

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO POR FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FIME) EN EL  
CORREGIMIENTO DE FONDAS EN EL TAMBO, CAUCA.**

**KAROL VANESSA BENAVIDES AGREDO  
LAURA DANIELA PASTRANA VARGAS**

**TRABAJO DE GRADO  
MODALIDAD DE TRABAJO SOCIAL COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2016**

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO POR FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FIME) EN EL  
CORREGIMIENTO DE FONDAS EN EL TAMBO, CAUCA.**

**KAROL VANESSA BENAVIDES AGREDO  
LAURA DANIELA PASTRANA VARGAS**

Director: Doc. Javier Ernesto Fernández Mera

TRABAJO DE GRADO  
MODALIDAD DE TRABAJO SOCIAL COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2016**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>6</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
3.1 <i>Objetivo general.....</i>	8
3.2 <i>Objetivos específicos .....</i>	8
<b>4. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>5. METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
5.1 <i>Recolección de la Información .....</i>	11
5.2 <i>Procesamiento de la Información .....</i>	11
5.3 <i>Diagnóstico y recomendaciones.....</i>	12
<b>6. ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>13</b>
6.1 <i>Localización.....</i>	13
6.2 <i>Vías de acceso.....</i>	13
6.3 <i>Educación.....</i>	14
6.4 <i>Economía.....</i>	14
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
7.1 <i>Esquema del sistema de tratamiento de agua.....</i>	15
7.2 <i>Reunión con la Junta Directiva:.....</i>	15
7.3 <i>Encuesta a la comunidad de Fondas.....</i>	16
7.4 <i>Inspección sanitaria a la Cuenca.....</i>	20
7.4.1 <i>Agua Cruda .....</i>	20
7.4.2 <i>Bocatoma .....</i>	21
7.5 <i>Inspección sanitaria a la planta de tratamiento de agua .....</i>	22
7.5.1 <i>Filtro Grueso Dinámico.....</i>	22
7.5.1.1 <i>Componentes.....</i>	23
7.5.1.2 <i>Dimensiones.....</i>	23
7.5.1.3 <i>Características del Lecho filtrante.....</i>	25
7.5.2 <i>Filtro Grueso Ascendente en Capas (FGAC).....</i>	25
7.5.2.1 <i>Componentes.....</i>	26
7.5.2.2 <i>Dimensiones .....</i>	26
7.5.2.3 <i>Características del lecho filtrante .....</i>	26
7.5.3 <i>Filtros Lentos en Arena.....</i>	28
7.5.3.1 <i>Componentes.....</i>	29

7.5.3.2	Dimensiones .....	29
7.5.3.3	Características del lecho filtrante .....	31
7.5.4	Otras estructuras .....	32
7.5.4.1	Caseta de desinfección .....	32
7.5.4.2	Tanque de almacenamiento .....	32
<b>8.</b>	<b>DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA .....</b>	<b>33</b>
8.1	<i>Selección tecnología FiME</i> .....	33
8.2	<i>Capacidad del sistema</i> .....	35
8.2.1	Periodo de diseño .....	35
8.2.2	Población .....	35
8.2.3	Demanda per cápita de agua .....	36
8.3	<i>Revisión de los criterios de diseño</i> .....	38
8.3.1	Área superficial por unidad .....	38
8.3.2	Velocidad de filtración .....	38
8.3.3	Medio filtrante .....	40
8.3.4	Sistema de drenaje .....	42
8.3.5	Otros .....	45
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>10.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>
10.1	<i>Sobre la capacidad del sistema</i> .....	49
10.2	<i>Sobre los criterios de diseño</i> .....	49
10.2.1	Medios filtrantes .....	49
10.2.2	Sistema de drenaje .....	50
10.3	<i>Otras</i> .....	51
10.4	<i>Bases del “programa para el uso eficiente y ahorro del agua” (PUEAA)</i> .....	51
<b>11.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pags.</b>
<b>Tabla 1.</b> <i>Resultados encuesta a los usuarios</i> .....	20
<b>Tabla 2.</b> <i>Medición de Caudal en la Bocatoma</i> .....	22
<b>Tabla 3.</b> <i>Dimensiones superficiales del Filtro Grueso Dinámico</i> .....	23
<b>Tabla 4.</b> <i>Propiedades del lecho filtrante del Filtro Grueso Dinámico</i> .....	25
<b>Tabla 5.</b> <i>Dimensiones Superficiales del Filtro Grueso Ascendente en Capas</i> .....	26
<b>Tabla 6.</b> <i>Propiedades del lecho filtrante del Filtro Grueso Ascendente en Capas</i> .....	26
<b>Tabla 7.</b> <i>Dimensiones superficiales del Filtro Lento Arena</i> .....	29
<b>Tabla 8.</b> <i>Propiedades del lecho filtrante del Filtro Lento en Arena</i> .....	31
<b>Tabla 9.</b> <i>Rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para orientar la selección de opciones de FiME</i> .....	33
<b>Tabla 10.</b> <i>Modelo para la selección de un sistema FiME*</i> .....	34
<b>Tabla 11.</b> <i>Parámetros actual y futuro</i> .....	37
<b>Tabla 12.</b> <i>Área superficial por cada unidad</i> .....	38
<b>Tabla 13.</b> <i>Velocidad de filtración de cada unidad</i> .....	38
<b>Tabla 14.</b> <i>Velocidad de filtración según caudal futuro</i> .....	39
<b>Tabla 15.</b> <i>Velocidad de filtración según caudal consumido</i> .....	39
<b>Tabla 16.</b> <i>Lecho filtrante FGDi (recomendado)</i> .....	40
<b>Tabla 17.</b> <i>Lecho filtrante FGAC (recomendado)</i> .....	40
<b>Tabla 18.</b> <i>Lecho filtrante FLA (recomendado)</i> .....	41
<b>Tabla 19.</b> <i>Perdidas de carga en el lavado del FGDi. (Condiciones reales) *</i> .....	43
<b>Tabla 20.</b> <i>Modificación teórica al sistema de drenaje, FGDi</i> .....	44
<b>Tabla 21.</b> <i>Pérdidas de carga en el lavado del FGAC. (Condiciones reales) *</i> .....	44
<b>Tabla 22.</b> <i>Modificación teórica al sistema de drenaje, FGAC</i> .....	45
<b>Tabla 23:</b> <i>Caudal respecto a altura en vertedero</i> .....	47
<b>Tabla 24:</b> <i>Filtro Grueso Dinámico (FGDi)</i> .....	49
<b>Tabla 25:</b> <i>Filtro Grueso Ascendente en Capas (FGAC)</i> .....	49
<b>Tabla 26:</b> <i>Filtro lento en arena (FLA)</i> .....	50

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica.....	13
<b>Figura 2.</b> Esquema general de sistema de tratamiento de agua potable.....	15
<b>Figura 3.</b> Clasificación por edad, menores a 18 años. ....	17
<b>Figura 4.</b> Usos del agua .....	17
<b>Figura 5.</b> Aparatos sanitarios .....	18
<b>Figura 6.</b> Nivel de satisfacción de los usuarios .....	19
<b>Figura 7.</b> Fuente de captación: Quebrada Lavapiés .....	21
<b>Figura 8.</b> Agua cruda precedente a la bocatoma.....	21
<b>Figura 9.</b> Tubería averiada, bocatoma <b>Figura 10.</b> Fuga tubería conducción .....	22
<b>Figura 11.</b> Filtro Grueso Dinámico, Fondas.....	23
<b>Figura 12:</b> Levantamiento de plano: FGDí.....	24
<b>Figura 13.</b> Filtro Grueso Ascendente en Capas, Fondas. ....	25
<b>Figura 14:</b> Levantamiento de plano: FGAC.....	27
<b>Figura 15.</b> Filtro Lento en Arena, Fondas.....	28
<b>Figura 16.</b> Ubicación del vertedero y compuerta canal faltante en los tres filtros. ....	29
<b>Figura 17:</b> Levantamiento de plano: FLA.....	30
<b>Figura 18.</b> Curva granulométrica de la capa superior del FLA. ....	31
<b>Figura 19.</b> Caseta de desinfección .....	32
<b>Figura 20.</b> Tanque de almacenamiento de agua .....	32
<b>Figura 21.</b> Asignación del nivel de complejidad. ....	36
<b>Figura 22.</b> Asignación dotación neta máxima.....	36
<b>Figura 23.</b> Asignación coeficiente de consumo máximo diario .....	37

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Formato encuesta realizada a la comunidad de Fondas.....	55
<b>Anexo 2.</b> Formato de inspección sanitaria para el acueducto.....	56
<b>Anexo 3.</b> Formato entrevista a la Junta Directiva.....	58
<b>Anexo 4</b> Cámara de Comercio del Cauca .....	59
<b>Anexo 5.</b> Estatutos de Conformación .....	60
<b>Anexo 6.</b> Filtro Grueso Dinámico recomendado.....	61
<b>Anexo 7.</b> Plano Filtro Grueso Ascendente en Capas recomendado .....	62
<b>Anexo 8.</b> Plano Filtro Lento en Arena recomendado.....	63
<b>Anexo 9.</b> Estimación material a utilizar .....	64

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se relaciona con el sector de agua potable y saneamiento, debido a que son los principales motores de la salud pública. Todas las personas tienen derecho a disponer de forma continua de agua, con calidad aceptable y suficiente en cantidad, y de esta forma, poder satisfacer necesidades como la higiene personal, para beber, cocción de alimentos y fines domésticos.

A nivel global, un pilar importante para reducir la pobreza, es el abastecimiento de agua, ya que impulsa el crecimiento económico de cualquier zona y disminuye en gran medida los índices de morbilidad.

Históricamente la diferencia en porcentaje de cobertura de agua potable, entre la zona urbana y rural, es grande. Ésta última zona aún no cuenta con el número suficiente de sistemas de tratamiento de dicha agua, por ende, una gran parte de la población rural, se encuentra desprovista de este líquido esencial.

En vista de lo anterior, se ha buscado implementar nuevas tecnologías que sean más asequibles en cuanto a construcción, operación, mantenimiento y sostenibilidad económica de la planta de tratamiento de agua potable; una de ellas es la tecnología FiME –Filtración en Múltiples Etapas- que cumple las anteriores características, generando a la vez, agua de calidad de bajo riesgo para el consumo humano.

Un ejemplo de lo anteriormente mencionado se presenta en el corregimiento Fondas, municipio de El Tambo – Cauca, donde se implementó en el año 2002 esta tecnología, con el fin de abastecer agua segura a la comunidad. Seis meses después la planta colapsó y en la actualidad no se encuentra funcionando. Actualmente la Comunidad con el apoyo de Fundación Smurfit Kappa Cartón de Colombia vienen realizando gestiones para evaluar este sistema e iniciar acciones para su recuperación.

En este marco de esta gestión, y considerando que los estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad del Cauca requieren realizar Trabajo de Grado, la presente propuesta pretende analizar la situación actual de la planta y con base en ello plantear diferentes alternativas de solución.

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el año 2000 se acordaron ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), entre ellos está el séptimo objetivo que se encarga de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente; respecto al sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, se definió la meta de *“Reducir a la mitad, para el año 2015 el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento”* teniendo como base el año 1990. De acuerdo al informe de los ODM , indica que desde el año 1990, el porcentaje de la población rural mundial sin acceso a agua potable mejorada, se ha reducido del 38% al 16% en 2015; a pesar que las cifras han bajado, no ha sido lo suficientemente eficiente para erradicar la brecha existente entre el área urbana y rural, con porcentajes de 96% y 84% de cobertura, respectivamente (ONU, 2015).

Colombia definió metas superiores a las establecidas internacionalmente, el reto significó alcanzar una cobertura de acueducto del 99% en el área urbana y 78% en el área rural (Departamento Nacional de Planeación, 2013). Evidentemente el país ha presentado un avance en cobertura de Agua Potable, por ejemplo, el panorama rural desde 1990 a 2015 ha mejorado, pasando del 68.8% al 73.8%, respectivamente; en ese mismo periodo la zona urbana aumentó de 96.8% a 97.5% (OMS, 2015). Con lo anterior se demuestra una clara correlación entre la situación mundial y nacional, ya que existe una diferencia significativa entre lo rural y urbano. Sin embargo, la calidad de agua que llega a la población sigue siendo una preocupación constante.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece unas directrices para la calidad de Agua Potable que son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del Agua Potable. Por consiguiente, Colombia usa el Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) para evaluar la presencia de agentes infecciosos, químicos, tóxicos y contaminación radiológica en el agua; el IRCA Nacional en el año 2013 reportó que el 41.2% está sin riesgo (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2014) , es decir que más del 50% de la población se encuentra con cierto porcentaje de ingerir agua con algún grado de riesgo. El departamento del Cauca no es ajeno a esta situación, pues presenta un nivel medio de Riesgo, el IRCA en el área urbana es del 16,9 % y para el área rural de 32,5 %(Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2012), esto es consecuencia, en parte, del rezago que el Estado ha tenido sobre el Saneamiento y Agua Potable.

Como se ha demostrado, existe una desigualdad muy marcada entre zonas rurales y urbanas, en relación al acceso de agua potable y calidad. Las causas de este problema se deben entre otras razones, a la utilización de tecnologías de agua y saneamiento de difícil sostenibilidad o de tecnologías que ya cumplieron su vida útil que son obsoletas o tienen deficiencias en diseño o construcción.



## 2. JUSTIFICACIÓN

El municipio de El Tambo, ubicado en el Departamento del Cauca, no es ajeno a la situación descrita anteriormente; pues el promedio del IRCA 2011 fue del 15.6% representando un nivel de Riesgo Medio y respecto a la cobertura de agua potable, 1200 familias en la zona rural y 150 familias en la zona urbana, no tenían acceso a ello (Alcaldía Municipal, 2012).

El Municipio, según proyecciones del Departamento Administrativo Nacional De Estadísticas (DANE, 2005), para el 2016 cuenta con 47.674 habitantes, del cual aproximadamente el 94% está ubicada en el sector rural, y el 6% restante reside en la zona urbana (Alcaldía Municipal, 2012). Por otro lado, El Tambo está conformado por 19 corregimientos, entre ellos la zona de campo: Fondas, que agrupa 13 veredas, ubicadas en la Región del Alto Cauca, al nororiente de El Tambo. Según datos de la comunidad, el corregimiento cuenta con 770 habitantes.

En el año 2002 fue construido un sistema de tratamiento de agua para consumo humano, una planta con la tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FIME), que combina 3 unidades para su funcionamiento. La primera unidad es el Filtro Grueso Dinámico (FGDi), que recibe el agua cruda; retiene altas cargas de sedimentos (los de mayor tamaño) y por su facilidad para bloquearse rápidamente cuando trata aguas con altos niveles de sólidos en suspensión, impide el paso de agua con alta turbiedad. La siguiente estructura es el Filtro Grueso Ascendente (FGAC), su función es remover la mayor cantidad de sólidos en suspensión posible conllevando a la reducción de turbiedad, color y microorganismos del agua; por último está el Filtro Lento de Arena (FLA), que remueve los contaminantes más finos, en ella se desarrollan procesos biológicos que elimina los microorganismos patógenos del agua (Galvis et al., 1998). Para cumplir con el decreto 2115/2007 (Calidad del agua para consumo humano), se le adiciona una etapa de desinfección con la aplicación dosificada de Cloro.

A partir de la visita en campo realizada el 22 de febrero del presente año, por información suministrada por los miembros del acueducto de Fondas, la FIME –después de construida- tuvo funcionamiento durante aproximadamente 6 meses, y en la actualidad se encuentra en condiciones de abandono. Según observaciones realizadas, lo anterior se debe posiblemente a la mala selección del lecho filtrante.

De acuerdo a la situación presentada, la comunidad ha manifestado preocupación y ha planteado la posibilidad de rescatar la planta para tener acceso a agua potable. En este sentido, han sido apoyados por la Fundación Smurfit Kappa Cartón de Colombia en la parte organizativa y de legalización.

Con el fin de darle una solución y poner en funcionamiento el sistema de tratamiento, se requiere una evaluación y diagnóstico técnico de la planta existente, que indique cuales son las necesidades para el mejoramiento y la puesta en marcha del sistema de tratamiento.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

- Realizar el diagnóstico y evaluación del sistema de tratamiento de agua por Filtración en Múltiples Etapas y plantear alternativas de solución para poner en funcionamiento este sistema del corregimiento Fondas (Tambo, Cauca)

### **3.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar y evaluar cada una de las unidades de la planta de abastecimiento por Filtración en Múltiples Etapas (FIME).
- Estudiar las alternativas de solución para la puesta en funcionamiento del sistema de tratamiento actual.

## 4. MARCO TEÓRICO

La tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FiME) nace principalmente para permitir un mejor aprovechamiento de la tecnología de Filtración Lenta en Arena (FLA). FiME consiste en dos unidades de pretratamiento: el Filtro Grueso Dinámico (FGDi) y el Filtro Grueso Ascendente (FGAC), los cuales permiten enfrentar las concentraciones de sólidos suspendidos y microorganismos presentes en el agua cruda, mientras que el Filtro Lenta en Arena (FLA) constituye un tratamiento final de remoción microbiológica.

Cabe destacar que FiME tiene unas ventajas importantes a considerar, es una tecnología robusta y confiable, que puede ser mantenida por operadores con bajos niveles de escolaridad, no requiere el uso de sustancias químicas ni aparatos mecánicos complejos y puede ser fácilmente operada, mantenida y administrada por miembros de la comunidad.

### Filtro Grueso Dinámico (FGDi)

El FGDi cumple con la función de "Válvula Tapón", es decir que, al rápido incremento de contenido de sólidos suspendidos en el agua cruda (picos de sólidos suspendidos), muestra su capacidad de respuesta a la colmatación del lecho superficial, cerrando total o parcialmente el suministro de agua a las siguientes unidades de tratamiento. Bajo condiciones normales de operación la capa de grava fina retiene entre el 70% y 80% del material suspendido, obstruyendo gradualmente el lecho filtrante superficial.

A continuación se muestran las principales consideraciones de diseño teóricos recomendados, según Galvis G. et al, 1999

- Periodo de diseño (años): 8 – 12
- Periodo de operación (h/d): 24
- Velocidad de filtración (m/h): 2 – 3
- Número mínimo de unidades en paralelo: 2
- Área máxima de filtración por unidad (m<sup>2</sup>): < 10
- Velocidad Superficial de lavado (m/s): 0.15 – 0.3
- Altura del vertedero de salida (m): 0.03 – 0.05

Según (Galvis G, et al, 1999) cada una de las tres capas del lecho filtrante se recomienda de 0.20 m y con las siguientes especificaciones en cuanto a tamaño de la grava: superior 1/4"- 1/2"; intermedio: 1/2 "– 3/4" e inferior: 3/4" – 1".

