



**CONSORCIO CONSULTORÍA CUNDINAMARCA 007  
PRODUCTO 1**

**CATASTRO, DIAGNOSTICO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO**

**CENTRO POBLADO TOBIA**

**CCC-17-DI-01**

|

**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO  
POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA**

**CONTRATO DE CONSULTORÍA EPC-PDA-C-280-2017**



	ELABORÓ	REVISÓ
<b>NOMBRE:</b>	<b>CESAR LEAL</b>	<b>GUSTAVO BARRETO</b>
<b>FIRMA:</b>		
<b>CARGO:</b>	<b>Ing. de Diseño</b>	<b>Director de consultoría</b>
<b>FECHA:</b>	<b>Mayo 2019</b>	<b>Mayo 2019</b>

## CONTROL DE MODIFICACIONES

<b>VERSIÓN ACTUAL</b>	<b>VERSIÓN NUEVA</b>	<b>FECHA (DD-MM-AAAA)</b>	<b>NATURALEZA DEL CAMBIO</b>
V0	V0	15-Enero 2018	Primera versión
V0	V1	15-Enero 2018	Segunda versión
V2	V3	15-Mayo 2018	Tercera versión / Ajustes al documento
V3	V4	30-Julio 2018	Cuarta versión / Ajustes al documento y ampliación diagnostico estructural
V4	V5	12-Octubre 2018	Quinta versión/ Ajustes nuevas observaciones interventoría
V5	V6	14-Diciembre 18	Sexta versión/ Ajustes nuevas observaciones interventoría
V6	V7	18-Marzo-2019	Séptima versión/ Ajustes nuevas observaciones interventoría
V7	V8	18-Abril-2019	Séptima versión/ Ajustes nuevas observaciones interventoría diagnostico PTAP

