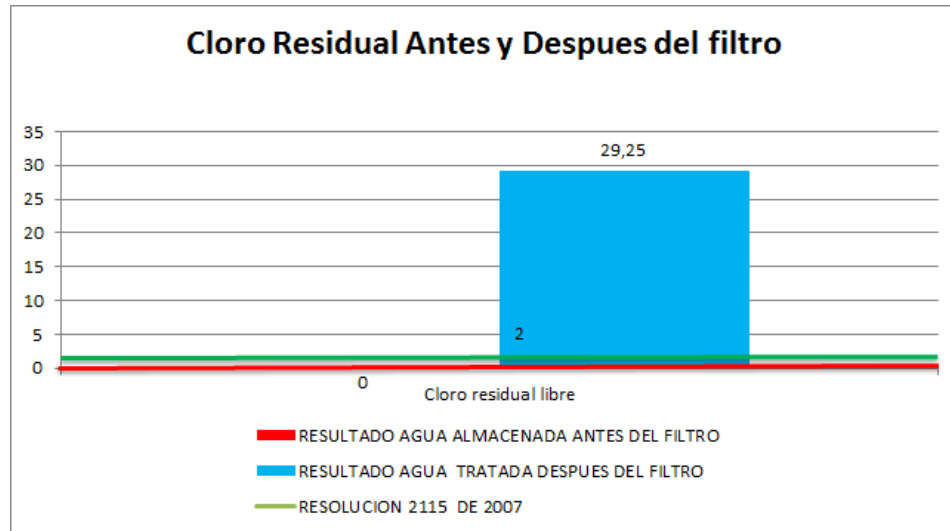


**Fuente:** Autores del proyecto, 2016



En la gráfica anterior se evidencia que la concentración del Carbono Orgánico Total en el agua tratada fue de 1,65 de mg/lit COT, concentración que disminuyo con referencia al agua almacenada antes del filtro cuyo valor fue de 4,13 mg/lit de COT, a pesar de que el punto de captación de agua cambió, el filtro lento removió material orgánico y tuvo una remoción eficaz del 60%, cumpliendo con la Resolución 2115 de 2007.

**Figura 40 Concentración de Cloro Residual**

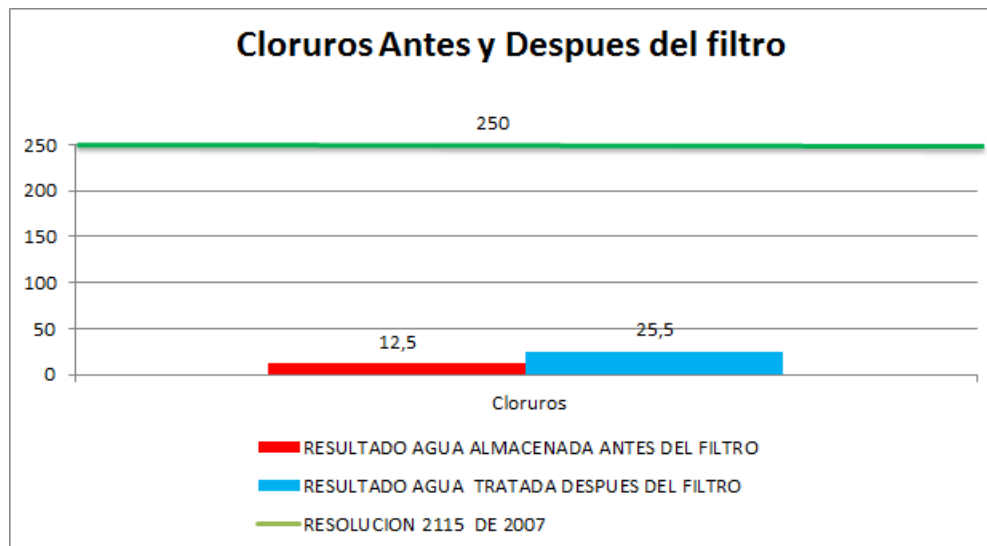


**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de cloro residual en el agua tratada fue de 29,25 mg/lit Cl<sub>2</sub>, valor que aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro (0 mg/lit Cl<sub>2</sub>), debido a que se dosificaron 5mg de cloro al 70% y supero la concentración máxima permitida que es de 2 mg/lit.

Se realizó un análisis obteniendo un resultado in situ para cloro residual de 1,5 mg/lit y un valor de pH de 7,8 unidades; valores que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles solicitados en la Resolución 2115 del 200; sin embargo en el laboratorio externo el resultado del análisis arrojó un valor de 29,25mg/lit de cloro residual superando el valor permisible de la norma; un factor que influyó en este resultado fue la falta de una gramera la cual no se encontró en la inspección de San Antonio de Anapoima, por lo tanto, no hubo precisión en el momento del peso y la adición del cloro.

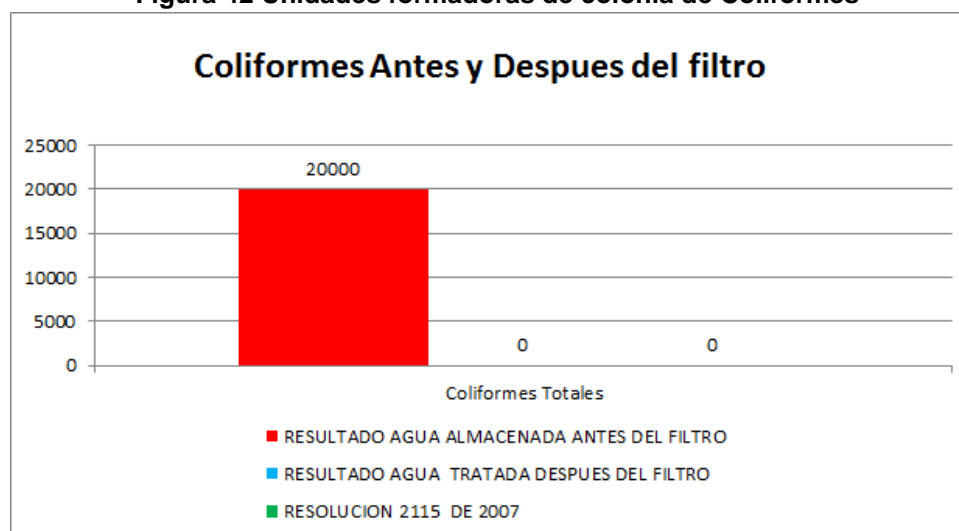
**Figura 41 Concentración de Cloruros**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de Cloruros en el agua tratada fue de 25,5 mg/l Cl<sup>-</sup> valor que aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro, cuyo valor fue de 12,5 mg/l Cl<sup>-</sup> este comportamiento se debió a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio de concentración de las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro; sin embargo los valores obtenidos están por debajo de lo exigido por la norma.