### Filtro Grueso Ascendente en Capas (FGAC)

La filtración gruesa ascendente en capas, tiene la ventaja de favorecer la acumulación de sólidos en el fondo del filtro, donde se localiza el sistema de drenaje, facilitando así, el lavado hidráulico o de fondo de las unidades. Adicionalmente, la dirección vertical del flujo reduce interferencias generadas por temperatura o diferencias de densidad del fluido, mejorando el comportamiento hidráulico de la unidad, evitando zonas muertas y produciendo tiempos de retención más homogéneos. Estos factores influyen significativamente en la eficiencia del proceso de tratamiento (Galvis et al., 1996).

Seguidamente se ilustran los criterios de diseño para filtros gruesos ascendentes, basados en la experiencia con unidades experimentales y plantas a escala real, evaluadas en el marco del proyecto de Investigación y Demostración de Métodos de Pretratamiento desarrollado en Colombia CINARA – IRC.

Periodo de diseño (años): 8 – 12

- Periodo de operación (h/d): 24
- Velocidad de filtración (m/h): 0.3 – 0.6
- Número mínimo de unidades en paralelo: 2
- Área máxima de filtración por unidad (m<sup>2</sup>): < 20
- Longitud por unidad (m): 0.3 – 0.5
- Altura sobrenadante de agua (m): 0.10 – 0.20

Lecho filtrante

- Superior 0,10 - 0,20 m 1/16" - 1/8"
- Intermedio 1 0,15 - 0,20 m 1/8" - 1/4"
- Intermedio 2 0,15 - 0,20 m 1/4" - 1/2"
- Intermedio 3 0,20 - 0,30 m 1/2" - 3/4"
- Inferior 0,3 m 3/4" – 1"

La velocidad de filtración, la selección de unidades y longitud de lecho filtrante, depende del riesgo sanitario relacionado con el agua cruda, de la eficiencia de remoción de la unidad y de los requerimientos de calidad de agua efluente.

Filtro Lento en Arena (FLA)

Su nombre se debe por las bajas velocidades de filtración con que opera. Durante su paso por el medio filtrante, el agua cambia continuamente de dirección, favoreciendo el contacto entre las impurezas y los granos del medio filtrante, con retención de parte de ellas, principalmente en los primeros 40 cm de profundidad.

Este filtro se caracteriza por la formación de una capa biológica en la superficie del medio filtrante, denominada superficie de coacción o Schmutzdecke. La retención de organismos y otros contaminantes responsables por la formación de la capa biológica puede durar días o hasta semanas tiempo denominado periodo de maduración del filtro lento.

Criterios de diseño del FLA, según Cinara- IRC,1996

- Periodo de diseño (años): 8 – 12
- Periodo de operación (h/d): 24
- Velocidad de filtración (m/h): 0.1 – 0.3
- Número mínimo de unidades en paralelo: 2
- Área máxima de filtración por unidad (m<sup>2</sup>): < 100
- Borde libre (m): 0.1
- Altura sobrenadante de agua (m): 0.75
- Altura de arena (m): 0.5 – 0.8
- Diámetro efectivo (mm): 0.15 – 0.30
- Coeficiente de uniformidad: 2 - 4
- Altura del lecho de soporte: 0.25

## **5. METODOLOGÍA**

El diagnóstico y evaluación del Sistema de tratamiento de agua se realizó mediante las 3 fases siguientes:

Fase I: Recolección de información.

Fase II: Procesamiento de la Información.

Fase III: Recuperación del Sistema de tratamiento.

### **5.1 Recolección de la Información**

Este proceso se llevó a cabo en la visita realizada al corregimiento de Fondas, del día 16 de mayo al 23 del mismo mes, en el presente año.

Como primer paso se ejecutó una reunión con la Junta Directiva del acueducto el día 16 de mayo en horas de la tarde, con el objetivo de examinar el estado administrativo actual, por medio de la revisión de documentos: Cámara de comercio, Estatutos, fecha de conformación, registro de usuarios, libro de contabilidad, entre otros.

Se deseaba conocer la apreciación por parte de la comunidad respecto a todo lo relacionado con el acueducto, por lo cual se creó una encuesta (ANEXO 1), que fue desarrollada a 30 viviendas, distribuidas por todo el corregimiento; se obtuvieron resultados como: los usos del agua, número promedio de personas por vivienda, cantidad de aparatos sanitarios por hogar y consideraciones acerca del sistema de abastecimiento actual.

Finalmente, se realizó una inspección sanitaria a la cuenca y al sistema de tratamiento; la primera se hizo mediante un formato obtenido por Fundación Innovagen (ANEXO 2), con la intención de obtener información acerca de los impactos que recibía la fuente de abastecimiento, observar el estado en que se encontraba la bocatoma y la tubería de aducción, adquirir parámetros como turbiedad y color de una muestra de agua y por último registrar caudales que llegaban a la bocatoma. Respecto a la segunda inspección, se efectuó con el propósito de dimensionar toda la planta tratamiento, recoger muestras de los lechos filtrantes y realizar la prueba de lodos.

### **5.2 Procesamiento de la Información**

Con todos los datos recogidos en la anterior fase, se empezó a evaluar uno por uno, de la siguiente manera:

La entrevista realizada a la Junta Directiva del acueducto y las observaciones obtenidas durante el transcurso de la estadía, fueron recopiladas en una hoja de Word para su posterior análisis.

Respecto a los resultados de las encuestas, fueron transcritos a una hoja de cálculo de Excel para un mejor estudio, además estos se resumieron en tablas y gráficas para una mejor revisión. Con los anteriores datos y junto con los obtenidos en la entrevista, se pudo

determinar un número aproximado de habitantes del corregimiento, y el número promedio de habitantes por vivienda; además se estableció el nivel de complejidad y las dotaciones correspondientes, y teniendo en cuenta lo mencionado se pudo obtener los caudales que fueron comparados con la capacidad actual de la planta por medio del dimensionamiento de la misma.

Por otro lado, se tienen las inspecciones realizadas; respecto a la visita a la cuenca se obtuvo el caudal promedio que entra a la bocatoma actualmente; se pasó en hoja de Word y se analizó la información de la cuenca, del estado de la bocatoma y de la tubería de aducción. En relación con el dimensionamiento de la planta, las medidas fueron pasadas al programa AutoCAD, dando como resultado un plano en perfil y en planta de cada etapa; también se revisó la prueba de lodos de los lechos filtrantes hecha en campo.

Por último, a nivel de laboratorio, se examinó cada una de las muestras obtenidas de los lechos filtrantes para poder obtener el tamaño predominante de ellas; para la primera capa del Filtro Lento en Arena se realizó una curva granulométrica obteniendo el coeficiente de uniformidad y el diámetro efectivo; los resultados registrados anteriormente fueron comparados con los recomendados por la literatura. Por otro lado, mediante equipos de laboratorio de la Universidad del Cauca, se determinó el color y turbiedad de la muestra de agua recolectada de la fuente “Lavapiés”.

### **5.3 Diagnóstico y recomendaciones**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la fase II, se determinó cuáles eran las fallas actuales del sistema y se propuso los ajustes correspondientes, además se recomendaron programas que faciliten la correcta operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento.

## 6. ASPECTOS GENERALES

### 6.1 Localización

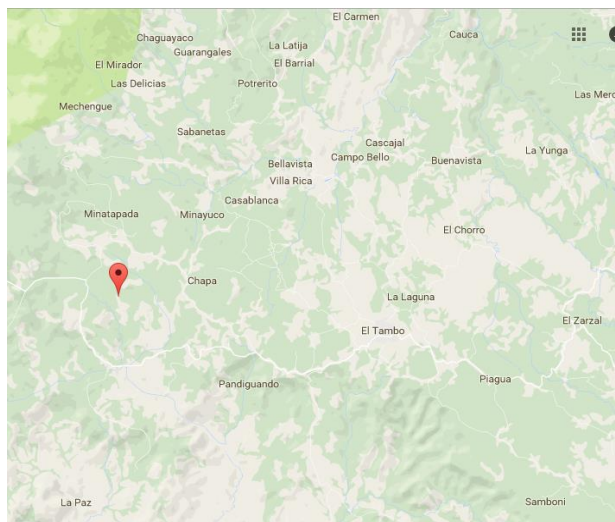
El corregimiento de Fondas pertenece al municipio El Tambo – Cauca.

El Tambo, se ubica a 33 kilómetros de Popayán, capital del departamento. Debido a lo amplio de su territorio se ha dividido en tres grandes regiones de acuerdo con su geografía, enmarcándolas dentro de límites topográficos o divisorias de agua: Región Alto Cauca, Región Río Patía y Región Río Micay (Alcaldía Municipal, 2016).

En la primera región, se encuentra la zona de objeto, el corregimiento de Fondas, con un área de 98.21 Km<sup>2</sup>; Latitud: 2.49159 y Longitud: -76.9142. Según la Junta Comunal, se distribuye en 5 sectores siendo el Centro la zona más grande; seguido de la Cabecera, Recuerdo, Bella vista y por último Altos de Villa al Mar.



a. El tambo



b. Fondas

**Figura 1.** Ubicación geográfica

### 6.2 Vías de acceso

Una red terciaria comunica al corregimiento de Fondas con el municipio de El Tambo. En transporte vehicular hay 16 Km y en tiempo aproximadamente 60 minutos (Alcaldía Municipal, 2012). Debido a las condiciones de la carretera, el servicio de transporte es prestado por vehículos livianos de servicio público, compuestos en su mayoría por camperos y camionetas con rutas definidas y frecuencias diarias.

### **6.3 Educación**

El Instituto Técnico Agropecuario y Forestal Smurfit Kappa Cartón de Colombia de El Tambo (ITAF) fue creado en 1987 para contribuir con la formación integral de los niños y jóvenes; educación centrada en principios y valores y apoyada en los avances científicos, técnicos y tecnológicos pertinentes al sector agrícola, pecuario y forestal.

Cuenta con otro centro educativo, Escuela Rural Mixta el Cirueral Fondas, ubicado en el caserío de Fondas (CRC, 2003).

### **6.4 Economía**

Se encuentran actividades consumidoras del recurso tierra, como agricultura, ganadería y un poco de extracción minera, lo anterior a pequeña escala. Sin embargo, su economía principal depende del comercio, localizado en el sector Centro de Fondas.

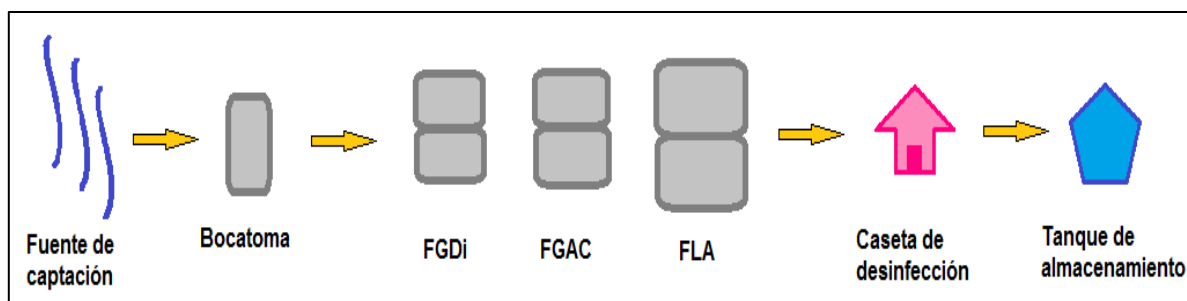


## 7. RESULTADOS

### 7.1 Esquema del sistema de tratamiento de agua

El sistema está compuesto por tres pares de unidades: Filtro Grueso Dinámico (FGDi), Filtro Grueso Ascendente en Capas (FGAC) y Filtro Lento en Arena (FLA). Adicionalmente una bocatoma, una caseta de desinfección y un tanque de almacenamiento de agua tratada, (Figura 2).

Fue construido en el 2002, seis meses después dejó de funcionar y actualmente está sin prestar servicio y en condiciones deplorables.



**Figura 2.** Esquema general de sistema de tratamiento de agua potable

### 7.2 Reunión con la Junta Directiva:

El 23 de mayo de 2016, se realizó una reunión con la Junta Directiva del acueducto del corregimiento de Fondas, a la cual asistieron el señor Leoncio Manrique (presidente), la señora María Helena Galeano (vicepresidente); además estuvo el Señor Maximiliano Idrobo (Fontanero), Ana Teresa Galeano (Secretaria de la Junta comunal) y la Ingeniera Lorena Astudillo de la Fundación Smurfit Kappa Cartón de Colombia, los cuales fueron entrevistados utilizando el formato que se presenta en el ANEXO 3. La siguiente información se obtuvo de reunión:

La asociación se legalizó el 05 de marzo de 1999 ante la Cámara de Comercio del Cauca como: “Asociación Comunitaria de usuarios del Acueducto de Fondas Villa al Mar municipio El Tambo Cauca” (ANEXO 4), la cual, actualmente no se encuentra actualizada. La junta está conformada por los siguientes miembros:

Leoncio Manrique – Presidente  
María Helena Galeano – Vicepresidente  
Miriam Cecilia Lame – Secretaria  
Modesto Pino – Tesorero  
Antonio Cardona – Fiscal

Se dispone de un fontanero, el señor Maximiliano Idrobo, quien no tiene una vinculación permanente, pero por labor realizada le retribuyen \$80.000.00; lo hace desde que inició a funcionar la planta en el año 2002.

Según estatutos, la Junta Directiva debe reunirse mensualmente, ellos lo hacen cada seis u ocho meses. Con la Asamblea General deben hacerlo semestralmente; donde se afirmó que era así. Legalmente el agua del acueducto es exclusivamente para uso doméstico.

Los libros de control de contabilidad y registro de usuarios no fueron proporcionados, sin embargo, manifestaron poseerlos. La secretaria de la Junta comunal manifestó que Fondas cuenta con 156 viviendas, de los cuales 140 están registrados como socios. Las expectativas de crecimiento de usuarios son altas, a la fecha cuentan con diez solicitudes en espera, esto se debe según ellos, al caudal insuficiente de la cuenca, por tanto, están en busca de una fuente más abundante, para ofrecer y garantizar un buen servicio del sistema de abastecimiento.

La cuota familiar según estatutos inició con un valor de \$500.00 mensuales; después ascendió a \$1.000.00 y actualmente pagan \$2.000.00; valores fijados por acuerdo común entre la Asamblea General con ningún tipo de asesoramiento.

Respecto a la morosidad, se manifestó que a la fecha hay un total de veinte usuarios atrasados en el pago por más de un año. La Junta Directiva tomó acciones para contrarrestar la situación, intentando cortar el servicio, pero los usuarios lo impidieron a toda costa. El valor de conexión actual es de \$200.000.00; el costo de reconexión nunca se estableció, aunque los estatutos lo contemple.

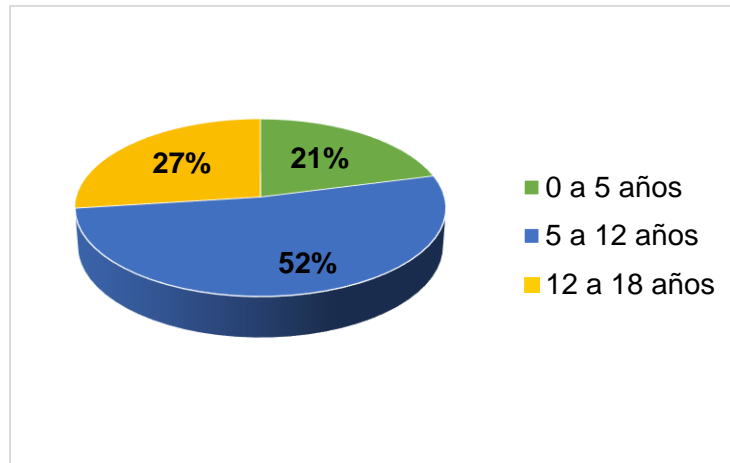
Cabe aclarar, que en ningún momento desde la creación de la asociación se recibió alguna clase de capacitación referente al sistema de potabilización de agua, además, se debe tener en cuenta que el nivel de escolaridad de la junta es mínimo. No se han implementado programas de concientización; hasta el momento se han hecho charlas y recomendaciones. Los estatutos de conformación se encuentran en el ANEXO 8.

### **7.3 Encuesta a la comunidad de Fondas**

Se realizaron 30 encuestas (ANEXO 1), cada una con diez preguntas con el fin de investigar sobre consumo y uso de agua potable; se efectuó aleatoriamente, abarcando las cinco zonas del corregimiento: Cabecera, Recuerdo, Bella Vista, Altos de Villa al Mar y Centro.

Se tabuló la información recopilada, la cual arrojó los siguientes resultados:

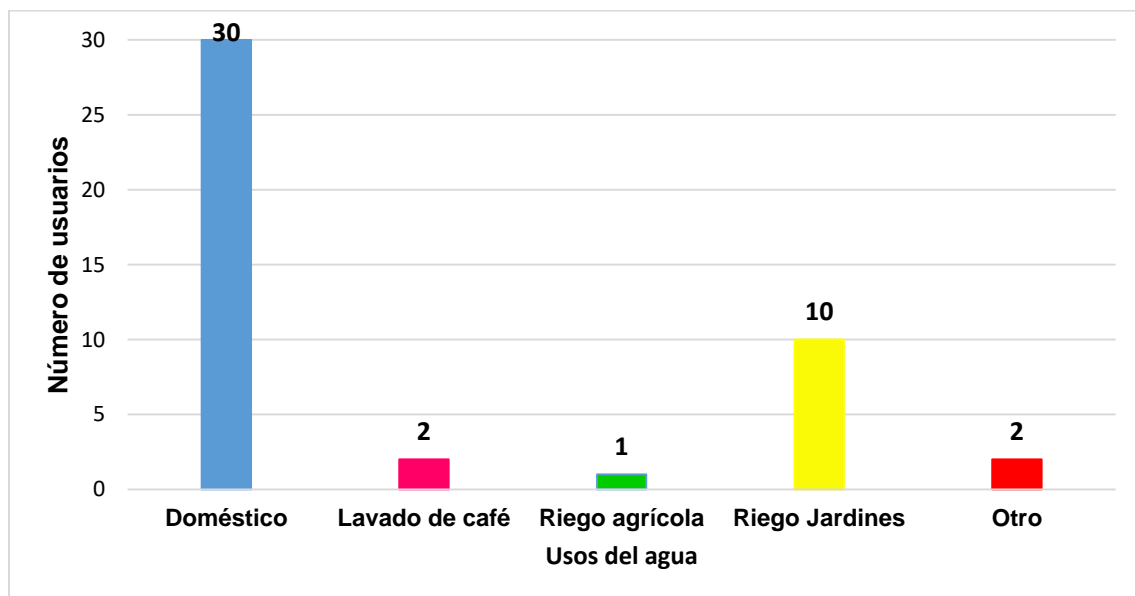
En primera instancia, se encontró que por vivienda existe un promedio de 4,3 personas. En las treinta viviendas hubo un total de 48 menores de edad. Más de la mitad está entre los 5 a 12 años de edad, como lo demuestra la figura 3. Cabe destacar, que los niños menores a cinco años, son lo más vulnerables a enfermedades transmitidas por el agua contaminada.