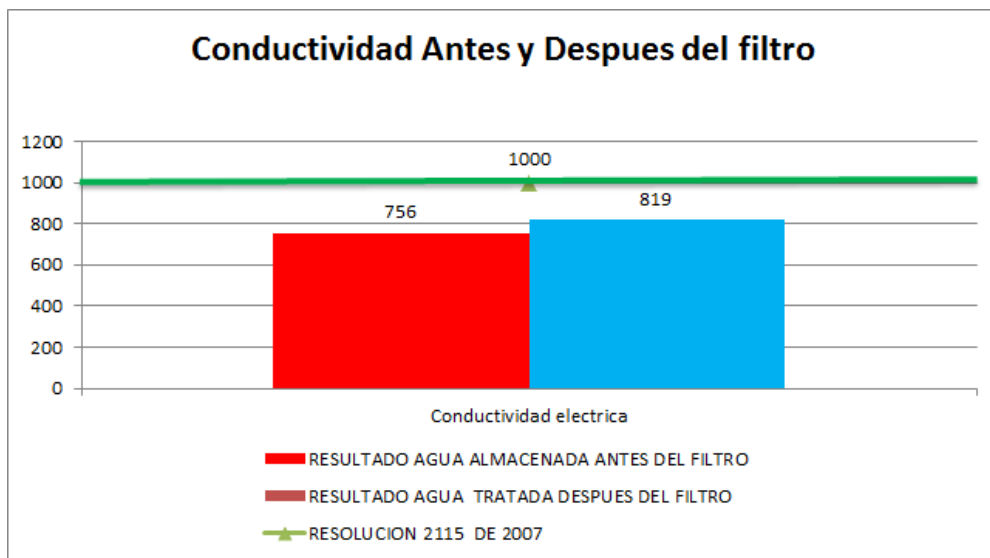
**Figura 42 Unidades formadoras de colonia de Coliformes**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la cantidad de Coliformes Totales en el agua tratada fue de 0 UFC/100 ml, valor que disminuyó notablemente con referencia al agua almacenada antes del filtro, cuyo valor fue de 2000 UFC/100 ml, a pesar de que el punto de captación de agua inicial cambió, el filtro lento con la dosificación de cloro en el agua tratada removió las unidades de colonias formadoras y tuvo una remoción eficaz del 100%, cumpliendo con la Resolución 2115 de 2007.

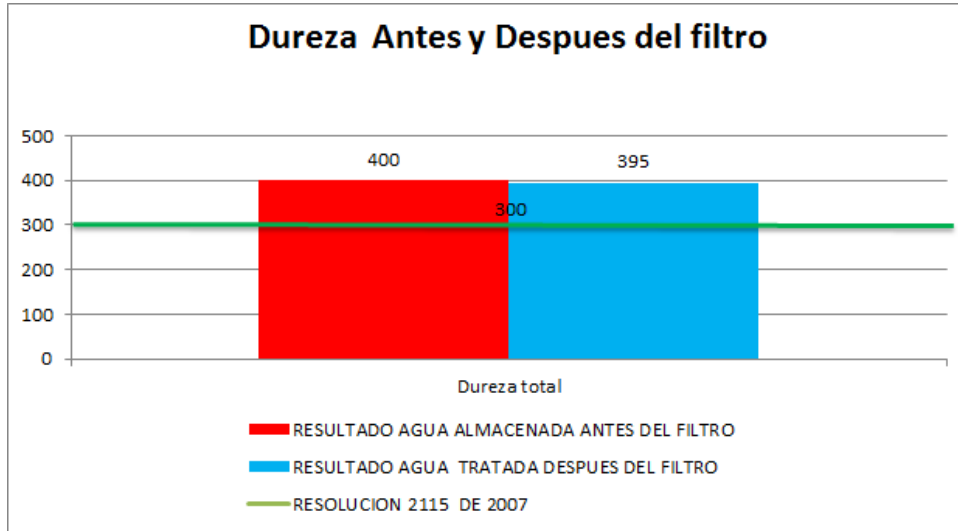
**Figura 43 Concentración de Conductividad**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de Conductividad en el agua tratada fue de 819  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25° valor que aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro (756  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°) debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio de concentración de las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro. Sin embargo los valores obtenidos están por debajo de la Resolución 2115 de 2007.

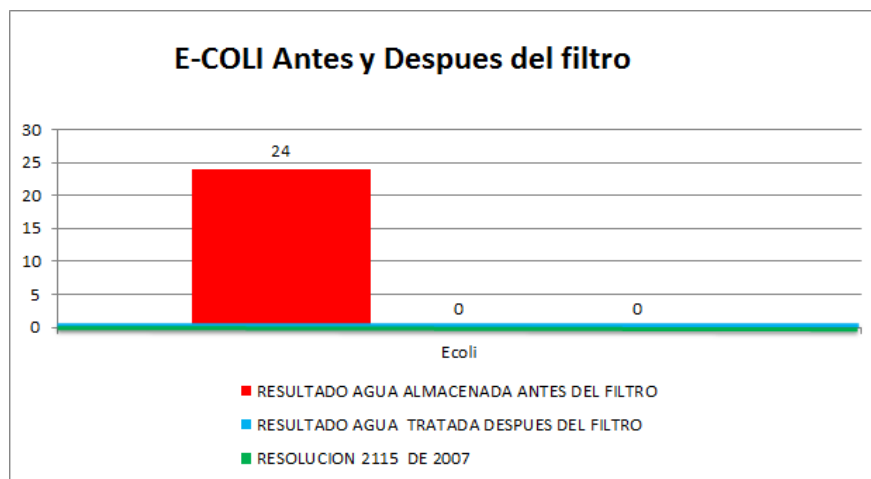
**Figura 44 Concentración de Dureza Total.**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de Dureza Total en el agua tratada fue de 395 mg/lit de  $\text{CaCO}_3$ , valor que disminuyó con referencia al agua almacenada antes del filtro (400 mg/lit de  $\text{CaCO}_3$ ), debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio en la concentración y en las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro, a pesar de este cambio, el filtro lento removió dureza total y tuvo una remoción de 1.3%, sin embargo no logró cumplir con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

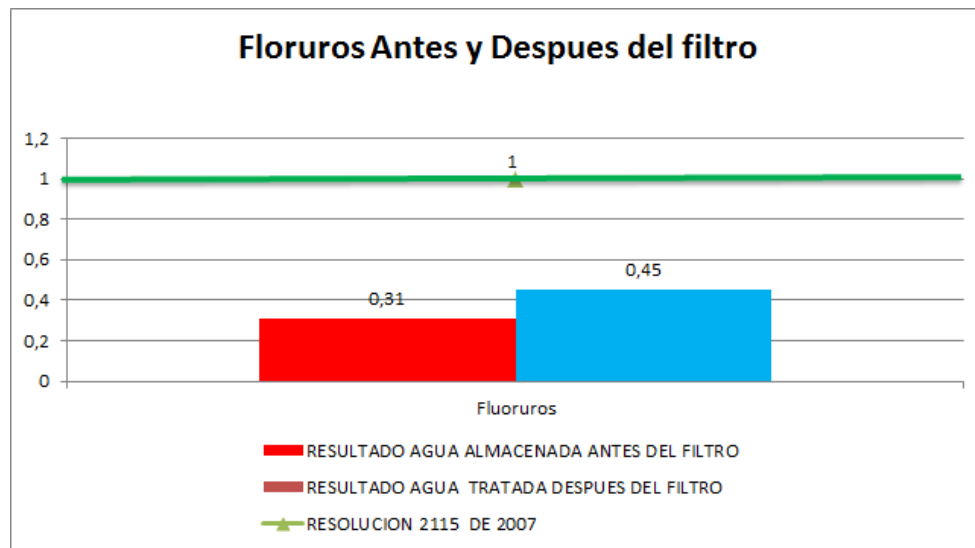
**Figura 45 Unidades formadoras de Escherichia Coli.**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016.

En la gráfica anterior se evidencia que la cantidad de Escherichia Coli en el agua tratada fue de 0 UFC/100 ml, valor que disminuyó notablemente con referencia al agua almacenada antes del filtro, cuyo valor fue de 24 UFC/100 ml, a pesar de que el punto de captación de agua inicial cambió, el filtro lento y la dosificación de cloro en el agua tratada removió las unidades de colonias formadoras y tuvo una remoción eficaz del 100%, cumpliendo con lo estipulado en la Resolución 2115 de 2007.

**Figura 46 Concentración de Fluoruros**

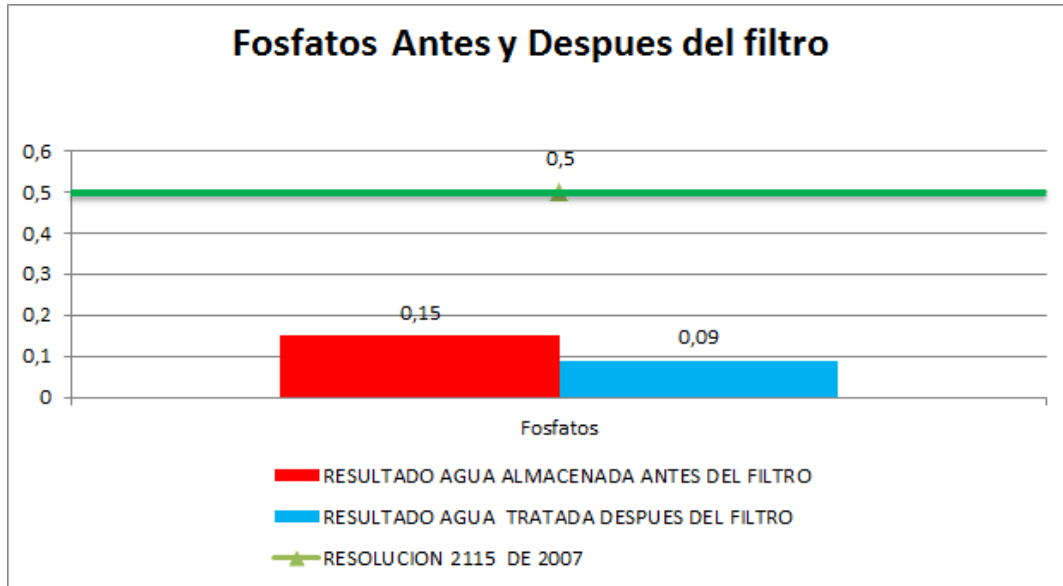


**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de Fluoruros en el agua tratada fue de 0,45 mg/l  $F^-$ , concentración que aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro (0,31 mg/l  $F^-$ ), debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio de concentración de las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro.

Sin embargo los valores obtenidos están por debajo de la Resolución 2115 de 2007.

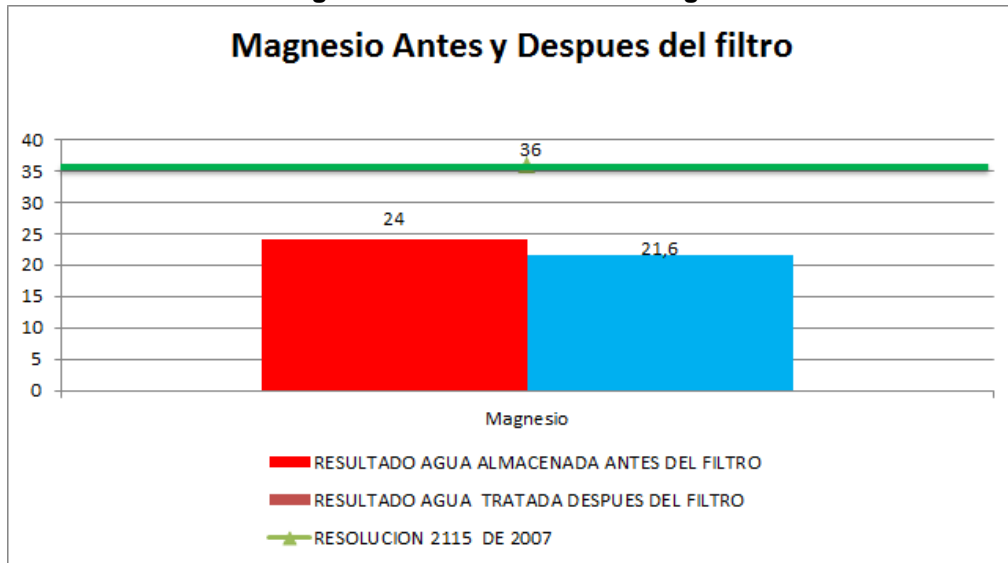
Figura 47 Concentración de Fosfatos



Fuente: Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de Fosfatos en el agua tratada fue de 0,09 mg/lit  $PO_4$ , concentración que disminuyó con referencia al agua almacenada antes del filtro cuyo valor fue de 0,15 mg/lit  $PO_4$ , a pesar de que el punto de captación de agua inicial cambió, el filtro lento removió fosfatos y tuvo una remoción eficaz del 40%, cumpliendo con la Resolución 2115 de 2007.