**Figura 3.** Clasificación por edad, menores a 18 años.  
Fuente: Propia

Por otro lado, los usos dados al agua, se agruparon en cinco clasificaciones; donde se evidenció un uso del 100% doméstico, es decir, de un total de 30 usuarios encuestados, todos utilizan parte del agua en esta clasificación; es un resultado coherente, porque el sistema de abastecimiento fue diseñado para este tipo de consumo. Respecto a Riego de jardines, 10 usuarios lo hacen. Sin embargo, en la clasificación de Lavado de café y Riego agrícola, tan solo 2 y 1 usuarios respectivamente lo realizan; aunque sean pocos consumidores hay que destacar la cantidad que se gasta en estas actividades.

El resto de usos se dan en menor proporción, como lo ilustra la figura 4. Por ejemplo, a establecimientos de lavado de carros.



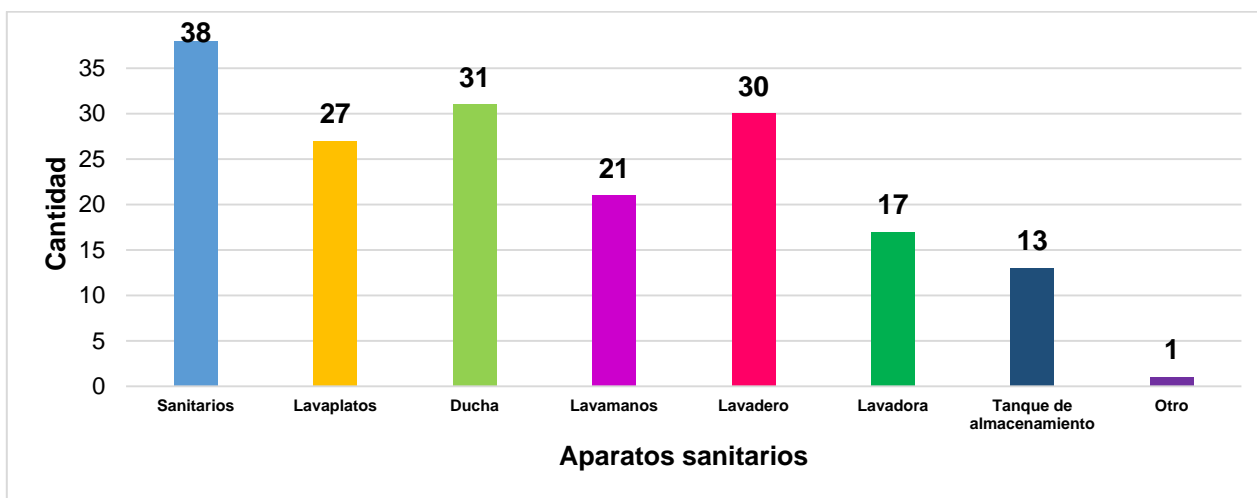
**Figura 4.** Usos del agua

Fuente: Propia

En relación a los aparatos sanitarios hay 5,93/vivienda, aproximadamente 6 unidades por hogar; es un número alto para ser de zona rural, debido a que es un valor característico

del sector urbano, por tanto, basado en el RAS 2000 título A3, se clasificó como nivel socioeconómico medio. Prueba de lo anterior es el uso de lavadora, de 30 usuarios 17 tienen este artefacto en su hogar, valor alto para pertenecer a zona rural.

Como se observa en la figura 5, hay más de 30 duchas y sanitarios, con un valor de 31 y 38 respectivamente, es decir, algunos usuarios tienen más de una ducha y/o baños en sus casas. Por otro lado, 17 de 30 consumidores tienen tanques, lo cual evidencia la precaución que toman respecto a discontinuidad en la prestación del servicio. Finalmente, un hogar contó con otro tipo de aparatos como albercas. Y en relación a lavaplatos y lavamanos, no todos los hogares cuentan con estos aparatos.



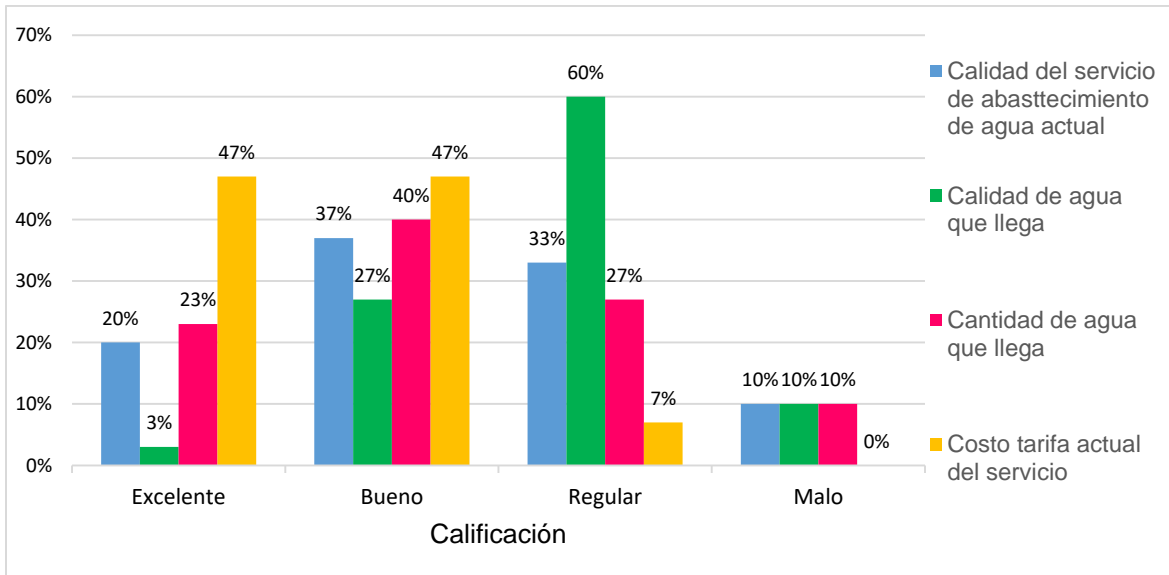
**Figura 5.** Aparatos sanitarios

Fuente: Propia

El nivel de conformidad respecto al servicio de abastecimiento de agua actual, está dividido; mayoritariamente está entre bueno y regular con 37 y 33% respectivamente, esto indicó que hay fallas en la prestación de este servicio. Factores que influyen en lo anterior son varios: calidad, cantidad, continuidad y cuota familiar. (Figura 6)

No hay una percepción clara de la calidad del agua, más de la mitad de usuarios, con un 60% lo consideran regular. Similarmente pasa con la cantidad, los porcentajes están distribuidos desde excelente a malo; en el recorrido de la encuesta se observó que algunos sectores, como Altos de Bella Vista y Villa al Mar manifestaron que les llegaba poca agua; así como otros sectores dijeron que era buena. El último sector está asentado en zona de alto riesgo por movimientos en masa; razón por la que no están matriculados, no obstante, cuentan con el servicio.

Con una cuota familiar actual de \$2.000.00 mensual, el grado de comodidad es alto: 47% excelente y 47% bueno; es un valor de bajo costo, considerando que se paga este valor independientemente del volumen consumido de agua. (Figura 6)



**Figura 6.** Nivel de satisfacción de los usuarios

Fuente: Propia

A pesar de ser un valor bajo y fácil de pagar, los resultados demuestran lo contrario, la mayoría con un 87% lo hacen cada seis meses o anualmente. Los usuarios carecen de una buena cultura de pago; al punto de haber un 7% que nunca lo hacen, según la (Tabla 1).

Al poner nuevamente en funcionamiento la planta de tratamiento de agua, la cuota familiar aumentaría para poder suplir los gastos de administración, operación y mantenimiento. De acuerdo a lo anterior, 80% acepta un nuevo valor que esté entre \$ 3 – 5 mil pesos, en otras palabras, un aumento máximo de \$3.000.00 al valor actual. Indirectamente se infirió que la comunidad no está de acuerdo en la implementación de micro medición, porque piensan que el precio por el servicio se incrementaría.

Un 86% de usuarios aseguró que hay una continuidad del servicio mayor a 10 horas al día, sin embargo, se presentó viviendas donde es de 2 – 6 y 6 – 10 horas, con 7 y 7% respectivamente; por ende se reveló que la situación no es igual en todos los sectores. (Tabla 1)

**Tabla 1. Resultados encuesta a los usuarios**

¿Cada cuánto paga por el servicio de agua?					Si la planta de tratamiento se pone en funcionamiento nuevamente ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar mensualmente por este servicio?					¿Cuántas horas al día hay servicio de agua en su hogar?				
Mensual	2 meses	3 meses	Más de 6 meses	Nunca	Menos de \$2000	\$2000 - \$3000	\$3000 - \$5000	\$5000 - \$8000	Más de \$8000	Menos de 2h	2 a 6 horas	6 a 10 horas	10 a 18 horas	Más de 18 horas
0%	0%	7%	87%	7%	0%	10%	80%	10%	0%	0%	7%	7%	30%	56%

## 7.4 Inspección sanitaria a la Cuenca

El día 18 de mayo del presente año, se realizó una visita a la fuente que abastece la comunidad de Fondas, exactamente en la bocatoma a 4 Km del corregimiento; esta visita se hizo en compañía del fontanero, el Señor Maximiliano Idrobo; el desplazamiento se efectuó por medio de un campero hasta la entrada de la bocatoma, a partir de ahí se tomó un camino de herradura para llegar al sitio, aproximadamente de medio kilómetro. La inspección del lugar como se dijo anteriormente, se realizó aplicando el formato suministrado por la Fundación Innovagen (ANEXO 2).

De forma general, se observó que esta cuenca no presenta impactos ambientales fuertes, la razón principal se debe a que se encuentra en zona cercana al Parque Natural Munchique, aunque no hace parte de éste, aún se encuentra conservada; donde la intervención humana, bovina y agrícola es escasa; además en su entorno, no hay alguna carretera que pueda suministrar sólidos suspendidos o lodos, solo existe un camino de herradura. Sería importante, que esta condición se mantuviera, por lo cual se recomienda que la extensión del parque aumente, de tal manera que permita la protección de esta cuenca.

### 7.4.1 Agua Cruda

El nombre de la quebrada por la cual la comunidad se abastece es “Lavapiés”, la cual se puede observar en la figura 7; según lo dicho anteriormente no cuenta con grandes impactos externos debido a su ubicación, estas características permitieron a la cuenca ser escogida por el corregimiento para satisfacer el caudal de la planta de tratamiento de agua potable en el año 2002.

Con relación a la calidad de agua, la Fundación Innovagen brindó la siguiente información acerca del estado microbiológico: Coliformes totales: 145 UFC/100mL y E. coli: 30 UFC/100mL y según análisis de laboratorio la turbiedad es de 2.62 NTU y presenta un color real de 6 UPC, las cuales son consideradas bajas, sin embargo, no se exenta de pasar por un tratamiento previo.



**Figura 7.** Fuente de captación: Quebrada Lavapiés

#### 7.4.2 Bocatoma

El tipo de bocatoma es lateral, no cuenta con un desarenador. Se compone por dos cámaras, la primera llamada “Cámara de quietamiento” y la segunda “cámara de derivación de carga”, a partir de ahí sale una tubería de conducción de 3” con una extensión aproximada de 500m que termina en el tanque de almacenamiento.

En cuanto al estado de toda la estructura, se encontró que en la entrada de la bocatoma existe una rejilla artesanal hecha con palos de madera y adicionalmente, una malla para evitar el paso de material que obstruya la tubería; como lo ilustra la Figura 8, además dentro de las cámaras se observó que había un escape y para taponarlo, se tenían costales (Figura 9); por otro lado, la tubería de conducción contiene algunas fugas que se pueden observar en la Figura 10.



a. Entrada a bocatoma

b. Rejillas artesanales

**Figura 8.** Agua cruda precedente a la bocatoma



**Figura 9.** Tubería averiada, bocatoma



**Figura 10.** Fuga tubería conducción

Un dato importante a considerar, es el caudal que la comunidad utiliza actualmente; por ello en la inspección sanitaria por medio del método volumétrico, se tomaron datos de volumen y tiempo en la entrada de la bocatoma, registrados en la tabla 2, arrojando un caudal promedio de 4.79 L/s. Se enfatiza que la medición se realizó en tiempo de verano, por tanto este valor corresponde aproximadamente a caudal mínimo.

**Tabla 2.** Medición de Caudal en la Bocatoma.

No.	Tiempo (s)	Volumen (L)	Caudal (L/s)
1	2,85	12	4,21
2	2,86	13	4,55
3	2,48	12	4,84
4	2,35	12,5	5,32
5	2,27	11,5	5,07
6	2,52	12	4,76
<b>Caudal Promedio</b>			<b>4,79</b>

## 7.5 Inspección sanitaria a la planta de tratamiento de agua

La última semana de la estadía en el corregimiento, se procedió hacer un levantamiento topográfico de la planta de tratamiento; durante 2 días se contrató mano de obra para poder desocupar los filtros y a medida de ello, se fue tomando muestras de los lechos filtrantes por capas y midiendo su grosor, al mismo tiempo se realizó la prueba de lodos. A continuación, se exponen los resultados obtenidos.

### 7.5.1 Filtro Grueso Dinámico

El FGD<sub>i</sub> (Figura 11) consiste básicamente de dos módulos operados en paralelo con flujo descendente, donde cada unidad contiene lechos de grava de tamaños variables, separados por capas, gruesa en el fondo a fina en la superficie. El agua cruda percola verticalmente a través del lecho y es colectado en el fondo por un sistema de drenaje que lo conduce a la siguiente etapa.



El sistema de drenaje es tipo peineta, con un tubo principal PVC Sanitaria de 3" y 5 laterales PVC sanitaria de 2", cada uno de estos con 2 hileras de 7 orificios de 1/2", separados a un ángulo de 90°.

La pérdida de carga se produce de forma gradual, cuando la calidad del agua cruda es normal y de manera acelerada ante un incremento brusco de sólidos en el agua; funcionando como una "válvula tapón" hasta que pasa el pico de turbiedad.



a. Vista en planta

b. Vista en perfil

**Figura 11.** Filtro Grueso Dinámico, Fondas.

### 7.5.1.1 Componentes

- Dos cámaras de filtración
- Lecho filtrante y de soporte
- Estructura de entrada y salida
- Sistema de drenaje
- Cámara de lavado
- Accesorios de regulación y control

### 7.5.1.2 Dimensiones

Las dimensiones superficiales del FGD<sub>i</sub> se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Dimensiones superficiales del Filtro Grueso Dinámico.

ÍTEM	FGDi 1	FGDi 2
Ubicación respecto la línea de flujo	Derecha	Izquierda
Largo (m)	2.55	2.55
Ancho (m)	1.10	1.10
Área superficial (m <sup>2</sup> )	2.81	2.81

En la figura 12 se detalla con más exactitud las dimensiones de este filtro.

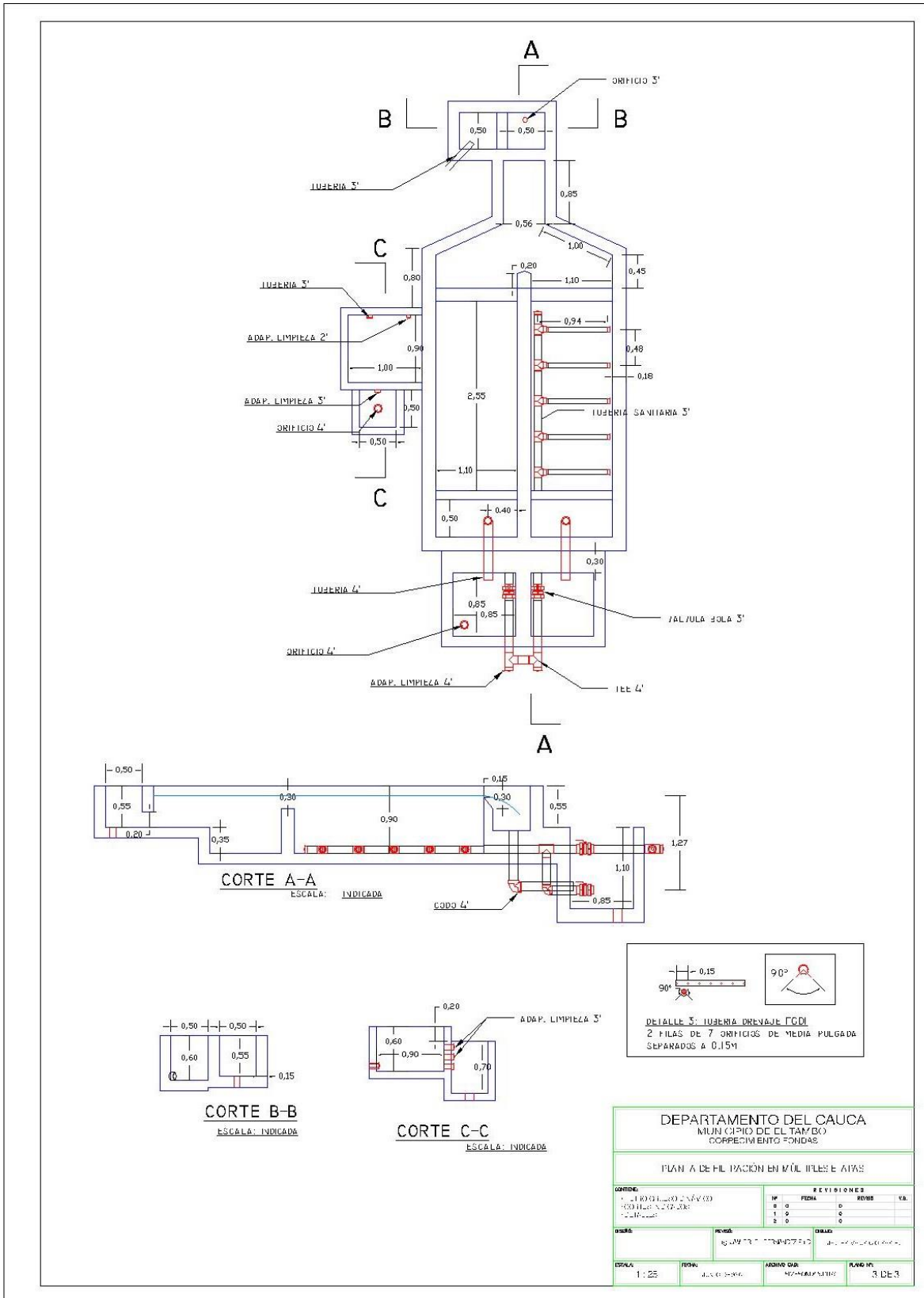


Figura 12: Levantamiento de plano: FGD.

### 7.5.1.3 Características del Lecho filtrante

En la tabla 4, se encuentran los resultados obtenidos sobre el tamaño predominante del lecho filtrante, el espesor de cada capa, y el promedio de contenido de lodos; respecto a este último cabe aclarar que solo se realizó en la capa superior de las 2 líneas, en 3 puntos diferentes.

**Tabla 4.** *Propiedades del lecho filtrante del Filtro Grueso Dinámico.*

Posición	Tamaño predominante (")	Tipo	Altura (Cm)	Contenido de lodos (%)	
				Línea 1	Línea 2
Superior	3/32 – 3/64	Arena gruesa	10	6.5	2.09
Intermedia	3/4 – 1/2	Grava	20	-	-
Inferior, fondo	3/4 – 1/2	Grava	30	-	-

### 7.5.2 Filtro Grueso Ascendente en Capas (FGAC)

El FGAC (Figura 13) está conformado por dos módulos, cada uno contiene lechos de grava de diferente tamaño, en el rango de gruesa en el fondo, a fina en la superficie. El agua proveniente del FGD<sub>i</sub>, atraviesa verticalmente los lechos en forma ascendente, favoreciendo la acumulación de sólidos en el fondo del filtro, donde se localiza el sistema de drenaje; posteriormente el agua filtrada pasa a la siguiente unidad.

El sistema de drenaje es tipo peineta, compuesto por una tubería principal de 4" en PVC sanitaria, de ésta se derivan 5 tubos laterales PVC sanitaria de 3", cada uno de estos con dos líneas de 26 orificios de 1/2", con una separación de 90°.



a. Vista en planta

b. Sistema de drenaje

**Figura 13.** Filtro Grueso Ascendente en Capas, Fondas.

### 7.5.2.1 Componentes

- Dos cámaras de filtración
- Lecho filtrante
- Estructuras de entrada y salida
- Sistema de drenaje
- Cámara de lavado
- Accesorios de regulación y control

### 7.5.2.2 Dimensiones

Las dimensiones superficiales de las unidades se presentan en la siguiente tabla, mientras que la figura 14 se presenta en detalle las dimensiones de las unidades.

**Tabla 5.** Dimensiones Superficiales del Filtro Grueso Ascendente en Capas

Item	FGAC 1	FGAC 2
Largo (m)	4	4
Ancho (m)	3	3
Área superficial (m <sup>2</sup> )	12	12

### 7.5.2.3 Características del lecho filtrante

Al igual que el anterior filtro, se realizó prueba de lodos, se midió el grosor de cada capa y a nivel de laboratorio se encontró el tamaño predominante de las partículas muestreadas (Tabla 6).

**Tabla 6.** Propiedades del lecho filtrante del Filtro Grueso Ascendente en Capas.

Posición	Tamaño predominante (")	Tipo	Altura (Cm)	Contenido de lodos (%)	
				Línea 1	Línea 2
Superior	0.0117 - 0.0059	Arena fina	20	4.26	2.77
Intermedia superior	3/16 – 3/32	Grava fina	10	-	-
Intermedia inferior	3/8 – 3/16	Grava fina	15	-	-
Inferior, fondo	1 ½ – 1.0	Grava gruesa	40	-	-

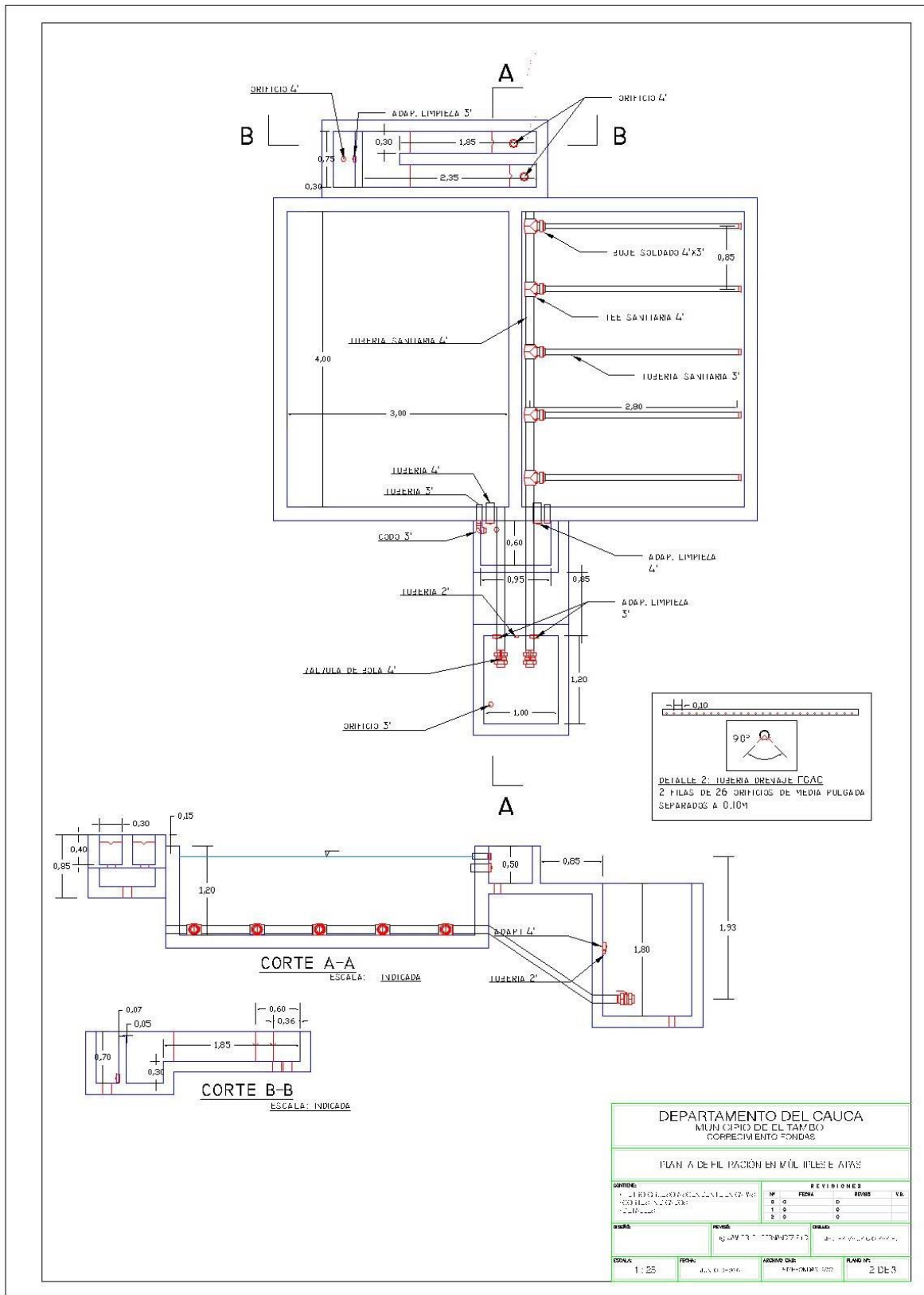


Figura 14: Levantamiento de plano: FGAC.



### 7.5.3 Filtros Lentos en Arena

El agua del FGAC llega a los dos módulos del FLA, éstos contienen lechos de grava en el fondo y arena fina en la parte superior; el agua atraviesa lentamente en forma descendente. En la parte superior del lecho se crea una película biológica (material orgánico e inorgánico retenido y variedad de microorganismos activos biológicamente). Lo anterior mejora considerablemente la calidad, al eliminarse la turbiedad y reducir considerablemente los microorganismos patógenos. Con el tiempo se colmata, por tanto, es necesario realizar un pequeño raspado para limpiarlo.

La Figura 15, es evidencia del deterioro del filtro, como se observa, el módulo dos está totalmente lleno de vegetación y renacuajos.

El sistema de drenaje está compuesto por una tubería principal PVC sanitaria de 4", de donde se derivan 5 laterales PVC sanitaria de 3", cada uno con dos líneas de 36 orificios de 1/2", separados 90°.



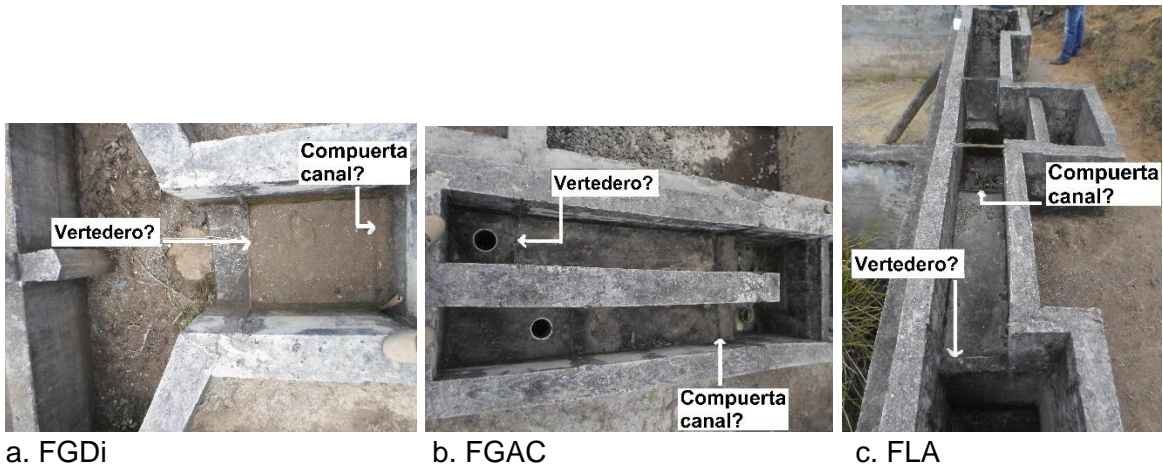
a. Vista en planta



b. Módulo dos

**Figura 15.** Filtro Lento en Arena, Fondas.

Se observó la falta del vertedero, reglilla y compuerta canal, en las tres unidades. Estos componentes son importantes para la medición y control del caudal. La figura 15 demuestra este hecho; por tanto, es indispensable instalarlos nuevamente. Esta situación sucedió por la falta de un cerramiento para proteger el sistema de personas ajenas a su manipulación.



a. FGDí

b. FGAC

c. FLA

**Figura 16.** Ubicación del vertedero y compuerta canal faltante en los tres filtros.

### 7.5.3.1 Componentes

- Dos cámaras filtrantes
- Lechos filtrantes
- Estructura de entrada y salida
- Sistema de drenaje
- Accesorios de regulación y control
- Cámara de desagüe

### 7.5.3.2 Dimensiones

Las dimensiones de este filtro, se observan en la tabla 7, mientras que en la figura 17 se puede detallar cada componente.

**Tabla 7.** Dimensiones superficiales del Filtro Lento Arena.

Ítem	FGAC 1	FGAC 2
Largo (m)	5.5	5.5
Ancho (m)	4	4
Área superficial (m <sup>2</sup> )	22	22

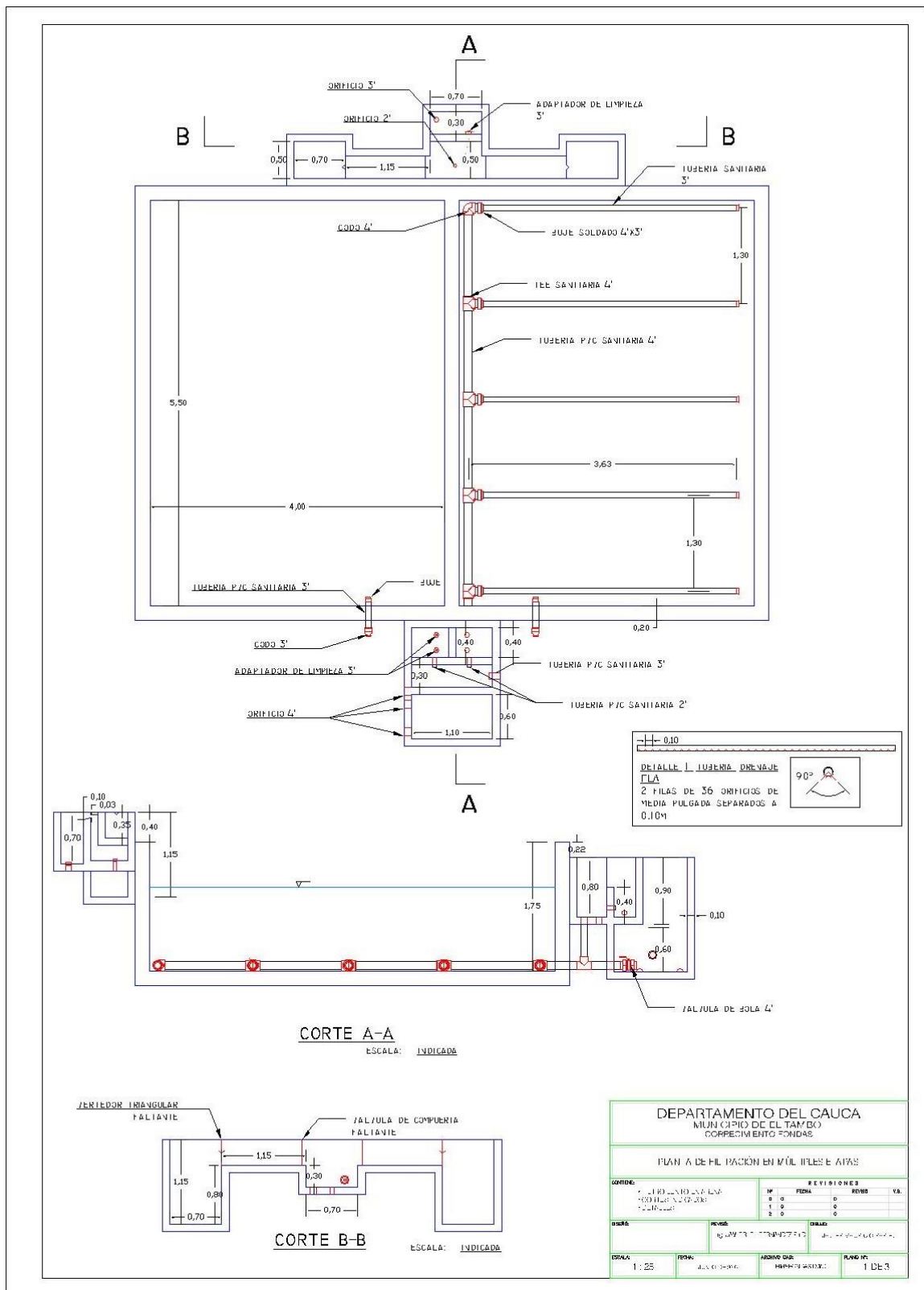


Figura 17: Levantamiento de plano: FLA.

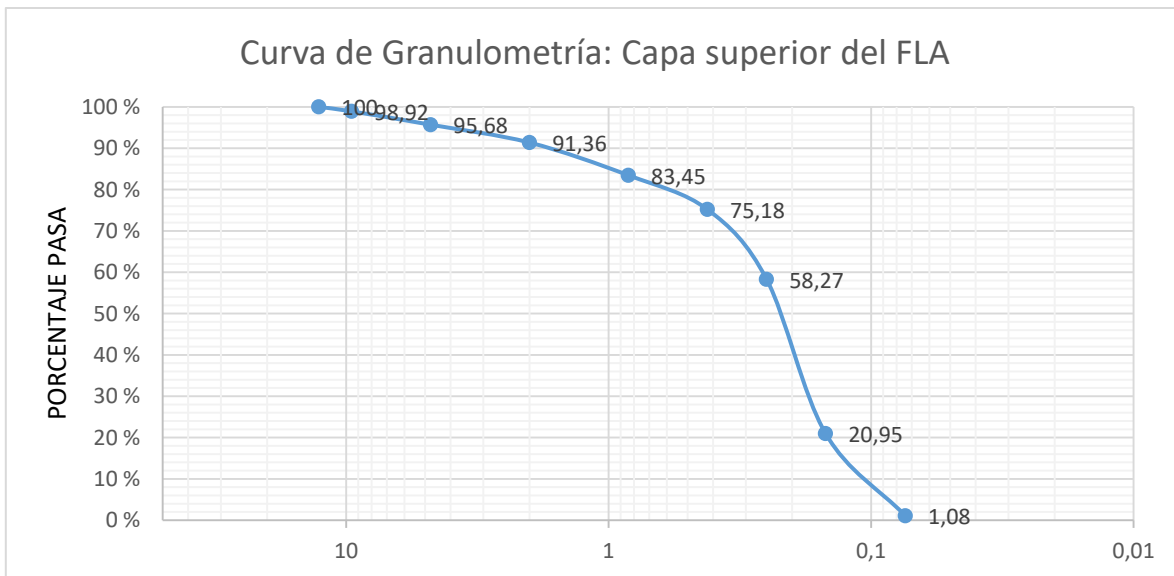


### 7.5.3.3 Características del lecho filtrante

En este filtro también se realizaron pruebas de lodos, se midió el grosor de cada capa y se encontró el tamaño de las muestras de grava para las 2 últimas capas (Tabla 8); y para la superior se realizó una curva granulométrica (Figura 18).