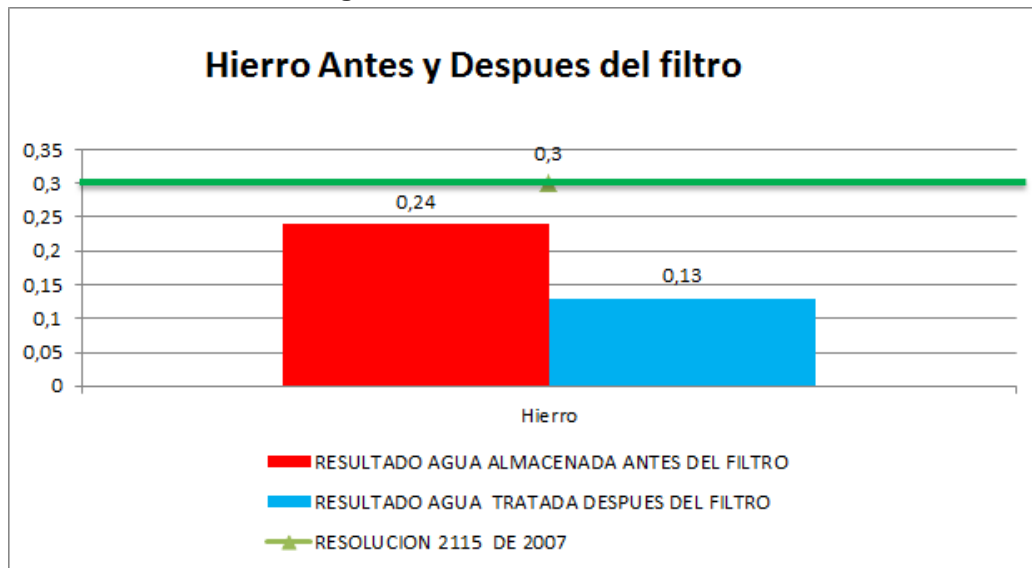
Figura 48 Concentración de Magnesio



Fuente: Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración del Magnesio en el agua tratada fue de 21,6 mg/lit de Mg, concentración que disminuyó con referencia al agua almacenada antes del filtro (4,13 mg/lit de Mg), a pesar de que el punto de captación de agua inicial cambió, el filtro lento removió magnesio y tuvo una remoción eficaz del 10%, cumpliendo con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

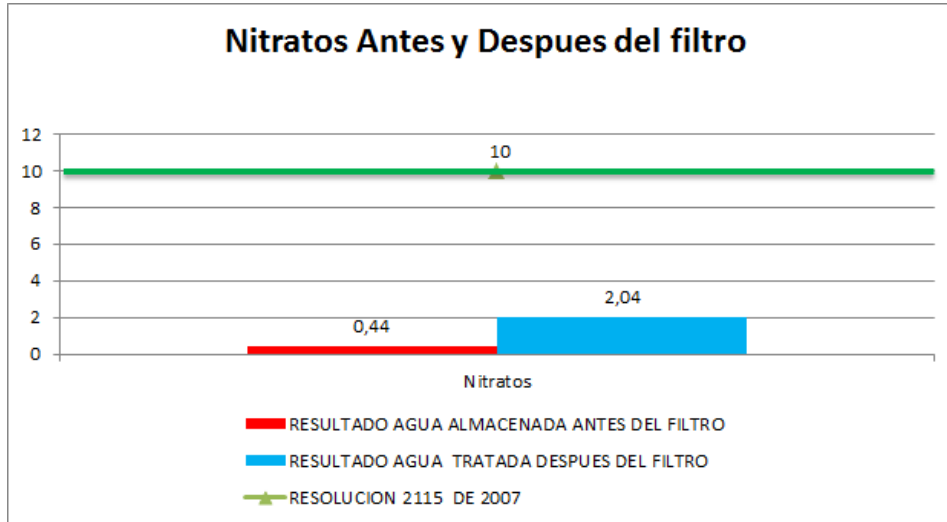
**Figura 49 Concentración de Hierro**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración del Hierro en el agua tratada fue de 0,13 mg/lit de Fe, concentración que disminuyó con referencia al agua almacenada antes del filtro (0,24 mg/lit de Fe), a pesar de que el punto de captación de agua inicial cambio, el filtro lento removió hierro y tuvo una remoción eficaz del 45%, cumpliendo con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

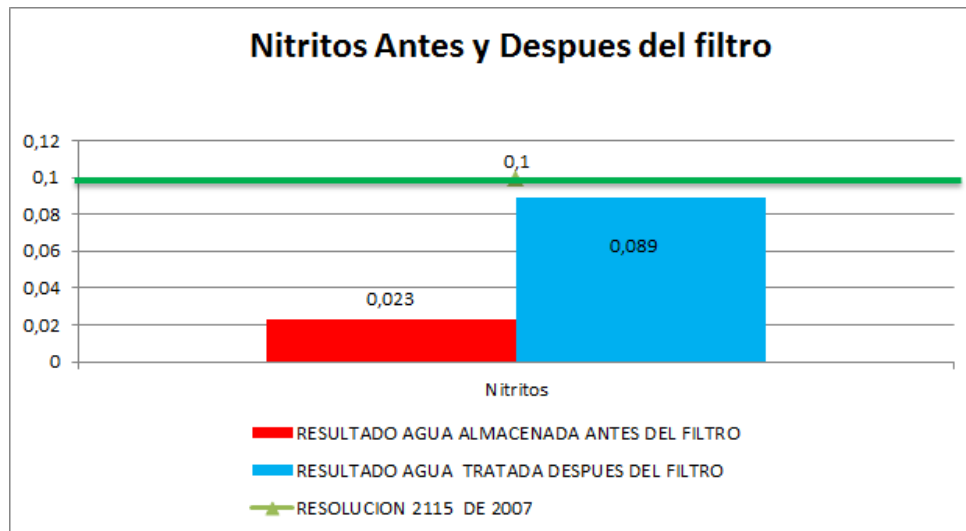
**Figura 50 Concentración de Nitratos**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de Nitratos en el agua tratada (2,04 mg/Lt) aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro, debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio de concentración de las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro. Sin embargo los valores obtenidos están por debajo de lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

**Figura 51 Concentración de Nitritos**

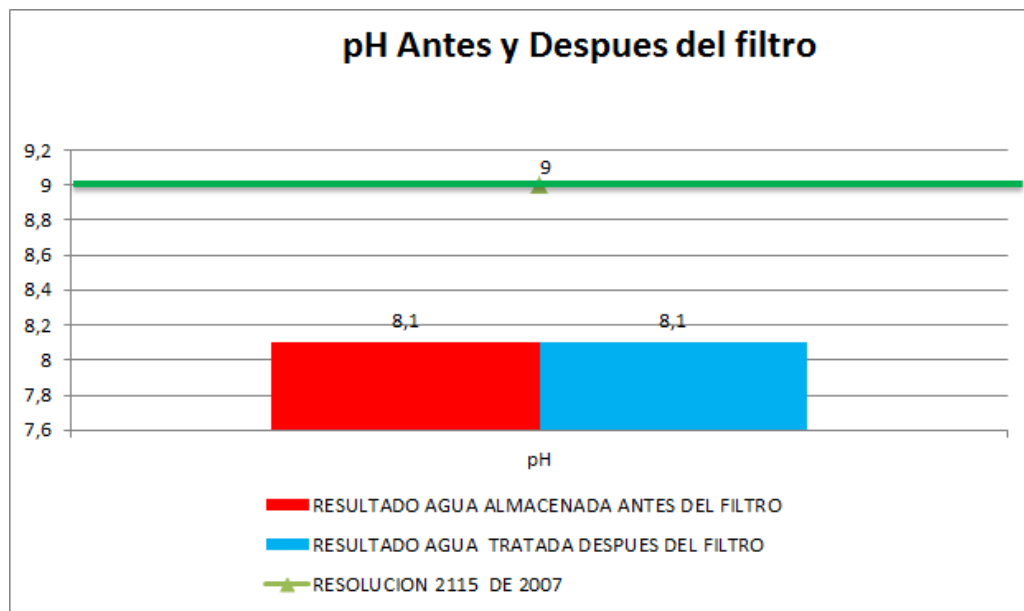


**Fuente:** Autores del proyecto, 2016



En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de Nitritos en el agua tratada fue de 0,089 mg/Lt concentración que aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro, (0,023 mg/Lt) debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio de concentración de las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro. Sin embargo los valores obtenidos están por debajo de lo establecido por la Resolución 2115 de 2007.