**Tabla 8.** Propiedades del lecho filtrante del Filtro Lento en Arena.

Posición	Tamaño predominante	Tipo	Altura (Cm)	Contenido de lodos (%)	
				Línea 1	Línea 2
Superior	D <sub>10</sub> : 0,13 mm Cu: 2,07	Arena fina	10	3.47	-
Intermedio	3/8 – 3/16"	Grava fina	15	-	-
Inferior, fondo	1/2 – 3/8"	Grava	20	-	-



**Figura 18.** Curva granulométrica de la capa superior del FLA.

En el FLA hay tres capas; a la primera se le realizó una prueba granulométrica: según la curva, posee un diámetro efectivo,  $d_{10}$  igual a 0.13 mm y un coeficiente de uniformidad,  $C_u$  de 2.07.

## 7.5.4 Otras estructuras

### 7.5.4.1 Caseta de desinfección

El proceso de desinfección se lleva a cabo en una caseta de 2,86m de largo y 1,70m de ancho; ésta se compone de una canaleta Parshall para mezclar el cloro, seguidamente para que se cumpla el tiempo de contacto (20 minutos), el agua pasa por siete tabiques de 1,15m de largo, distribuidos a lo largo de la caseta y finalmente llega al tanque de almacenamiento, se puede observar en la figura 19.



**Figura 19.** Caseta de desinfección

### 7.5.4.2 Tanque de almacenamiento

Existe un tanque de 50m<sup>3</sup> para almacenar el agua desinfectada y posteriormente ser distribuida por la red. Actualmente almacena el agua cruda que viene directamente de la bocatoma. El tanque cuenta con una cámara de lavado y salida. (Figura 20)



**Figura 20.** Tanque de almacenamiento de agua

## 8. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA

### 8.1 Selección tecnología FiME

- **Calidad de agua cruda**

La clasificación de la calidad del agua para consumo humano se determina con base en tres parámetros básicos: turbiedad, color real y coliformes fecales. (Lloyd y Helmer; 1991), tal como se presenta en la tabla 9.

**Tabla 9.** Rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para orientar la selección de opciones de FiME

RANGO	NIVEL PROMEDIO		
	Turbiedad (UNT)	Color real (UCP)	Coliformes fecales (UFC/100mL)
Bajo	< 10	< 20	< 500
Intermedio	10 – 20	20 – 30	500 – 10000
Alto	20 – 70*	30 – 40**	10000 – 20000

\*Promedios superiores a este nivel requieren una investigación más profunda, particularmente en tamaño y distribución de partículas, que pueden tener un gran impacto sobre la eficiencia de FiME.

\*\*Es conveniente efectuar estudios de tratabilidad a escala piloto, para establecer la viabilidad de tratamiento con FiME.

La quebrada “Lavapiés”, según resultados obtenidos (Turbiedad: 2.62UNT, Color real: 6 UPC, E. Coli: 30UFC/100mL) y según Tabla 9, obtuvo un rango Bajo, lo cual demostró que la fuente se encuentra en zona cercana a áreas protegidas (en este caso al Parque nacional natural Munchique) libre de intervenciones humanas, de uso agrícola y pastoreo.

- **Selección de alternativa FiME**

Con base en lo anterior, se estableció la siguiente guía (Tabla 10) para la selección de alternativas de tratamiento de FiME (Galvis et al., 1998).

**Tabla 10. Modelo para la selección de un sistema FiME\***

Coli Fecal (UFC/100mL)	Turbiedad (UNT) Color real (UPC)	<10	10 -20	20 -50	50-70**
		<20	20 –30	30 -40	30-40**
<500		Sin FGA	FGAC <sub>0.6</sub>	FGAC <sub>0.45</sub>	FGAS3 <sub>0.3</sub>
500 -10000		FGAC <sub>0.6</sub>	FGAC <sub>0.6</sub>	FGAC <sub>0.45</sub>	FGAS3 <sub>0.3</sub>
10000 – 20000**		FGAC <sub>0.6</sub>	FGAC <sub>0.45</sub>	FGAC <sub>0.45</sub>	FGAS3 <sub>0.3</sub>

\*Todas las opciones incluyen FGD<sub>i2.0</sub> y FLA<sub>0.15</sub>. El subíndice indica la velocidad de filtración recomendada en m/h

\*\*Para valores superiores, se recomienda realizar estudio en planta piloto.

Clasificación de fuentes según el rango de calidad:

Bajo	
Medio	
Alto	

FGDi - Filtro Grueso Dinámico

FGAC - Filtro Grueso Ascendente En Capas

FGAS3 - Filtro Grueso Ascendente En Serie (3 etapas)

FLA - Filtro Lento Arena

Hay tres opciones de alternativas:

- FGDi + FLA
- FGDi + FGAC + FLA
- FGDi + FGAS + FLA

El tratamiento mínimo para aguas superficiales de rango bajo, corresponde a la combinación a) opción ideal para tiempos de verano, sin embargo, a lo largo del año se presentan periodos de lluvia que aumentan la turbiedad, lo cual implica la incorporación de otra unidad, un FGAC. Resaltando que un FGAS requiere más área y mayor inversión.

Para los niveles de contaminación de la quebrada “Lavapiés” con base en los criterios de selección de tecnología FiME, la combinación de FGDi + FGAC + FLA, fue una buena solución de tratamiento propuesta.

## 8.2 Capacidad del sistema

Al diseñar un sistema de abastecimiento de agua, el factor más importante por definir hace referencia a la capacidad de la planta de tratamiento, en otras palabras, a la cantidad de agua total requerida por día o demanda máxima diaria. (Raman, Paramasivam, Heijnen, Visscher; 1992). Este parámetro depende: del periodo de diseño, número de habitantes y cantidad de agua que se va a suministrar por persona al día.

### 8.2.1 Periodo de diseño

Según resolución 2320/2009 se adoptó un periodo de diseño máximo de **30 años**.

### 8.2.2 Población

- **Actual**

Para encontrar el valor aproximado del número de personas en el corregimiento de Fondas, se utilizaron dos métodos:

a) Según datos obtenidos por las encuestas realizadas

$$P = pN$$

P: Población actual

p: Promedio habitantes por vivienda

N: Número de viviendas

$$P = 4.3 * 156 = 671 \text{ hab}$$

b) Según información de la Junta Directiva: Hay aproximadamente 750 habitantes.

Como no se contó con un estudio demográfico de la región, se decidió adoptar el valor más crítico: **750 habitantes**.

- **Futura**

Se utilizó el método Geométrico recomendado por el RAS 2000, título B.2.2 (Estimación de la población)

Tasa de crecimiento en la zona rural El Tambo: 0.14% del año 2013 (PNUD, 2015).

$$P_f = P(1 + r)^T$$

Pf: Población futura

P: Población actual

T: Periodo de diseño (años)

r: tasa crecimiento anual (decimal)

$$P_f = 750 * (1 + 0.0014)^{30} = 782 \text{ hab}$$

Como población de diseño se tomó **782 hab**.

### 8.2.3 Demanda per cápita de agua

- **Nivel de complejidad**

Según el RAS 2000, título A.3.1 (Niveles de complejidad del sistema); por población el corregimiento clasifica en Bajo, sin embargo, en las observaciones hechas en campo (resultados de las encuestas), esta población tiene características de zona urbana; por ende se seleccionó un nivel de complejidad: **Medio**. (Figura 21).

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana <sup>(1)</sup> (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios <sup>(2)</sup>
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

**Figura 21.** Asignación del nivel de complejidad.

- **Dotación neta máxima**

El Tambo tiene una altura promedio de 1.745 metros sobre el nivel de mar (Alcaldía Municipal, 2016); de acuerdo a la figura 22 (resolución 2320/2009) se tomó una dotación neta máxima de **115 L/hab.d**

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Frio o Templado (L/hab·día )	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/hab·día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

**Figura 22.** Asignación dotación neta máxima

- **Porcentaje de pérdidas**

Según resolución 2320/2009 se adoptó una pérdida máxima del **25%**.

- **Dotación bruta**

$$dotación\ bruta = \frac{Dotación\ neta\ máxima}{1 - \%Pérdidas}$$

$$dotación\ bruta = \frac{115}{1 - 0.25} = 153.3\ L/hab.d$$

- **Caudal medio diario**

$$Qmd = \frac{dotación\ bruta * P}{86400}$$

Qmd: Caudal medio diario (L/s)  
 P: Población actual  
 Dotación bruta (L/hab.d)

$$Qmd = \frac{153.3 * 782}{86400} = 1.39 \text{ L/s}$$

- **Caudal máximo diario**

$$QMD = Qmd * k$$

QMD: Caudal máximo diaria (L/s)  
 Qmd: Caudal medio diario (L/s)  
 k: Coeficiente de consumo máximo diario (Figura 23)

$$QMD = 1.39 * 1.3 = 1.81 \text{ L/s}$$

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario - k <sub>1</sub>
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

**Figura 23.** Asignación coeficiente de consumo máximo diario

Se realizó el anterior procedimiento con la población actual. Los resultados se muestran en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Parámetros actual y futuro.

PARÁMETRO	ACTUAL	FUTURO
Población	750	782
QMD (L/s)	1.73	1.81

Estos resultados quieren decir, que la planta de tratamiento de agua, actualmente, debe tener la capacidad de operar con un caudal de 1.73L/s, y con 1.82L/s para cuando se cumpla el periodo de diseño.

Sin embargo, la comunidad reportó que existe población flotante, la cual no fue posible establecer en número, ni en días de permanencia. Esta se debe principalmente a la actividad minera que hay en la región. En este sentido, si se asume una población flotante equivalente al 10% de la población futura (78 personas), el caudal podría aumentar hasta 1.53 L/s, aun así, la planta tendría la capacidad suficiente.

La demanda que requiere la comunidad es relativamente baja, sin embargo, la cantidad captada en la fuente de abastecimiento es de 4.79L/s, cabe aclarar, que en el presente trabajo se asume que el caudal de la bocatoma es aproximadamente el mismo que llegaría a la planta de tratamiento, debido a que esta no fue posible ponerla en funcionamiento por sus condiciones actuales.

## 8.3 Revisión de los criterios de diseño

### 8.3.1 Área superficial por unidad

El área de cada unidad de la planta de tratamiento de agua, según recomendaciones por (Galvis et al., 1999), correspondieron a un dimensionamiento adecuado teóricamente, como lo muestra la tabla 12.

**Tabla 12.** Área superficial por cada unidad

ÁREA (m <sup>2</sup> )	FGDi	FGAC	FLA
Fondas	2.81	12	22
Recomendada	< 10	< 20	< 100

### 8.3.2 Velocidad de filtración

Se realizaron los cálculos con el caudal de diseño, en otras palabras, con el caudal futuro hallado anteriormente.

- **FGDi**

$$Q = V * A$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

V: Velocidad filtración (m/h)

Q: Caudal (L/s)

A: Área superficial del filtro (m<sup>2</sup>)

$$V = \frac{1.82 \text{ L/s}}{5.62 \text{ m}^2} * \frac{3600}{1000} = 1.17 \text{ m/h}$$

El procedimiento anterior se realizó con el FGAC y FLA ilustrado en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Velocidad de filtración de cada unidad

VEL. FILTRACIÓN (m/h)	FGDi	FGAC	FLA
Fondas	1.17	0.27	0.15
Recomendada	2 – 3	0.3 – 0.6	0.1 – 0.3



Según Tabla 13, el FGD<sub>i</sub> y FGAC están por debajo de la velocidad recomendada; esto no quiere decir que esté mal, al contrario: al poseer áreas grandes, manejan velocidades pequeñas, debido a que son inversamente proporcionales; lo que permite aumentar el caudal a medida que la demanda también aumenta. Se recomiendan velocidades de filtración bajas para que los filtros, sobretodo el FGD<sub>i</sub> se proteja de picos de turbiedad y no colmaten el sistema (Galvis & Latorre, 1999). La Tabla 14, ilustra la idea anterior:

**Tabla 14.** Velocidad de filtración según caudal futuro

Año	Población futura	Q futuro (L/s)	Velocidad filtración (m/h)		
			FGDi	FGAC	FLA
0	750	1,73	1,11	0,26	0,14
5	755	1,74	1,12	0,26	0,14
10	761	1,75	1,12	0,26	0,14
15	766	1,77	1,13	0,26	0,14
20	771	1,78	1,14	0,27	0,15
25	777	1,79	1,15	0,27	0,15
30	782	1,80	1,16	0,27	0,15
35	788	1,82	1,16	0,27	0,15
40	793	1,83	1,17	0,27	0,15
45	799	1,84	1,18	0,28	0,15
50	804	1,86	1,19	0,28	0,15
-	1574	3,63	2,33	0,54	0,30

Según la anterior tabla, la unidad limitante es el FLA, al ser el primero en llegar al límite superior de velocidad de filtración recomendada (0.3m/h), pues a esta velocidad de filtración la eficiencia de remoción del filtro se reduce y se modifican las rutinas de mantenimiento aumenta peligrosamente su frecuencia (Latorre, 1994); sin embargo, como se observa en la tabla 14, esto sucede cuando la población es de 1574 habitantes. Por tanto, hubo un sobredimensionamiento de las unidades filtrantes; y respecto al caudal necesario (3.63L/s) se concluyó que la fuente de captación sigue teniendo la capacidad de suplir la demanda, debido a que cuenta con un caudal de 4.79L/s.

Partiendo de la velocidad de filtración, la FIME tiene la capacidad de operar perfectamente durante 30 o más años; pues una velocidad baja aumenta la calidad bacteriológica del agua tratada y permite una mayor remoción de virus (Galvis & Visscher, 1987). También se analizó, la posibilidad de que la planta opere con el actual caudal de la bocatoma:

**Tabla 15.** Velocidad de filtración según caudal consumido

Caudal (L/s)	Velocidad de filtración (m/h)		
	FGDi	FGAC	FLA
4,79	3,14	0,74	0,40

El caudal actual de la quebrada “Lavapiés” entra totalmente a la bocatoma, sigue por la tubería de conducción hasta llegar directamente al tanque de almacenamiento y de ahí es distribuida hasta la comunidad. Según la Junta Directiva, no pueden ampliar el servicio, debido al bajo caudal que llega. La tabla 15, demostró que la planta no tiene la capacidad de operar un caudal de 4,79L/s, porque con este valor, la velocidad de filtración sobrepasa los límites superiores recomendados, por ende, el proceso de filtración no se lleva a cabo correctamente. Lo anterior evidenció fallas en el sistema: uso irracional del agua, conexiones fraudulentas, uso en actividades no domésticas y/o daños en la red de distribución.

El caudal máximo que soporta la planta para que funcione sin grandes limitaciones en la producción de calidad de agua es 3,63L/s (tabla 14), lo cual equivale a una población de 1574 habitantes; actualmente, el caudal abastecido es 4,79L/s, el cual no logra abastecer a 750 personas, lo cual indica que existe un consumo muy por arriba del esperado, siendo necesario una mayor revisión de este punto.

### 8.3.3 Medio filtrante

Las siguientes tres tablas, muestran las recomendaciones realizadas por (Galvis et al., 1998) respecto a las características que deben tener los lechos filtrantes de cada unidad para lograr un buen funcionamiento del sistema.

**Tabla 16.** *Lecho filtrante FGD<sub>i</sub> (recomendado)*

Posición	Espesor capa (m)	Tamaño (")	Tipo
Superior	0,2	1/4 - 1/2	Grava
Intermedio	0,2	1/2 - 3/4	Grava
Inferior, fondo	0,2	3/4 - 1	Grava gruesa

**Tabla 17.** *Lecho filtrante FGAC (recomendado)*

Posición	Espesor capa (m)	Tamaño (")	Tipo
Superior	0,10 - 0,20	1/16 - 1/8	Arena gruesa
Intermedio superior	0,15 - 0,20	1/8 - 1/4	Grava fina
Intermedio	0,15 - 0,20	1/4 - 1/2	Grava
Intermedio Inferior	0,20 - 0,30	1/2 - 3/4	Grava
Fondo	0,3	3/4 - 1	Grava gruesa

**Tabla 18.** Lecho filtrante FLA (recomendado)

Posición	Espesor capa (m)	Tamaño	Tipo
Superior	0,80	D <sub>10</sub> : 0,15-0,3mm C <sub>u</sub> : 2-4	Arena fina
Intermedio Superior	0,05	3/64 – 1/16 "	Arena gruesa
Intermedio Inferior	0,05	1/8 - 1/4 "	Grava fina
Fondo	0,10 - 0,15	1/4 - 1/2 "	Grava

Se analizaron los resultados de la inspección de cada unidad filtrante:

El medio filtrante del FGD<sub>i</sub> está conformado por tres capas. La más fina se encuentra en la superficie y la más gruesa sobre el fondo de la unidad, cubriendo el sistema de drenaje o múltiple recolector. Tanto la grava de fondo como la intermedia funcionan como lechos de soporte, aunque existen evidencias de su contribución en la remoción de material suspendido (Latorre, 1994).

El FGD<sub>i</sub>, cumple con las tres capas que debe tener el lecho; sin embargo, la capa superior tiene un tamaño de partícula muy pequeño (arena gruesa), según tabla 16 debe ser grava. Lo anterior genera carreras de lavado muy cortas, haciendo molesto el trabajo del operador, ya que el filtro se va a taponar constantemente.

Con el FGAC pasa algo similar; la capa superior tiene el mismo tipo de partícula que el FLA (arena fina), esto implica una pérdida de carga grande en muy poco tiempo. Por tanto, es necesario cambiar esta capa, por partículas de mayor tamaño. En cuanto al número de capas, hay cuatro, una menos que la recomendada (Tabla 17); esto se debe a la baja contaminación fecal de la cuenca, por tanto, no es necesario tener una capa extra para contrarrestarlo.

El FLA cumple con los tamaños de partículas recomendados; aunque el grosor de la capa superior, de 10cm es muy pequeño, por ende, es necesario aumentar la altura, para que se lleven a cabo los procesos microbiológicos.

La selección del tamaño de los granos del medio filtrante es un factor crucial en el rendimiento del filtro; un tamaño efectivo con grano fino mejorará la eficiencia del proceso de tratamiento, aunque aumentará las pérdidas de carga inicial (Bellamy et al., 1985). La selección del tamaño y tipo de partícula de esta capa superior, según los resultados de la granulometría, fue adecuada, con un coeficiente de uniformidad de 2.07, cumpliendo con el rango recomendado (2 -4); caso contrario ocurre con el diámetro efectivo, el cual no se encuentra dentro del rango teórico, con un valor de 0.13mm es un poco pequeño respecto al límite inferior recomendado (0.15-0.30mm). Por tanto se tiene una capa uniforme con granos muy finos, generando carreras de lavado muy cortas. Ver tabla 18.

Para las tres unidades, la arena o grava en general debe estar limpia, en otras palabras, debe tener un porcentaje de lodos menor a 1%: por los años que lleva sin funcionar la

planta, hay sedimentos en los lechos, esto generó porcentajes de 2.09 a 6.5%; por tanto es necesario lavar todas las capas de cada unidad.

### 8.3.4 Sistema de drenaje

El sistema de drenaje en el FGD<sub>i</sub> y FGAC cumple dos funciones: recolectar el agua filtrada durante la operación normal de las unidades y permitir el lavado de fondo de los filtros. Para un adecuado funcionamiento las unidades deben generar una velocidad de lavado superior a 15 m/h e inferiores a 20 m/h. Por lo tanto, el sistema de drenaje debe permitir la evacuación de un caudal que permita manejar estas tasas de lavado. El FLA se limpia retirando 1 o 2 cm de la capa superior, al momento de cumplirse la carrera de lavado.

Cuando se lavan los filtros, el agua hace un recorrido desde el lecho, hasta la cámara de salida, en donde se produce una sumatoria de pérdidas, por válvulas, accesorios y tuberías recolectoras. Considerando esto se hallaron las pérdidas de carga durante el lavado al FGD<sub>i</sub> y FGAC, basadas en las siguientes ecuaciones:

- **Pérdida de carga durante el lavado**

a. Por orificios: h<sub>1</sub>

$$h_1 = \frac{1}{2g} * \left(\frac{Q_{lo}}{c * A}\right)^2$$

Q<sub>lo</sub>: Caudal de lavado por orificio

c: Coeficiente de orificios (0.61).

A: Área del orificio

b. En la tubería lateral: h<sub>2</sub>

$$h_2: 10.648 * Q^{1.85} * C^{-1.85} * D^{-4.87} * L/3$$

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s

D: Diámetro en pulgadas

L: Longitud de tubería en m

C: Coeficiente de pérdida de carga (140)

c. Buje: h<sub>3</sub>

$$h_3: \frac{0.4 * \Delta v^2}{2g}$$

ΔV: Diferencia de velocidad antes y después del buje

d. Codo o por cambios de dirección: h<sub>4</sub>, h<sub>10</sub>, h<sub>11</sub>

$$h_4: \frac{0.9 * v^2}{2g}$$

e. Tee: h<sub>5</sub> a h<sub>8</sub> (4 tees, para cada una de ellas se considera un caudal distinto y mayor al anterior)

$$h5 - 8: \frac{0.6 * v^2}{2g}$$

f. En tubería principal: h9

$$h9: 10.648 * Q^{1.85} * C^{-1.85} * D^{-4.87} * L$$

g. Válvula de apertura rápida: h12

$$h12 = \frac{0.3 * v^2}{2g}$$

h. Último tramo de tubería: h13

$$h13: 10.648 * Q^{1.85} * C^{-1.85} * D^{-4.87} * L$$

i. Por salida: h14

$$h14 = \frac{1.0 * v^2}{2g}$$

j. En lecho Filtrante: h15

Se considera una pérdida de carga máxima en el lecho sucio de 0.2 m.

- **Filtro Grueso Dinámico (FGDi)**

Los cálculos se hicieron por medio de Excel; los resultados se resumen en la tabla 19:

**Tabla 19.** *Perdidas de carga en el lavado del FGDi. (Condiciones reales) \**

<b>ACCESORIO</b>		<b>PERDIDAS DE CARGA (m)</b>
Por orificio	h1	0.125
Tubería lateral	h2	0.005
Buje 2*3	h3	0.004
Codo 90 -3	h4	0.006
Tee 3*3	h5	0.017
Tee 3*3	h6	0.038
Tee 3*3	h7	0.068
Tee 3*3	h8	0.106
Tubería principal	h9	0.039
Cambio de dirección	h10	0.158
Cambio de dirección	h11	0.158
Válvula de apertura rápida	h12	0.088
Último tramo	h13	0.079
Salida	h14	0.176
Medio Filtrante	h15	0.200
<b>Total</b>	<b>h<sub>T</sub></b>	<b>1.267</b>

\* Velocidad de lavado: 10,85m/h

De acuerdo al plano en perfil del FGD<sub>i</sub>, se admite una pérdida de carga real máxima de 1.27m. La tabla 19, muestra un total de pérdidas que cumple con este valor, el problema radica en la velocidad de lavado; la cual es de 10.85 m/h. Se considera muy baja y no permitiría remover los sólidos de los lechos completamente.

Para contrarrestar la anterior situación, se evaluaron cambios en el sistema de drenaje, como se presenta en la tabla 20:

**Tabla 20.** *Modificación teórica al sistema de drenaje, FGD<sub>i</sub>.*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>Actual</b>	<b>Recomendado</b>
Diámetro tubería principal (")	3	4
Diámetro de la tubería lateral (")	2	2
Nº de laterales	5	5
Nº de orificios	14	14
Velocidad de lavado (m/h)	10.85	17.5
Caudal de lavado (L/s)	8.47	13.66
Diámetro Válvula de apertura rápida (")	3	4

Se aumentó el diámetro de la tubería principal, de 3 a 4"; únicamente con este cambio se logró incrementar la velocidad de lavado a 17.5m/h. Valor que se encuentra en el rango recomendado (15-20 m/h); y a la vez satisface y cumple con 1,27m de pérdida de carga.

- **Filtro Grueso Ascendente en Capas (FGAC)**

La hoja de cálculo arrojó los siguientes resultados (Tabla21).

**Tabla 21.** *Pérdidas de carga en el lavado del FGAC. (Condiciones reales) \**

<b>ACCESORIO</b>		<b>PERDIDAS DE CARGA (m)</b>
Por orificio	h1	0.065
Tubería lateral	h2	0.014
Buje 3*4	h3	0.004
Codo 90 -4	h4	0.014
Tee 4*4	h5	0.038
Tee 4*4	h6	0.086
Tee 4*4	h7	0.153
Tee 4*4	h8	0.239
Tubería principal	h9	0.095
Cambio de dirección	h10	0.16
Cambio de dirección	h11	0.16
Válvula de apertura rápida	h12	0.199
Último tramo	h13	0.106
Salida	h14	0.399
Medio Filtrante	h15	0.200
<b>Total</b>	<b>h<sub>T</sub></b>	<b>1.932</b>

\* Velocidad de lavado: 6,8 m/h

En este caso, el FGAC tolera una pérdida máxima real de 1,93m y, según la tabla 21, con una velocidad de lavado de 6,8 m/h se cumple dicho valor. Por tanto, se evaluaron cambios en el sistema de drenaje, para aumentar la velocidad y así estar en el rango recomendado de 15-20m/h.

La tabla 22 muestra los cambios sugeridos:

**Tabla 22.** *Modificación teórica al sistema de drenaje, FGAC.*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUÉS</b>
Diámetro tubería principal (")	4	6
Diámetro de la tubería lateral (")	3	4
Nº de laterales	5	5
Nº de orificios	52	66
Velocidad de lavado (m/h)	6.8	15
Caudal de lavado (L/s)	22.67	50
Diámetro Válvula de apertura rápida (")	4	6

Igual al FGD<sub>i</sub>, se incrementó el diámetro principal de 4 a 6 y los laterales de 3 a 4"; igualmente el número de orificios se incrementó de 52 a 66. Estos cambios permiten mantener la pérdida de carga en 1.93m y se logra aumentar la velocidad de lavado a 15 m/h, valor correspondiente al rango recomendado.

- **Filtro Lento en Arena**

El sistema de drenaje teóricamente debe contar con una adecuada distribución; el FLA de Fondas tiene una falla respecto a esto: la separación correcta entre los laterales debe estar ente 0.5-1.0m; en el FLA es de 1.30m, por tanto se recomienda modificarla y utilizar otro tipo de material.

### 8.3.5 Otros

Se halló el ángulo apropiado del vertedero y el diámetro del orificio de captación. Se consideró la situación en la cual un filtro esté en mantenimiento, por tanto, el caudal de un módulo aumenta en un 60%.

- **Orificio de captación**

En la planta se encuentra una compuerta canal, sin embargo, esta no permite un eficiente control del flujo, es por ello, que se recomienda remplazar con un orificio de captación de la siguiente manera:

La pérdida de carga ( $h_f$ ) debe estar entre 1.5 cm a 5 cm, por tanto, se halló el diámetro que cumpliera con esta condición, de acuerdo a la siguiente ecuación

$$Q = CA \times \sqrt{2g h_f}$$

Q: 1.6(QMD/2) (m<sup>3</sup>/s)  
 hf: pérdida de carga en orificio (m).  
 A: área de diámetro de tubería (m<sup>2</sup>).  
 g: gravedad (m/s<sup>2</sup>)  
 C: 0.61

$$h_f = \frac{Q^2}{2g(CA)^2}$$

$$h_f = \frac{(0.00144)^2}{2 * 9.81 * (0.61)^2 \times \left(\frac{\pi * (3 * 0.0254)^2}{4}\right)^2} = 0.014m$$

Lo anterior, indica que se debe instalar una válvula de apertura rápida tipo waffer con vástago levantado de 3", con este accesorio debe ir un muro de 0.1m de grosor, de tal manera que el flujo solo pase por el orificio de captación.

- **Vertedor triangular.**

El vertedero triangular se construye con el fin de medir y regular el caudal que pasará a los filtros, el siguiente procedimiento indicará el ángulo de este, para poder observar fácilmente la altura de carga.

$$Q = 1.25H^{5/2} \tan\left(\frac{\Phi}{2}\right)$$

H: altura del agua en el vertedor (m).  
 Φ: ángulo de apertura del vertedor (grados).  
 Q: caudal máximo diario (m<sup>3</sup>/s).

$$H = \left(\frac{Q}{1.25 \tan\left(\frac{\Phi}{2}\right)}\right)^{2/5}$$

La planta de tratamiento inicia operando con un caudal mínimo y cuando un filtro se encuentra en mantenimiento, se manejará un caudal máximo (1.6\*(QMD/2)). Se halló la altura de carga en el vertedero con diferentes ángulos, dando como resultado un vertedero con una abertura de 15° debido a que presenta mayor altura para una mejor observación. Con este ángulo la diferencia de altura de carga máxima y mínima es de 2.8cm aproximadamente 3cm; valor adecuado para realizar la lectura del caudal. En la tabla 23 se ilustra la relación altura – caudal.

Qmínimo = 0.87 L/s                      H=0.123m  
 Qmáximo = 1.44 L/s                      H=0.151m



**Tabla 23:** Caudal respecto a altura en vertedero.

<b>H (cm)</b>	<b>Q (L/s)</b>
<b>12.3</b>	0.87
13.0	1.00
14.0	1.20
15.0	1.43

## 9. CONCLUSIONES

- Se infirió que el corto periodo de funcionamiento del sistema, se debió posiblemente a que el caudal demandado por la comunidad era muy grande para que la planta operara correctamente. Actualmente el sistema tiene la capacidad de operar con un caudal máximo de 3.63 L/s, sin embargo la comunidad demanda 4.79 L/s.
- La demanda elevada de agua actual de la comunidad, indica un uso irracional del recurso; según los cálculos realizados, la planta tiene la capacidad de funcionar por un periodo aproximado de treinta años, sin embargo, no es posible ponerla en operación con el caudal actual porque alteraría la velocidad de filtración y por tanto la calidad del agua no cumpliría con las condiciones de consumo humano.
- La comunidad en un principio ponía en duda la buena selección de la tecnología FIME, debido al corto periodo de funcionamiento que tuvo la planta de tratamiento. Sin embargo, los resultados del estudio, por un lado, demostraron que la planta tiene falencias; por tanto, era improbable que operara correctamente, y por el otro lado, se expuso que FIME es la mejor forma en este caso, de abastecer a la comunidad, teniendo en cuenta los requerimientos presentados.
- Este caso, es un buen ejemplo para demostrar que, en muchas ocasiones, la tecnología FiME son construidas sin previas capacitaciones al operador de la misma. Es por ello indispensable, darle a conocer a la comunidad y principalmente al operador, el funcionamiento y la operación del sistema.
- Como se esperaba, los tres filtros no contaron con su adecuada escogencia, en cuanto a alturas de capas y tamaños de los medios; lo anterior generó condiciones inapropiadas para el óptimo funcionamiento, conllevando al colapso del sistema. La selección del tipo y tamaño adecuado de las partículas de los lechos filtrantes son importantes para la correcta operación, generando remociones adecuadas para obtener agua apta para el consumo humano.
- Las unidades de pretratamiento (FGDi, FGAC) necesitan un lavado en los lechos filtrantes al momento de cumplir con la pérdida de carga. El procedimiento es adecuado cuando la velocidad de lavado se encuentra en el rango teórico. La evaluación de este criterio demostró que el sistema de drenaje no cumple con las características apropiadas para realizar el lavado, lo que implicó recomendaciones en la modificación de la tubería de drenaje para cumplir con las exigencias del sistema.
- Es imprescindible poner de nuevo en funcionamiento la planta de tratamiento de agua en pro de la comunidad, por tanto, se deben corregir las fallas actuales que presenta; una vez realizado esto, se debe gestionar e implementar acciones que originen disminución en el consumo de agua y darle un uso racional y eficiente.

## 10. RECOMENDACIONES

### 10.1 Sobre la capacidad del sistema

- Los resultados demostraron que la planta tiene la capacidad de operar, como mínimo, treinta años, siempre y cuando la demanda per cápita no sobrepase 153,3L/hab.d. La comunidad de Fondas claramente no cumple este parámetro, por tanto, es necesario la implementación de un Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA); con el fin de orientar el actual uso que la comunidad le está dando al recurso hídrico a través de sus actividades cotidianas y disminuir el agotamiento de la fuente de abastecimiento, y así optimizar la prestación del servicio de agua potable.
- Evaluar el estado de la red de distribución para poder localizar posibles fugas, las cuales podrían estar generando desperdicio de agua y reduciendo la eficiencia de la red.
- Realizar un seguimiento del uso dado al agua, con el propósito de detectar usos inapropiados en grandes cantidades, como agrícola o ganadero; lo que genera una sobreexplotación de la cuenca. Teniendo en cuenta que la planta se diseñó para uso exclusivo doméstico (cocinar, limpieza de viviendas, lavado de ropa, higiene y aseo personal).

### 10.2 Sobre los criterios de diseño

#### 10.2.1 Medios filtrantes

Las unidades filtrantes están compuestas por lechos, estos a su vez, por capas con alturas y tamaños de partículas adecuados para lograr un buen proceso de filtración. Se recomiendan las siguientes características de lecho que debe tener cada unidad:

**Tabla 24:** *Filtro Grueso Dinámico (FGDi)*

Posición	Espesor capa (m)	Tamaño (")	Tipo
Superior	0,2	1/4 - 1/2	Grava
Intermedio	0,2	1/2 - 3/4	Grava
Inferior, fondo	0,2	3/4 - 1	Grava gruesa

**Tabla 25:** *Filtro Grueso Ascendente en Capas (FGAC)*

Posición	Espesor capa (m)	Tamaño (")	Tipo
Intermedio superior	0,20	1/8 - 1/4	Grava fina
Intermedio	0,20	1/4 - 1/2	Grava
Intermedio Inferior	0,20	1/2 - 3/4	Grava
Inferior, fondo	0,30	3/4 - 1	Grava gruesa

**Tabla 26:** *Filtro lento en arena (FLA)*

<b>Posición</b>	<b>Espesor capa (m)</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Tipo</b>
Superior	0,8	D10: 0,15-0,3mm Cu: 2-3	Arena fina
Intermedio Superior	0,05	3/64 – 1/16 "	Arena gruesa
Intermedio Inferior	0,05	1/8 – 1/4 "	Grava fina
Inferior, fondo	0,15	3/4 – 1 "	Grava gruesa

### **10.2.2 Sistema de drenaje**

El rango de velocidad para realizar el lavado correcto de los FGD<sub>i</sub> y FGAC, es de 15-20m/h. Respecto a este parámetro, se recomienda adoptar las siguientes características:

#### **Filtro grueso dinámico, (FGDi)**

- Tubería principal: PVC sanitaria de 4"
- Tubería lateral: PVC sanitaria de 2"
- No. Laterales: 5 separados 0.51m
- No. Orificios: Perforar 7 orificios de 1/2" en dos hileras, separados a 90°; en cada lateral.
- Válvula de apertura rápida mariposa tipo waffer de 4"

#### **Filtro grueso ascendente en capas, (FGAC)**

- Tubería principal: PVC sanitaria de 6"
- Tubería lateral: PVC sanitaria de 4"
- No. Laterales: 5 separados 0.80m
- No. Orificios: Perforar 33 orificios de 1/2" en dos hileras separados a 90°; en cada lateral.
- Válvula de apertura rápida mariposa tipo waffer de 6"

#### **Filtro lento en arena (FLA)**

- Tubería principal: PVC sanitaria de 4"
- Tubería lateral: PVC corrugada de 3"
- No. Laterales: 7 separados 0.79m
- Válvula de apertura rápida mariposa tipo waffer de 4"

En los Anexos 4, 5 y 6 se encuentran los planos del FGD<sub>i</sub>, FGAC y FLA respectivamente, con las recomendaciones respecto lechos filtrantes y sistema de drenaje.

Por último, en el ANEXO 8 se encuentran más específicamente los materiales y cantidad a utilizar, para realizar el mejoramiento.

### 10.3 Otras

- Actualmente, no hay micro ni macromedición, por lo cual, se recomienda la implementación de estos, en vista del déficit de agua presentado; la micro medición tiene las ventajas de posibilitar un reparto equitativo del agua, sirve de herramienta para una buena administración, racionaliza el consumo y permite llevar un seguimiento del usuario.
- Para evitar que personas ajenas se acerquen a la planta de tratamiento y alteren la operación de la misma, se recomienda el cercado total del espacio, además construir una caseta para el almacenamiento de la arena cuando se dé el proceso de lavado, y por último, la construcción de una oficina donde se lleve a cabo todo lo relacionado con el aspecto administrativo.
- Es necesario mejorar la estructura de captación de agua cruda implementando una rejilla técnicamente bien diseñada.
- El sistema carece de un desarenador: es una estructura hidráulica que tienen como función remover las partículas de cierto tamaño; éstas pueden ser perjudiciales ya que generan abrasión en las conducciones y pueden ser fuente de obstrucción en los filtros dinámicos cuando no son retiradas previamente.
- Respecto al FLA, se recomienda la instalación del “cuello de ganso” o rebose, para que permita una mejor operación del sistema.
- Se recomienda instalar nuevamente vertederos a las tres unidades con un ángulo de 15°, respecto a las compuertas canales, se sugiere cambiarlas por válvulas de control de 4”.
- Es más conveniente proteger la cuenca “Lavapiés” desde su nacimiento a tener que mitigar su nivel de contaminación con alternativas de tratamiento, por lo anterior se aconseja que la extensión del Parque Nacional Natural Munchique aumente, de tal forma que permita la protección de esta cuenca.