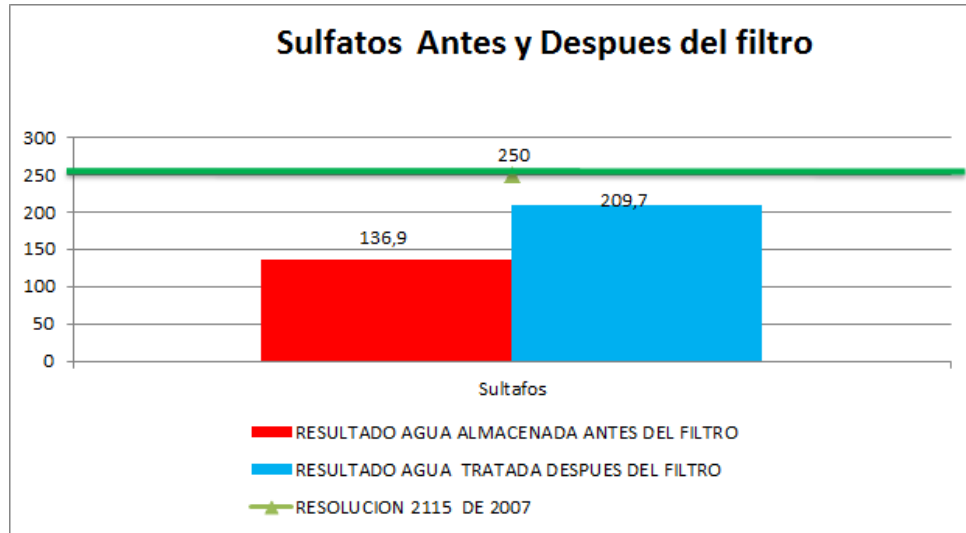
**Figura 52 Concentración de pH**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016

En la gráfica anterior se evidencia que el pH en el agua tratada fue de 8,1 unidades, valor que se mantuvo con referencia al pH del agua almacenada antes del filtro (8,1 unidades), lo que conlleva a decir que ni el filtro lento ni el cloro cambiaron las características del pH. Los valores obtenidos están dentro del rango para pH de acuerdo a lo establecido por la Resolución 2115 de 2007.

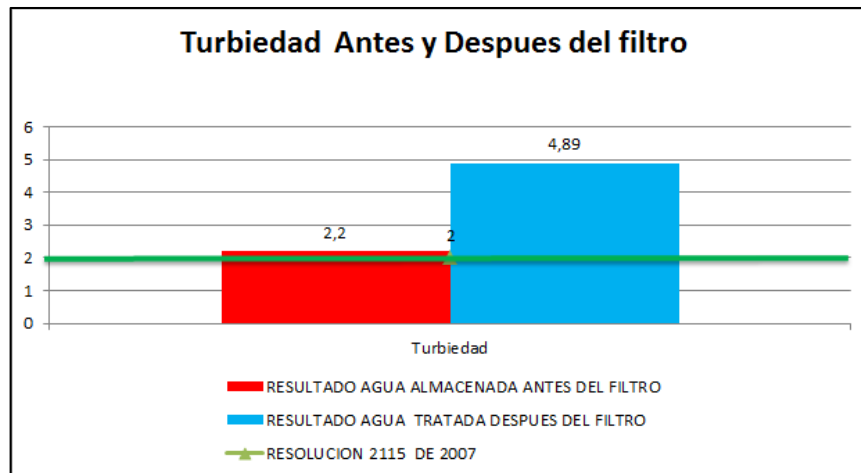
**Figura 53 Concentración de Sulfatos**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016.

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de Sulfatos en el agua tratada fue de 209,7 mg/l valor que aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro, (136,9 mg/l) debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio de concentración de las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro. Sin embargo los valores obtenidos están por debajo de lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

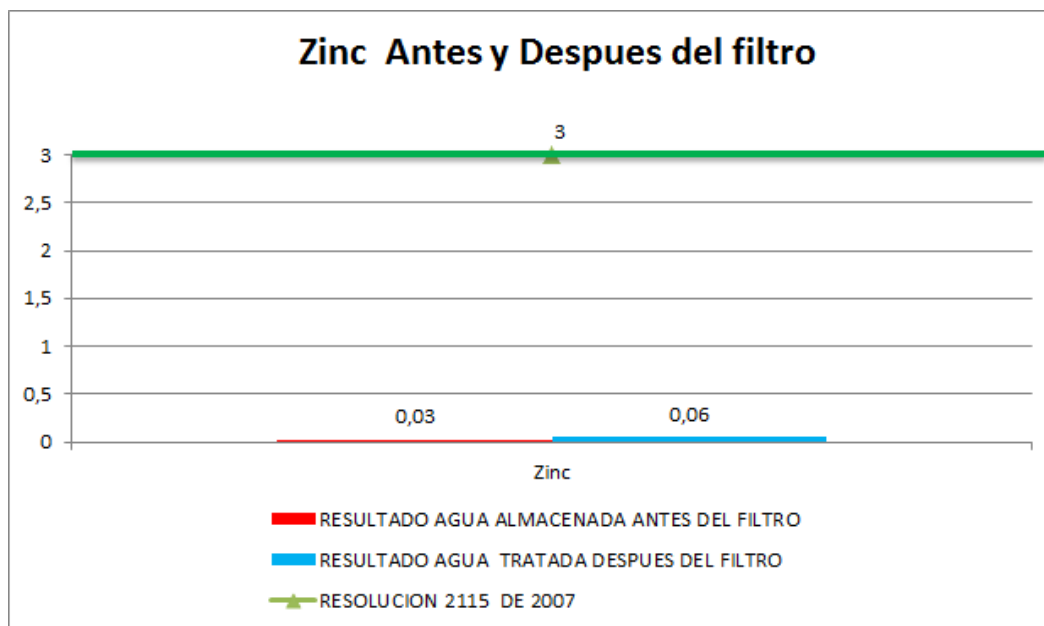
**Figura 54 Concentración de Turbiedad**



**Fuente:** Autores del proyecto, 2016.

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de turbiedad en el agua tratada fue de 4,89 mg/Lt valor que aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro, (2,2 mg/Lt) debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio de concentración de las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro.

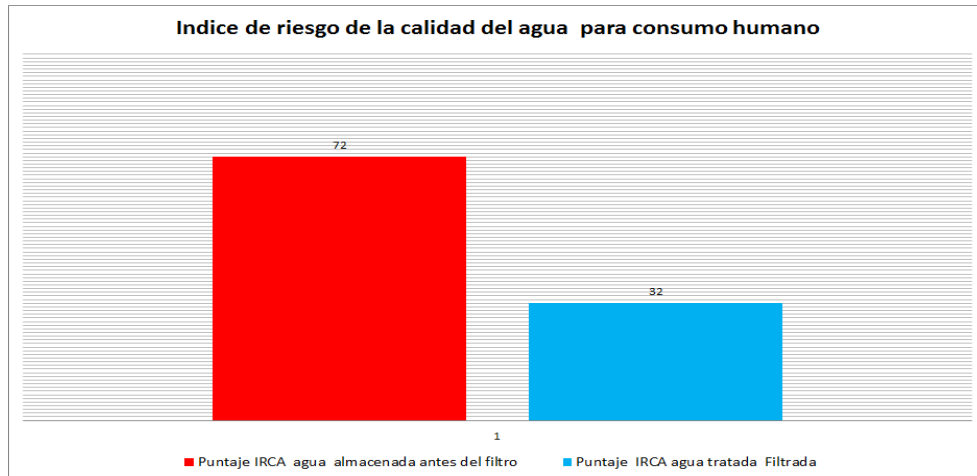
**Figura 55 Concentración de Zinc**



**Fuente:** Autores del proyecto 2016.

En la gráfica anterior se evidencia que la concentración de Zinc en el agua tratada fue de 0,06 mg/lit Zn valor que aumentó con referencia al agua almacenada antes del filtro, (0,03 mg/lit Zn) debido a que el punto de captación de agua inicialmente era del río y actualmente se están abasteciendo de un pozo de agua subterránea, lo que conlleva a un cambio de concentración de las características fisicoquímicas del agua a la entrada del filtro. Sin embargo los valores obtenidos están por debajo de lo establecido por la Resolución 2115 de 2007.

**Figura 56 Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano**



**Fuente:** Autores del proyecto 2016.

Con base en el índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA), en la gráfica anterior se evidencia que el agua antes del filtro arrojó un valor del 72% lo que indicaba que el nivel de riesgo era alto; con la implementación del filtro lento y la dosificación de cloro al agua filtrada se logró reducir este índice al 32% dejando el nivel de riesgo en medio.

Este resultado disminuye el nivel de riesgo de agua para consumo humano ya que lo pasa de un nivel de riesgo alto a un nivel de riesgo medio, sin embargo esta agua filtrada todavía requiere de más análisis y mejoramiento de las condiciones operativas del filtro para que sea apta para consumo humano

### 1.7. ASPECTOS FINANCIEROS

Para la fabricación se utilizaron recursos propios y herramientas de uso personal.

**TABLA 13.ASPECTOS FINANCIEROS**

DESCRIPCION	COSTO TOTAL
MATERIALES Y HERRAMIENTAS IMPLEMENTACION FILTRO LENTO	313.600
MATERIAL FILTRANTE	300.000
ANALISIS DE LABORATORIO	544.271
TRANSPORTE - VIATICOS	250.000
	1.407.871

Fuente: Autores del proyecto 2016

## CONCLUSIONES

- ✓ Se evaluaron las condiciones actuales del agua utilizada por los habitantes de la Inspección de San Antonio de Anapoima, encontrando principalmente problemas de abastecimiento ocasionados por fuentes hídricas adecuadas y permanentes. Los habitantes deben almacenar el agua para las épocas de escasez llevándolos en tanques de almacenamiento de fabricación casera o de acuerdo a sus posibilidades económicas que permiten acumulación de residuos por malas instalaciones o condiciones precarias y falta de mantenimiento a los mismos. En los análisis iniciales del laboratorio al agua utilizada se encontraron fuertes concentraciones de Microorganismos *E. Coli* y coliformes totales, además que los parámetros de calcio, cloro residual y dureza total se encuentran por encima de los valores máximos permitidos por la Resolución 2115 de 2007.
- ✓ Se diseñaron 3 posibles opciones de un filtro para tratamiento de agua que permitiera obtener condiciones adecuadas de calidad para el agua de uso doméstico y que estuviera en el margen de los parámetros de agua potable. Se integraron varios componentes brindados por diferentes alternativas que se manejan actualmente en filtros de agua caseros y recomendados para este fin que posibilitan el uso de la comunidad. Se tuvo en cuenta el acceso a los mismos en el mercado y que permitiera la reutilización de los tanques de reserva utilizados actualmente por la población. Como característica principal el uso de Zeolita y Carbón Activado para la remoción de bacterias, turbiedad y dureza del agua tratada.
- ✓ Se implementó una opción de filtro seleccionada con recursos propios, escogiendo para la instalación del mismo una de las familias que habita el casco urbano de la población, teniendo en cuenta que la ubicación del tanque de almacenamiento utilizado por esta familia permite acceso adecuado para la presentación, armado de infraestructura y pruebas posteriores en la obtención del agua tratada para uso doméstico.
- ✓ Una vez se instaló el filtro los habitantes del lugar seleccionado notaron los cambios en el agua no solo por el aspecto físico, sino por los cambios al realizar el lavado corporal, ya que presentaba bastante dureza y olor fuerte, adicionalmente el análisis de laboratorio mostró la remoción total de microorganismos. De acuerdo a la resolución 2115 de 2007 se observa que el agua cumple con 20 de los 23 parámetros necesarios para que el agua tenga las condiciones adecuadas, el factor más crítico representado por los microorganismos se llevó a cero y se observa que los parámetros de dureza, calcio y carbono, turbiedad que están por encima están siendo afectados por el cambio en la fuente hídrica de origen.
- ✓ De acuerdo al IRCA el agua se pasó de un índice de riesgo alto a un riesgo medio, llevando las condiciones a uso de agua domestico que se pretendían con la elaboración del filtro.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Retrolavar el filtro o cambiar las capas del filtro de carbón y zeolita para su respectiva eficiencia.
- ✓ Se recomienda una vez al mes lavar los tanques de almacenamiento de agua y mantenerlos tapados
- ✓ Se recomienda caracterizar el agua de pozo en intervalos cortos de tiempo para su debido mantenimiento.
- ✓ Se recomienda utilizar cloro para asegurar la desinfección de coliformes y bacterias contenidas en el agua de pozo.
- ✓ Se recomienda agregar la dosis respectiva de cloro al agua y hacer mediciones de cloro al agua.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Godfrey S., (2009), Limpieza y desinfección de los tanques de almacenamiento de agua, Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud, Volumen 3, Pp 4.

Van Dijk J.C, (1978), Filtración Lenta en Arena para Abastecimiento Público de Agua en Países en Desarrollo, Manual de Diseño y Construcción. Documento técnico 11, Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento Público de Agua de la OMS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Pp 12 - 68.