### 10.4 Bases del “programa para el uso eficiente y ahorro del agua” (PUEAA)

Es importante fortalecer la planificación integral del recurso hídrico y mejorar el conocimiento del mismo; pues el uso ineficiente de éste, entre otros, causa conflictos por cantidad.

Teniendo en cuenta que el agua es un "recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente" (Conferencia internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, Dublín 1992) es fundamental que su gestión se base en un enfoque participativo, involucrando a la comunidad, planificadores y entes reguladores. Por tanto, el uso eficiente del agua implica entre otros, caracterizar la demanda de agua (cualificar y cuantificar), lo que conlleva a analizar los hábitos de consumo para promover acciones dirigidas hacia cambios que optimicen su uso.

La Ley 373 de 1997 estableció la elaboración e implementación del PUEAA, con el fin de garantizar la sostenibilidad de este recurso, por medio de proyectos y acciones que generen sensibilización, compromiso y responsabilidad.

## **OBJETIVOS DEL PUEAA**

- Tener en cuenta: La ordenación, oferta y demanda del recurso hídrico. Aspectos ambientales y técnicos

## **INFORMACIÓN GENERAL ÁREA DE INFLUENCIA**

- Realizar descripción general y localización geo-referenciada del corregimiento
- Indicar número de habitantes de la zona.
- Planos e información técnica sobre la infraestructura de captación, transporte, procesamiento, almacenamiento, y distribución del recurso hídrico

## **DESCRIPCIÓN DEL PRESTADOR DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO**

- Prestador del servicio: Señalar la dirección, antigüedad, nombre y datos de la empresa o representante encargado
- Marco legal: Estatutos, reglamentos y control fiscal
- Organización administrativa: Organigrama, servicio que presta, zona de influencia, planta de personal
- Trámites ambientales: Describir el estado de trámite de concesión de aguas, indicando número de acto administrativo, vigencia y estado actual de cumplimiento o sanciones generadas.

## **DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO Y FUENTE ABASTECEDORA**

- El presente documento contiene el diagnóstico tanto de la planta de tratamiento de agua como la fuente de captación.

## **FORMULACIÓN DE ACTIVIDADES**

- Ahorro de agua: La recomendación de la implementación de la macro y micro medición: Permite establecer los costos y el rendimiento de la red o eficiencia de la misma en el uso útil del agua. Sin macro medición se desconocen los volúmenes de agua que suministra la planta y al mismo tiempo el control de pérdidas, esta información es fundamental puesto que representa el punto de partida para determinar la cantidad de agua no contabilizada, siempre y cuando, halla micro medición para llevar registro del volumen facturado.
- Desincentivar el desperdicio del agua, racionalizando su uso por medio de actividades de socialización sobre ahorro y uso eficiente dirigido a comunidad.
- Campañas Educativas: Realizar campañas educativas e informativas a la comunidad sobre el uso eficiente, hábitos y protección de fuentes abastecedoras; en el ámbito regional y local con el apoyo de entidades del orden público y privado, y organizaciones comunitarias.
- Jornadas Educativas: Realizar procesos educativos a través de talleres, encuentros, reuniones, salidas de campo y eventos culturales, recreativos y deportivos; con el fin de reflexionar, analizar y comprender temas de interés para la comunidad, relacionados con el servicio de acueducto, específicamente con la racionalización de su uso.

- Realizar un estudio para determinar fallas en la red de distribución, teniendo en cuenta que la mayoría de pérdidas se presentan por fugas ocasionadas por el mal estado de las estructuras, conexiones erradas y conexiones ilegales.
- Establecer los procedimientos y estudios apropiados, para fijar una cuota familiar o tarifa con base en los consumos; y establecer un consumo máximo
- Detección de usuarios de mayor consumo.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal. (2012). Plan de Desarrollo de El Tambo “El Tambo Somos todos.” Retrieved from <http://www.eltambo-cauca.gov.co/apc-aa-files/38653235363265313133316233323130/plan-de-desarrollo-2012-2015-el-tambo-somos-todos.pdf>
- Alcaldía Municipal. (2016). Plan de desarrollo de El Tambo “El Tambo que queremos.” Popayán.
- Alcaldía Municipal. (2012). *Plan De Desarrollo “El Tambo Somos Todos” 2012 - 2015*. El Tambo - Cauca.
- Corporación Autónoma Regional del Cauca. (2003). Diagnóstico geológico, minero, ambiental, social y económico.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2005). *Proyecciones de población Municipales por área*. Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación. (2013). *Evolución de las coberturas de los servicios de Acueducto y Alcantarillado*.
- Galvis, G., & Latorre, J. (1999). *Filtración en Múltiples Etapas*. Santiago de Cali.
- Galvis, G., Latorre, J., & Visscher, J. T. (1998). *Filtración en múltiples etapas: tecnología innovativa para el tratamiento de agua*. Santiago de Cali.
- Galvis, G., & Visscher, T. (1987). *Filtración Lenta en arena y pretratamiento*. Santiago de Cali.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2012). *Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia*. Bogotá.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2014). *Informe Nacional De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano Año 2013 Con Base En El IRCA*. Bogotá.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). *Perfil Productivo del Municipio El tambo*. Popayán.



## ANEXOS



### Anexo 1. Formato encuesta realizada a la comunidad de Fondas



Proyecto Trabajo de Grado  
 "Evaluación y Diagnóstico a la Planta de Tratamiento de agua para consumo humano"  
 Programa de Ingeniería Ambiental  
 Universidad del Cauca

1. ¿Cuántas personas componen su hogar, incluyéndolo?
- \_\_\_\_ personas  
     Niños  
 \_\_\_\_ menores que 5 años  
 \_\_\_\_ 5 a 12 años  
 \_\_\_\_ 12 a 18 años
2. ¿En qué usa el agua? Marque por favor con una X las veces que sea necesario
- Doméstico \_\_\_\_ Riego agrícola \_\_\_\_  
 Lavado de cafe \_\_\_\_ Riego jardines \_\_\_\_  
 Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_
3. ¿Cuántos aparatos sanitarios tienen en su hogar? Indique el número de cada uno
- \_\_ Sanitario \_\_ Lavaplatos \_\_ Ducha  
 \_\_ Lavamanos \_\_ Lavadero \_\_ Lavadora  
 \_\_ Tanque de almacenamiento.  
 Otro, ¿cuál? \_\_\_\_\_
4. ¿Cómo considera el servicio de abastecimiento de agua actual? Marque sólo con una X
- Excelente \_\_\_\_ Bueno \_\_\_\_  
 Regular \_\_\_\_ Malo \_\_\_\_
5. ¿Cómo considera la calidad de agua que llega? Marque sólo con una X
- Excelente \_\_\_\_ Bueno \_\_\_\_  
 Regular \_\_\_\_ Malo \_\_\_\_
6. ¿Considera que la cantidad de agua que llega es suficiente?
- Excelente \_\_\_\_ Bueno \_\_\_\_  
 Regular \_\_\_\_ Malo \_\_\_\_
7. ¿Cuántas horas al día hay servicio de agua en su hogar? (En verano o invierno).
- Menos de 2h \_\_\_\_ 2-6h \_\_\_\_ 6-10h \_\_\_\_  
 10-18h \_\_\_\_ Más de 18h \_\_\_\_
- Observación  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
8. ¿Cómo considera la tarifa mensual de este servicio? Coloque el valor
- Excelente \_\_\_\_ Bueno \_\_\_\_  
 Regular \_\_\_\_ Malo \_\_\_\_
9. ¿Cada cuánto paga por el servicio de agua? Marque sólo con una X
- Mensual \_\_\_\_ 2 Meses \_\_\_\_ 3 Meses \_\_\_\_  
 Más de 6 meses \_\_\_\_ Nunca \_\_\_\_
10. Si la planta de tratamiento de agua existente se pone en funcionamiento nuevamente ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar mensualmente por este servicio? Marque sólo con una X el valor considerado
- Menos de \$2000 \_\_\_\_ \$2000-\$3000 \_\_\_\_  
 \$3000-\$5000 \_\_\_\_ \$5000-\$8000 \_\_\_\_  
 Más de \$8000 \_\_\_\_

**Anexo 2.** Formato de inspección sanitaria para el acueducto.

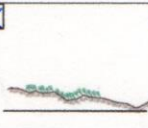
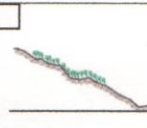
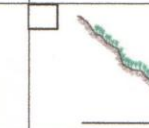
 <p>Fundación InovaGen generando conocimiento para la salud Nit. 900.493.572-0</p>	<p><b>FORMATO DE INSPECCION SANITARIA A LOS ACUEDUCTOS</b></p>	 <p>GOBERNACIÓN DEL CAUCA SECRETARÍA DE SALUD</p>	Pagina	1 de 2
			VERSION	01
			CODIGO	

**INFORMACIÓN GENERAL**



Fecha: DD <u>17</u> MM <u>05</u> AAAA <u>2016</u>			
Nombre del Acueducto:	<u>Asociación comunitaria de usuarios del Acueducto de Fondos</u>	Número de Familias Abastecidas:	<u>140</u>
Nombre del Representante:	<u>Leoncio Manrique</u>	Cargo:	<u>Presidente</u>
		Tel:	

**Nota:** La siguiente información que se solicita hace referencia específicamente a las zonas aledañas de la bocatomá y aguas arriba de ella.

**INFORMACIÓN DE LA CUENCA O MICROCUENCA DE ABASTECIMIENTO**

CARACTERÍSTICAS NATURALES					
1.Tipo de Abastecimiento			2.Tipo de Pendiente		
Fuente Superficial:	Fuente Subterránea:	Otros:	1)Baja:	2)Media:	3)Alta:
1) Río ( )	4) Pozo ( )	6) Nacimiento ( )	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Lago ( )	5) Aljibe ( )	7) Aguas lluvias ( )			
3) Quebrada ( <input checked="" type="checkbox"/> )					
i.Nombre de la fuente: <u>Quebrada Lonapies</u>					
i.Clima predominante: 1)Cálido ( <input checked="" type="checkbox"/> ) 2)Templado ( ) 3)Frio ( )			<u>Lluvias</u>		
i.En periodo de lluvias con qué frecuencia llueve:		6.Las lluvias ocasionan el aumento de la turbiedad en el agua: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>			
.)Una vez por semana ( )		7.Cuanto se demora en aclarar el agua:		3)Entre 12h y 24h ( )	
.)Dos o más veces por semana ( <input checked="" type="checkbox"/> )		1)Menos de 6h ( <input checked="" type="checkbox"/> )		4)Entre 24h y 48h ( )	
.)Una o dos veces por mes ( )		2)Entre 6h y 12h ( )		5)Más de 48h ( )	
i.Cobertura vegetal predominante:		1)Bosque Natural ( <input checked="" type="checkbox"/> ) 2)Plantación Forestal ( ) 3)Pastos-Potreros ( )			
i.Evidencia de derrumbes o deslizamientos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		10.Cual es la intensidad del derrumbe: 1)Alta ( ) 2)Moderada ( ) 3)Escasa ( <input checked="" type="checkbox"/> )			
ACTIVIDADES EXISTENTES:					
11. Asentamientos humanos: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		12. Número de viviendas: <input type="text" value="0"/>			
13.Ganadería: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		16.Agricultura: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		19.Industria: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	
4.Intensidad: .)Alta( ) 2)Moderada( ) 3)Escasa ( <input checked="" type="checkbox"/> )		17.Intensidad: 1)Alta( ) 2)Moderada( ) 3)Escasa( )		20.Intensidad: 1)Alta( ) 2)Moderada( ) 3)Escasa( )	
5.Ganado predominante: <u>Bovino</u>		18.Cultivo predominante:		21.Industria predominante:	
22.Minería: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>		26.Áreas Protegidas: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
3.Tipo: 1)Oro ( ) 2)Plata ( ) 3)Carbón ( ) 4) Otro. ¿Cuál? _____		1)Bosques ( )			
4.Intensidad: 1)Alta ( ) 2)Moderada( ) 3)Escasa ( )		2)Parques Naturales ( <input checked="" type="checkbox"/> )			
5.Minería predominante: _____		3)Zonas de resguardo ( )			
		4)Otro. ¿Cuál? _____			



	<b>FORMATO DE INSPECCION SANITARIA A LOS ACUEDUCTOS</b>		Pagina	2 de 2
			VERSION	01
			CODIGO	

**INFRAESTRUCTURA**

27. Vías: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	28. Estado de la vía:	1) Pavimentada ( ) 2) Destapada ( ) 3) Camino de herradura ( <input checked="" type="checkbox"/> )
29. Relleno Sanitario: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	30. Instituciones Educativas: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	31. Otro: ¿Cuál? _____



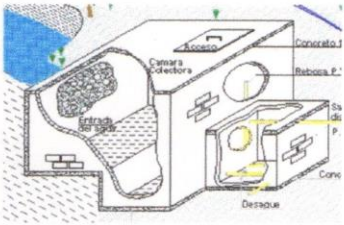
**INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO**

**32. Marque los componentes del sistema de acueducto:**

1) Bocatoma ( <input checked="" type="checkbox"/> )	2) Tubería de captación ( <input checked="" type="checkbox"/> )	3) Desarenador ( )	4) Tubería de Conducción ( <input checked="" type="checkbox"/> )
5) Planta de Tratamiento ( <input checked="" type="checkbox"/> )	6) Caseta de Desinfección ( <input checked="" type="checkbox"/> )	7) Tanque de almacenamiento ( <input checked="" type="checkbox"/> )	8) Red de Distribución ( <input checked="" type="checkbox"/> )

**INFORMACION SOBRE LA BOCATOMA:**

**33. Tipo de bocatoma**

1) Fondo:	2) Lateral: <input checked="" type="checkbox"/>	3) Lecho Filtrante:
		

34. Nombre de la vereda donde se ubica la bocatoma: <u>Munchique</u>	35. Tiempo de Construcción:	1) Menos de 5 años ( ) 2) Entre 5 y 15 años ( ) 3) Mas de 15 años ( <input checked="" type="checkbox"/> )
--	-----------------------------	---

**36. Frecuencia de mantenimiento**

Invierno:	Verano:
1) 1 vez por semana ( )	4) 1 vez por semana ( )
2) 2 o más veces por semana ( <input checked="" type="checkbox"/> )	5) 2 o más veces por semana ( <input checked="" type="checkbox"/> )
3) 1 o 2 veces por mes ( )	6) 1 o 2 veces por mes ( )

### Anexo 3. Formato entrevista a la Junta Directiva



Proyecto Trabajo de Grado  
"Evaluación y Diagnóstico a la Planta de Tratamiento de agua para consumo humano"  
Programa de Ingeniería Ambiental  
Universidad del Cauca

#### ENTREVISTA PARA LA JUNTA ADMINISTRATIVA DEL ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO DE FONDAS – CAUCA

1. ¿Existe Junta Administradora del Acueducto?
2. ¿Está legalizada? Fecha del acta de legalización.....
3. ¿Quiénes la conforman, cargo y nombre?
4. ¿Cada cuánto se reúnen?
5. ¿Existen libros de control? ¿Cuáles? (registro de usuarios, libro de contabilidad, etc..)
6. ¿Cuántas viviendas existen en el Corregimiento de Fondas?
7. ¿Cuál es el número de usuarios del corregimiento de Fondas – Cauca?
8. ¿Cuáles son las expectativas referentes a crecimiento del número de usuarios?
9. ¿Cuál es el número de morosos que presenta hasta este momento el acueducto de Fondas?
10. ¿Qué programas maneja? (uso eficiente del agua, control de pérdidas, capacitación)
11. ¿La Junta recibió capacitación en Administración, manejo de costos, tarifas, operación y mantenimiento del acueducto y de la planta de tratamiento? ¿Cuándo? ¿Quien la ofreció?
12. ¿Cuánto es el tiempo de morosidad de los usuarios?  
Más de un año \_\_\_\_\_  
Entre 6 meses y 1 año \_\_\_\_\_  
Entre 3 meses y 6 meses \_\_\_\_\_  
Entre 1 y 2 meses \_\_\_\_\_
13. ¿Cuál es la tarifa que se cobra a los usuarios del acueducto de Fondas?
14. ¿Como se define la tarifa?
15. ¿Cuál es el precio de la conexión del servicio de acueducto?
16. ¿Cuál es el precio de la reconexión del servicio de acueducto?
17. ¿Cuáles son los estatutos de conformación?
18. ¿Cada cuánto se hacen asamblea de usuarios del Acueducto de Fondas?



Anexo 4 Cámara de Comercio del Cauca



Camara de Comercio del Cauca  
CERTIFICADO EXPEDIDO A TRAVES DEL PORTAL DE SERVICIOS VIRTUALES (SII)  
CERTIFICADO DE INSCRIPCIÓN AL REGISTRO DE ENTIDADES SIN ANIMO DE LUCRO  
ASOCIACION COMUNITARIA DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE FONDAS VILLA AL MAR  
MUNICIPIO DE EL TAMBO CAUCA

Fecha expedición: 2016/04/12 - 16:23:50, Recibo No. R001376707, Operación No. 01C820412028

**CODIGO DE VERIFICACIÓN: 7SHxZX1Uqo**

CERTIFICADO DE EXISTENCIA Y REPRESENTACION LEGAL DE LA ENTIDAD SIN ANIMO DE LUCRO: ASOCIACION COMUNITARIA DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE FONDAS VILLA AL MAR MUNICIPIO DE EL TAMBO CAUCA.

NUMERO: S0001277

N.I.T : 817006935 - 2

EL SUSCRITO SECRETARIO DE LA CAMARA DE COMERCIO DEL CAUCA , EN EJERCICIO DE LA FACULTAD CONFERIDA POR LOS ARTICULOS 43 Y 144 DEL DECRETO NUMERO 2150 DE 1995 Y SU DECRETO REGLAMENTARIO 427 DE 1996 Y EL DECRETO 019 DE 2012.