Wegelin M., Galvis G., Latorre J., (1998), La filtración Gruesa en el Tratamiento de Agua de Fuentes Superficiales, Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico (Cinara). Publicación SANDEC No. 4/98, Caps. 3, 4, 5 y 8.

González A., Martín A., & Figueroa R., (2006), Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, Pp 17.

Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural (Unatsabar), (2005), Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero. In Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero, Organización Panamericana de la Salud (OPS), Lima, Pp 59.

Ministerio de Desarrollo Económico, (2000), Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico- RAS 2000. Sección II, Título F, Sistemas de Aseo Urbano. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Bogotá, Pp 97.

Haug H. P., Hack H., Gabriel B. W., Engel H. H., Hauser, H., Jolowicz H. R., & Schneider W., (1988), Módulos para capacitación de personal de servicios de abastecimiento de agua en países en desarrollo, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (CEPIS), Pp 85.

Espinal C. M., Ocampo D., & Rojas J. D., (2014), Universidad Tecnológica de Pereira, Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar, Pereira, Pp 84.

Larrea C.J., (2015), Aplicación de un filtro de zeolita para potabilización del agua a nivel domiciliario en el sitio la Palestina, Universidad Tecnica de Machala, Ecuador, Pp 54.

Hurtado, J. J. P. (2003), Guía para el almacenamiento, manejo y conducción del agua (Vol. 111), Convenio Andrés Bello, Bogotá, Pp 47.

Abdel-Rehim Z. S., & Lasheen A., (2007), Experimental and theoretical study of a solar desalination, Cairo, Egypt., Pp 52-64.

Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 2115 22 Junio 2007, Bogotá, Pp 23.

## **ANEXO A**

### **MANTENIMIENTO DEL FILTRO LENTO DE ARENA, PARA MANTENER SU FUNCIONALIDAD Y ADECUADO PROCESO.**

Con el tiempo, el uso continuo del filtro causa que la abertura de los poros entre los granos de arena se obstruya con residuos. En consecuencia, el índice de flujo de agua a través del filtro disminuye. Para limpiar el filtro se debe realizar un retrolavado con agua a presión, el cual está localizado en la tubería que conecta con la tubería de salida del filtro de arena. Para remover la capa biológica se debe raspar con mucha suavidad para no levantar demasiada arena.

### **INSTRUCTIVO PARA EL LAVADO, LIMPIEZA Y DESINFECCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CON PERSONAL TECNICO DE LA SDIS**

Objetivo: Generar las directrices para el lavado, limpieza y desinfección de los tanques de almacenamiento de agua con el fin de garantizar las condiciones sanitarias.

El presente instructivo aplica para tanques aéreos, subterráneos y superficiales.

#### **a. Alistamiento previo**

El día anterior al lavado del tanque se deberá cerrar el registro o válvula de entrada de agua a este de tal forma que en el desarrollo de actividades propias del predio se consuma el agua contenida en el tanque y se garantice las condiciones óptimas para realizar la actividad. Esta actividad se debe realizar garantizando el suministro permanente de agua en el predio, sin afectar el funcionamiento del predio. Para realizar todo el proceso de lavado y desinfección del tanque el personal que realice la actividad, debe de utilizar los elementos y equipo de protección personal establecidos en la Tabla N° 1

Verifique las condiciones físicas del tanque, empaques, válvulas y tuberías “desgaste, grietas y hermeticidad” si encuentra alguna anomalía evidénciela en la lista de chequeo y comuníquela para su reparación. De existir residuos sólidos presentes en el tanque realice la remoción manual. Abra la válvula de entrada de agua al tanque para garantizar un nivel de agua entre 10 y 20 cms de altura, cuando se haya logrado la lámina de agua deseada, cierre la válvula.

#### **b. Limpieza y Lavado**

Con el agua presente en el tanque inicie el lavado en forma manual, comenzando por las paredes internas y luego con el piso del tanque, utilizando material no abrasivo, con el fin de remover los residuos adheridos al tanque.

Abra la válvula de salida de agua del tanque hasta drenar todo el líquido del mismo, de no contar con válvula de salida retire de forma manual los residuos sólidos y líquidos generados en el proceso. Abra la válvula de entrada y salida del tanque para permitir el ingreso de agua con el fin de enjuagar el tanque dejando que esta recorra las tuberías, pasado un tiempo en donde se garantice la remoción total de los residuos cierre las válvulas con el fin de comenzar el proceso de desinfección.

#### **c. Desinfección**

Para realizar la solución de desinfectante la persona deberá contar con los respectivos elementos de protección personal según la ficha técnica del producto a utilizar, en este caso se maneja una solución de hipoclorito de sodio con una concentración del 5% (cloro comercial). La cantidad de cloro requerido para desinfección dependerá de la cantidad de materia orgánica presente. Se ha definido las siguientes concentraciones de acuerdo al nivel de desinfección que se necesite.



**Figura 57 Cantidad cloro requerido**

Materia Orgánica	Concentración de Hipoclorito de Sodio (ppm)	Concentración de Hipoclorito de Sodio (%)	Tiempo de la actividad (min)
Alta	2500	0,5%	15
Baja	2000	0,2-0,25%	20-30

Fuente: (secretaría integración social, 2010)

Para realizar las diluciones requeridas según desinfección se tendrá en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Formula: } V = \frac{Cd \times Vd}{Cc}$$

Dónde: V: volumen requerido de hipoclorito de sodio

Cd: concentración deseada

Vd: volumen deseado

Cc: concentración conocida del hipoclorito de sodio

Después de realizar la solución impregne las paredes del tanque con un rodillo de felpa y deje actuar por un tiempo de 20 a 30 min. Abra la válvula de entrada de agua al tanque con el fin de generar un lavado manual del desinfectante. Abra la válvula de salida del tanque y deje que este fluya por las tuberías de suministro de agua al predio con el fin de generar una purga. Realice dos o tres lavados del tanque y las tuberías con agua potable asegurando la ausencia de olor y sabor en el agua. Inicie el llenado del tanque, séllelo herméticamente de tal forma que evite la contaminación y se minimice el contacto con agentes externos.

#### **ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL**

El personal encargado del lavado, limpieza y desinfección del tanque deberá utilizar los elementos de protección personal y llevar a cabo los siguientes pasos.

**Tabla 14 Elementos de Protección**

CABEZA	Casco	Cuando se requiera
OJOS Y ROSTRO	Monogafas de seguridad	Cuando tenga exposición a salpicaduras de productos químicos o ante la presencia de vapores o gases
APARATO RESPIRATORIO	Respirador purificante (con material filtrante o cartuchos)	Cuando en el ambiente tenga gases, vapores y neblinas. Solicite el cambio de filtro cuando sienta olores penetrantes de gases y vapores
	Respiradores autocontenido	Cuando exista peligro inminente para la vida por falta de oxígeno, como en la limpieza de tanques o en el manejo de emergencias por derrames
MANOS	Guantes resistentes a productos químicos	Proteja las manos contra corrosivos, ácidos, aceites, solventes. Existen de diferentes materiales: PVC, Neopreno, Nitrilo, Butyl, Polivinilo
PIES	Botas plásticas	Cuando trabaje con productos químicos
	Zapato con suela antideslizante	Cuando este expuesto a humedad en actividades de aseo
TRABAJO EN ALTURAS	Para trabajos a una altura mayor a 1,5 metros sobre el nivel del piso use arnés de seguridad. Casco con barbuquejo, Mosquetones y Eslingas, Línea de vida.	

Fuente: (Secretaría Integración Social, 2010)

**ANEXO B** Tipo de Encuesta aplicada a algunos pobladores:

Encuesta

Somos estudiantes de la Universidad Libre y estamos interesados en conocer la opinión acerca del agua utilizada para el consumo en su hogar.

1. ¿Considera que el agua para consumo en su hogar es de calidad adecuada?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

2. ¿Utiliza otra fuente diferente al agua del servicio acueducto municipal?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

3. ¿Cuál fuente de agua utiliza para su consumo?

Aguas de acueducto \_\_\_\_\_

Aguas Lluvias \_\_\_\_\_

Otra \_\_\_\_\_

¿Cual? \_\_\_\_\_

4. ¿utiliza algún tipo de almacenamiento para el agua que consume en su hogar?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

5. ¿utiliza algún tipo de tratamiento para purificación del agua que consume en su hogar?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

6. ¿Realiza mantenimiento a los tanques de almacenamiento de agua?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

**ANEXO C**  
**Informe Resultado Muestra Número 1 (Agosto 2 de 2015)**

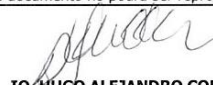


**ANALQUIM LTDA.**  
 ANALISIS FISICOQUIMICOS Y CALIDAD DEL AIRE



**IDEAM**  
 INSTITUTO DE HIDROLOGIA,  
 METEOROLOGIA Y  
 ESTUDIOS AMBIENTALES

Laboratorio Acreditado  
 MEDIOAMBIENTE  
 mediante Resolución  
 No. 3379 / 2014-2015

<b>INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO</b>					<b>CÓDIGO: 106789</b>
					<b>PÁGINA: 1 de 2</b>
<b>SEÑOR(ES): IVAN RICARDO AVILA BAREÑO</b>					
<b>DIRECCIÓN: CL 67 A 113 60 TO 7 AP 302</b>			<b>TELÉFONO: 5413009/3133697864</b>		
<b>MUESTRA PROCEDENTE DE :</b>		<b>NO ESPECIFICA</b>		<b>DEPARTAMENTO: NO ESPECIFICA</b>	
<b>LUGAR TOMA DE LA MUESTRA:</b>		<b>INSPECCION SAN ANTONIO DE ANAPOIMA</b>			
<b>PUNTO DE CAPTACIÓN:</b>		<b>TANQUE SUBTERRANEO DE RESERVA</b>			
<b>TIPO DE MUESTRA :</b>		<b>AGUA POTABLE</b>			
<b>FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:</b>		<b>2-AGO-2015</b>		<b>HORA TOMA DE LA MUESTRA: 12:00 H</b>	
<b>FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:</b>		<b>3-AGO-2015</b>			
<b>RESULTADOS</b>					
<b>ENSAYO</b>	<b>FEC-ANALISIS</b>	<b>TECNICA DE ANALISIS</b>	<b>RES. 2115/07</b>	<b>RESULTADO</b>	
a. ALCALINIDAD TOTAL	03-AGO-2015	Volumétrico	200	82 mg/L CaCO3	
a. ALUMINIO	03-AGO-2015	Colorimetría (Eriocromo cianina)	0,2	<0.05 mg/L Al	
a. CALCIO	03-AGO-2015	Volumétrico con EDTA	50	120 mg/L Ca	
a. CARBONO ORGÁNICO TOTAL	14-AGO-2015	Combustión alta temperatura	5	4.13 mg/L	
a. CLORO RESIDUAL COMBINADO	03-AGO-2015	Titulométrico DPD-FAS		0.00 mg/L Cl2	
a. CLORO RESIDUAL LIBRE	03-AGO-2015	Titulométrico DPD-FAS	0,3 - 2,0	0.00 mg/L Cl2	
a. CLORUROS	03-AGO-2015	Argentométrico	250	12.5 mg/L Cl-	
a. COLIFORMES TOTALES	03-AGO-2015	Filtración por membrana	0	20X10E3 UFC/100 mL	
a. COLOR	03-AGO-2015	Comparación Visual	15	<5 UPC	
a. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	03-AGO-2015	Conductimétrico	1000	756 µS/cm a 25°C	
a. DUREZA TOTAL	03-AGO-2015	Volumétrico con EDTA	300	400 mg/L CaCO3	
a. E. COLI	03-AGO-2015	Filtración por membrana	0	24 UFC/100 mL	
a. FLUORUROS	10-AGO-2015	Electrodo ión selectivo	1	0.31 mg/L F-	
a. FOSFATOS	03-AGO-2015	Colorimétrico (Cloruro Estañoso)	0,5	0.15 mg/L PO4	
a. HIERRO TOTAL	13-AGO-2015	A.A de Llama	0,3	0.24 mg/L Fe	
a. MAGNESIO	03-AGO-2015	Cálculo	36	24.0 mg/L Mg	
a. MANGANESO	13-AGO-2015	A.A. de Llama	0,1	<0.03 mg/L Mn	
a. MOLIBDENO	13-AGO-2015	Oxido Nitroso	0,07	<0.06 mg/L Mo	
a. NITRATOS <sup>o</sup>	03-AGO-2015	Espectrofotométrico UV	10	<0.44 mg/L NO3	
a. NITRITOS <sup>o</sup>	03-AGO-2015	Colorimétrico (NEDA)	0,1	<0.023 mg/L NO2	
a. OLOR	03-AGO-2015	--	ACEPTABLE	Aceptable -	
a. PH	03-AGO-2015	Electrométrico	5,5 - 9,0	8.10 Unidades	
a. SABOR	03-AGO-2015	--	ACEPTABLE	Aceptable -	
a. SULFATOS	03-AGO-2015	Turbidimétrico	250	136.9 mg/L SO4	
a. TEMPERATURA	03-AGO-2015	Termómetro		19.2 °C	
a. TURBIEDAD	03-AGO-2015	Nefelométrico	2	2.20 UNT	
<b>OBSERVACIONES:</b> Muestra puntual recolectada por el cliente.					
Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.					
a. Ensayo(s) de laboratorio acreditado en Analquim Ltda. Resolución de acreditación N° 3379 del 20 de Noviembre de 2014. IDEAM					
El presente documento es válido únicamente si tiene el sello seco.					
Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente.					
 <b>IQ. HUGO ALEJANDRO CORTES GONZALEZ</b> DIRECTOR DE LABORATORIO			<b>NOTA:</b> Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada. Bogotá, 24-AGO-2015 <b>FECHA DE EXPEDICIÓN</b>		
				ANQ(2)-PL-071-1 - Versión 2	
El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe, es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo.					