CERTIFICA :

DOMICILIO: EL TAMBO  
DIRECCION: FONDAS VILLA DEL MAR  
TELEFONO 1: 8238502  
FAX: NO REPORTE

\*\*\*\*\*  
NO SE ENCUENTRA RENOVADO A LA FECHA  
\*\*\*\*\*

\*\* INFORMA \*\*

SU ACTIVIDAD NO HA SIDO ACTUALIZADA A LA NUEVA VERSION 4 DEL CODIGO CIIU ADAPTADA PARA COLOMBIA. ACTIVIDADES CON VERSION 3.1 AC.:

CERTIFICA :

QUE POR ACTA DEL 23 DE AGOSTO DE 1998 , OTORGADO(A) EN ASAMBLEA GENERAL DE SOCIOS , INSCRITA EN ESTA CAMARA DE COMERCIO EL 5 DE MARZO DE 1999 BAJO EL NUMERO: 00003427 DEL LIBRO I DE LAS PERSONAS JURIDICAS SIN ANIMO DE LUCRO, FUE CONSTITUIDA LA ENTIDAD DENOMINADA: ASOCIACION COMUNITARIA DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE FONDAS VILLA AL MAR MUNICIPIO DE EL TAMBO CAUCA

CERTIFICA :

ENTIDAD QUE EJERCE LA FUNCION DE INSPECCION, VIGILANCIA Y CONTROL: GOBERNACION DEL CAUCA

CERTIFICA :

VIGENCIA: QUE LA PERSONA JURIDICA NO SE HALLA DISUELTA. DURACION HASTA EL 22 DE AGOSTO DE 2078 .

CERTIFICA :

OBJETO SOCIAL: LA CONSTITUCION DE LA ENTIDAD TIENE POR OBJETO:  
-INTEGRAR A LOS USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE FONDOS VILLA AL MAR.  
-ORGANIZAR LA ADMINISTRACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL ACUEDUCTO COLECTIVO. -CONSEGUIR RECURSOS MATERIALES, ECONOMICOS Y HUMANOS PARA MEJORAR AL MAXIMO EL SERVICIO DE AGUA, DESARROLLANDO OBRAS COMPLEMENTARIAS O AMPLIACIONES NECESARIAS.  
-DEFENDER ESTA OBRA PUBLICA COMO BIEN DE LA COMUNIDAD ASOCIADA.  
-REPRESENTAR LOS BENEFICIARIOS DEL ACUEDUCTO DE FONDAS VILLA AL MAR.

CERTIFICA :

\*\* ORGANO DIRECTIVO \*\*

NOMBRE  
PPAL JUNTA DIRECTIVA

IDENTIFICACION

\*\*\*\*\* CONTINUA \*\*\*\*\*

## Anexo 5. Estatutos de Conformación

### ESTATUTOS DE LA ASOCIACIÓN COMUNITARIA DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE FONDAS VILLA AL MAR MUNICIPIO DE EL TAMBO CAUCA.

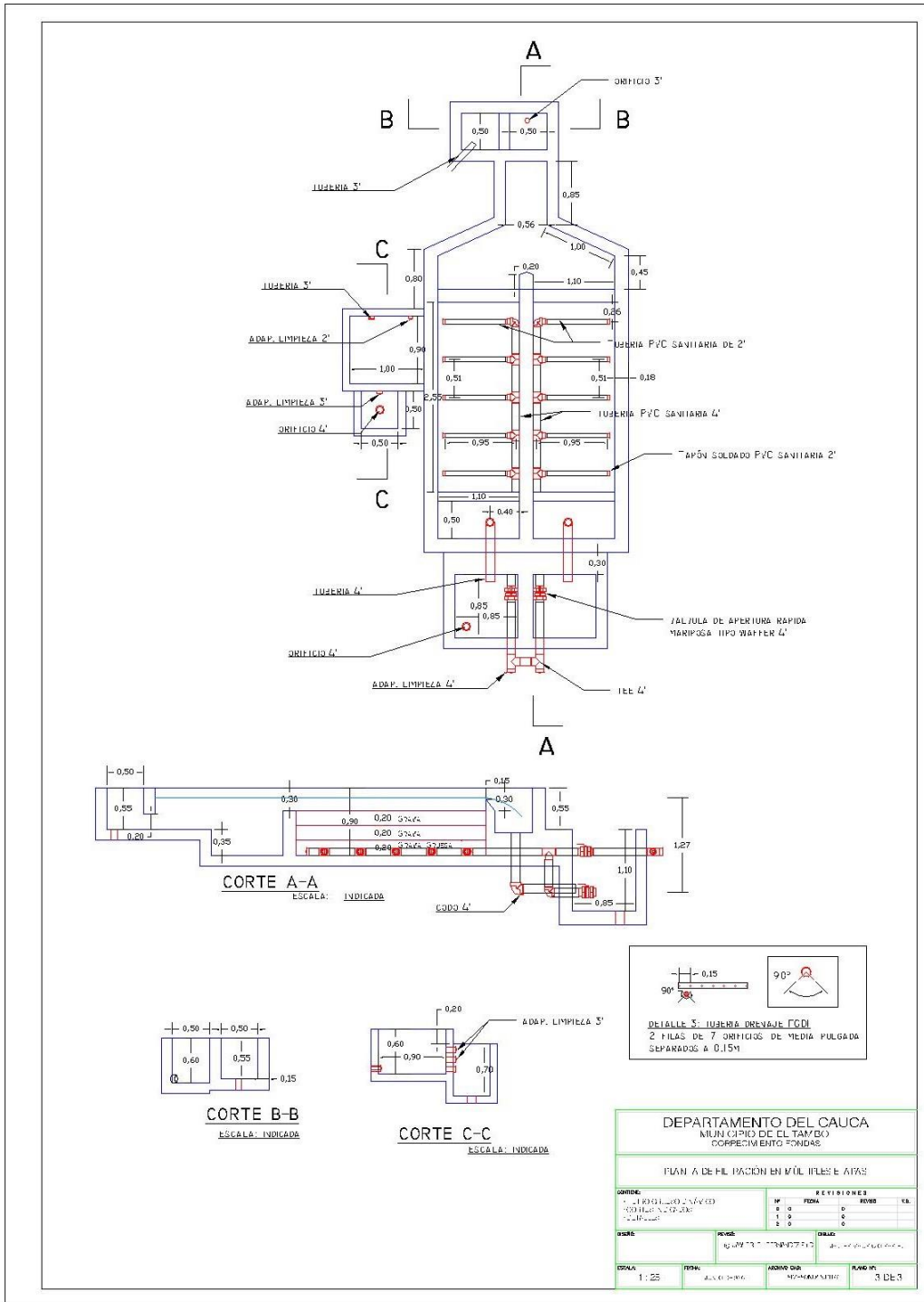
**ARTÍCULO PRIMERO:** Reglamentar la administración del Acueducto comunitario de Fondas Villa al mar Municipio de El Tambo, Departamento del Cauca, obra construida por la comunidad.

- a. La entidad se denominará **ASOCIACIÓN COMUNITARIA DE USUARIOS DEL ACUEDUCTO DE FONDAS VILLA AL MAR MUNICIPIO DE EL TAMBO CAUCA**, entidad de servicio comunitario, sin ánimo de lucro. En los presentes estatutos se denominará simplemente como la Asociación.
- b. La Entidad tendrá como domicilio la Vereda de Fondas Villa al mar Municipio de El Tambo, Departamento del Cauca y su jurisdicción corresponde a la cobertura física del servicio de agua hecha la comunidad.
- c. La constitución de la entidad tiene por objeto:
  - Integrar a los usuarios del Acueducto de Fondas Villa al mar.
  - Organizar la administración, operación y mantenimiento del acueducto colectivo.
  - Conseguir recursos materiales, económicos y humanos para mejorar al máximo el servicio de agua, desarrollando obras complementarias o ampliaciones necesarias.
  - Defender esta obra pública como bien de la comunidad asociada.
  - Representar los beneficiarios del acueducto de Fondas Villa al mar.
- d. La administración del acueducto de Fondas Villa al mar municipio de El Tambo, Departamento del Cauca, funcionará de acuerdo al presente artículo y conforme a las siguientes normas.

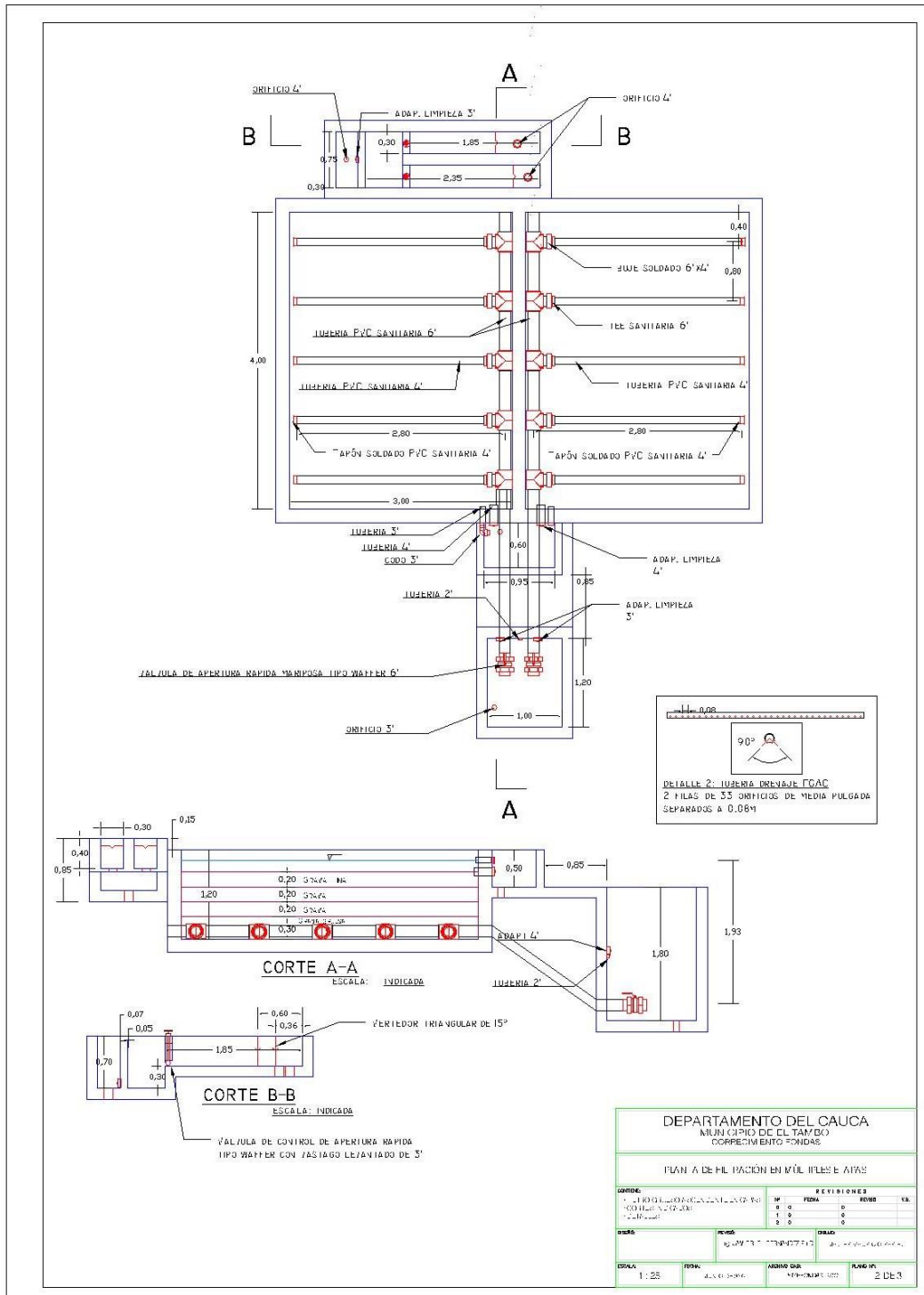
### CAPÍTULO II

**ARTÍCULO SEGUNDO:** Son miembros de la asociación, todos los beneficiarios del servicio que soliciten su ingreso y cumplan con sus deberes y obligaciones.

## Anexo 6. Filtro Grueso Dinámico recomendado

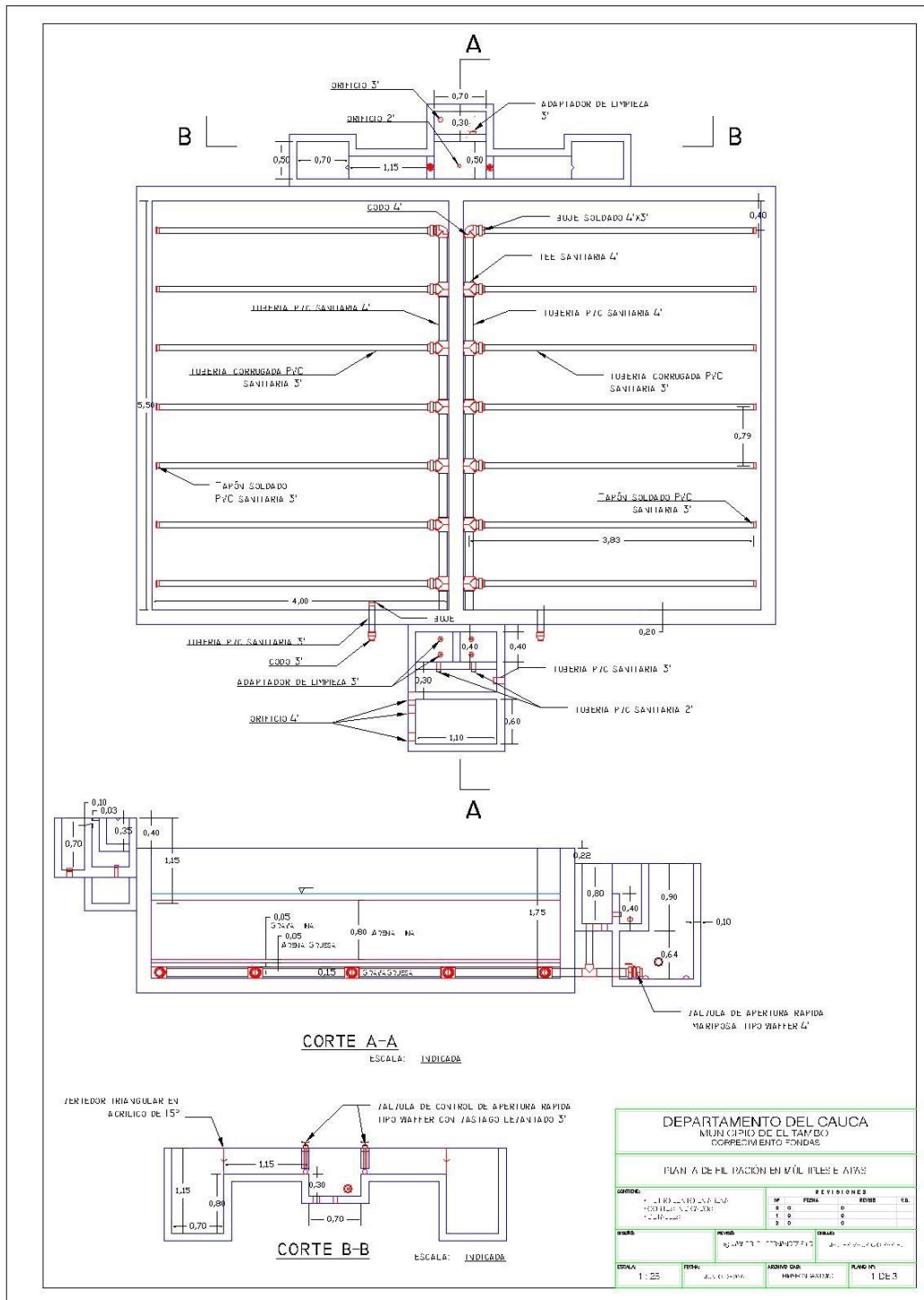


# Anexo 7. Plano Filtro Grueso Ascendente en Capas recomendado





## Anexo 8. Plano Filtro Lento en Arena recomendado



## Anexo 9. Estimación material a utilizar

NO	ÍTEM
<b>Filtro Grueso Dinámico</b>	
2	Válvula apertura rápida mariposa tipo waffer de 4"
8	Tee reducida 4x2" PVC Sanitaria
2	Tee 4" PVC Sanitaria
2	Tee reducida 4x3" PVC Sanitaria
8	Tapón soldado 2" PVC Sanitaria
2	Codo 4" PVC Sanitaria de 90°
2	Buje soldado 4x2"
10m	Tubería 2" PVC sanitaria
8m	Tubería 4" PVC sanitaria
0.6m <sup>3</sup>	Grava 1/4 - 1/2
0.6m <sup>3</sup>	Grava 1/2 - 3/4
0.6m <sup>3</sup>	Grava gruesa 3/4 - 1
<b>Filtro Grueso Ascendente en Capas</b>	
2	Vertedor triangular 15° en acrílico
2	Válvula apertura rápida mariposa tipo waffer de 3" con vástago levantado
2	Válvula apertura rápida mariposa tipo waffer de 6"
10	Tee reducida 6x4" PVC Sanitaria
10	Tapón soldado 4" PVC Sanitaria
4	Codo 6" PVC Sanitaria de 45°
12m	Tubería 6" PVC sanitaria
28m	Tubería 4" PVC sanitaria
2.6m <sup>3</sup>	Grava fina 1/8 - 1/4
2.6m <sup>3</sup>	Grava 1/4 - 1/2
2.6m <sup>3</sup>	Grava 1/2 - 3/4
3.8m <sup>3</sup>	Grava gruesa 3/4 - 1
<b>Filtro Lento en Arena</b>	
2	Vertedor triangular 15° en acrílico
2	Válvula apertura rápida mariposa tipo waffer de 3" con vástago levantado
12	Tee reducida 4x3" PVC Sanitaria
12	Tapón soldado 3" PVC Sanitaria
2	Codo 4" PVC Sanitaria de 90°
2	Buje soldado 4x3"
18m <sup>3</sup>	Arena fina D <sub>10</sub> : 0,15-0,3mm Cu: 2-3
1.3m <sup>3</sup>	Arena gruesa 3/64 - 1/16
1.3m <sup>3</sup>	Grava fina 1/8 - 1/4
3.5m <sup>3</sup>	Grava gruesa 3/4 - 1