	<b>ELABORÓ</b>	<b>REVISÓ</b>
<b>NOMBRE:</b>	<b>CESAR LEAL</b>	<b>GUSTAVO BARRETO</b>
<b>FIRMA:</b>		
<b>CARGO:</b>	<b>Ing. de Diseño</b>	<b>Director de consultoría</b>
<b>FECHA:</b>	<b>Mayo 2019</b>	<b>Mayo 2019</b>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>1 ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PLAN MAESTRO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 ANTECEDENTES .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 TEMAS A DESARROLLAR .....</b>	<b>12</b>
<b>1.5 HORIZONTE DE PLANEACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>2 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 ASPECTOS FÍSICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.1 HISTORIA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.3 LÍMITES .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.4 VÍAS DE COMUNICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.5 HIDROLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.6 MORFOLOGÍA DEL SECTOR .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.7 ECONOMÍA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.8 TIPOS DE SUELO .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.9 DISPOSICIÓN URBANÍSTICA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.10 SISMOLOGÍA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.11 ZONAS DE POTENCIAL RIESGO .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1 ESTRATIFICACIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2 CONDICIONES SOCIALES .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.3 SALUD PÚBLICA .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.4 ASPECTOS EDUCATIVOS.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.5 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HUMANOS .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.6 DISPONIBILIDAD DE MATERIALES.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.7 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 SERVICIOS PÚBLICOS.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.1 ACUEDUCTO .....</b>	<b>24</b>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>2.3.2 ALCANTARILLADO .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.3 ASEO .....</b>	<b>25</b>
<b>3 ESTUDIOS DE POBLACIÓN Y DEMANDA .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 INFORMACIÓN DANE.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.1 HISTORIAL DE CENSOS .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1.2 PROYECCIONES DANE .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 POBLACIÓN ACTUAL CENTRO POBLADO TOBIA .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.1 POBLACIÓN FLOTANTE.....</b>	<b>27</b>
3.2.1.1 Análisis de consumo población flotante. ....	29
<b>3.3 PROYECCIONES DE POBLACIÓN .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.1 MÉTODO ARITMÉTICO.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.2 MÉTODO GEOMÉTRICO.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.3 MÉTODO EXPONENCIAL.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.4 POBLACIÓN PROYECTADA .....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.5 MÉTODO ADOPTADO .....</b>	<b>38</b>
<b>3.4 PROYECCIONES DE DEMANDA DE AGUA .....</b>	<b>40</b>
<b>3.4.1 PERÍODO DE DISEÑO.....</b>	<b>40</b>
<b>3.4.2 DOTACIÓN NETA.....</b>	<b>40</b>
<b>3.4.3 ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.4 DOTACIÓN BRUTA.....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.5 COEFICIENTES DE CAUDALES MÁXIMOS DIARIO Y HORARIO .....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.6 CAUDALES DE DISEÑO .....</b>	<b>42</b>
<b>4 CATASTRO SISTEMA DE ACUEDUCTO TOBIA.....</b>	<b>44</b>
<b>4.1 ACTIVIDADES DE CATASTRO .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3 RECONOCIMIENTO DE CAMPO .....</b>	<b>48</b>
<b>4.4 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS .....</b>	<b>49</b>
<b>4.5 ELABORACIÓN DE LAS FICHAS DE CATASTRO .....</b>	<b>49</b>
<b>4.6 EJECUCIÓN DE APIQUES.....</b>	<b>49</b>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>4.7 EJECUCIÓN DEL CATASTRO.....</b>	<b>49</b>
<b>5 DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA .....</b>	<b>50</b>
<b>5.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO .....</b>	<b>50</b>
<b>5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2.1 CAPTACIÓN QUEBRADA LA BERBERÍA .....</b>	<b>52</b>
5.2.1.1 Evaluación de la capacidad hidráulica de la captación .....	55
<b>5.2.2 ADUCCIÓN – CÁMARA DE DERIVACIÓN A DESARENADOR .....</b>	<b>57</b>
5.2.2.1 Evaluación de la capacidad hidráulica aducción Cámara - Desarenador	
60	
<b>5.2.3 DESARENADOR .....</b>	<b>61</b>
5.2.3.1 Evaluación de la capacidad hidráulica del desarenador.....	63
<b>5.2.4 ADUCCIÓN DESARENADOR - PTAP.....</b>	<b>65</b>
5.2.4.1 Evaluación de la capacidad hidráulica de la aducción Desarenador -	
PTAP	66
5.2.4.2 Análisis Del Golpe De Ariete .....	71
<b>5.2.5 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....</b>	<b>73</b>
5.2.5.1 Calidad del agua de la Planta de tratamiento.....	74
5.2.5.2 Descripción general del sistema de tratamiento.....	76
5.2.5.3 Evaluación de la PTAP para el caudal actual de tratamiento .....	86
5.2.5.4 Evaluación de la PTAP para el caudal al horizonte de diseño 2044101	
5.2.5.5 Conclusiones acerca de los hallazgos en el sistema de tratamiento	111
5.2.5.6 Observaciones y recomendaciones finales con respecto al sistema de	
tratamiento.....	114
<b>5.2.6 TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....</b>	<b>114</b>
5.2.6.1 Tanque No 1.....	114
5.2.6.2 Tanque No 2.....	115
5.2.6.3 Capacidad hidráulica.....	117
<b>5.2.7 REDES DE DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>117</b>
5.2.7.1 Capacidad hidráulica .....	119
<b>5.3 DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA</b>	<b>120</b>
<b>5.3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....</b>	<b>120</b>
<b>5.3.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....</b>	<b>133</b>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>6 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>140</b>
<b>6.1 CRITERIOS GENERALES .....</b>	<b>140</b>
<b>6.2 ALTERNATIVA 1 .....</b>	<b>142</b>
<b>6.3 ALTERNATIVA 2 .....</b>	<b>143</b>
<b>6.4 PRE-DIMENSIONAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>144</b>
<b>6.4.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO .....</b>	<b>144</b>
<b>6.4.2 CAPTACIÓN .....</b>	<b>150</b>
6.4.2.1 Captación Quebrada Berbería.....	150
6.4.2.2 Captación Rio Negro .....	151
<b>6.4.3 LÍNEA DE ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN.....</b>	<b>154</b>
<b>6.4.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>155</b>
6.4.4.1 Tratabilidad Del Agua.....	156
6.4.4.2 Conceptualización del tratamiento requerido .....	159
6.4.4.3 Alternativas de Tratamiento para el centro poblado de Tobia ....	162
6.4.4.4 Evaluación de la conveniencia y aplicabilidad del Sistema de Tratamiento .....	181
<b>6.4.5 TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....</b>	<b>189</b>
<b>6.4.6 REDES DE DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>189</b>
<b>6.5 RESUMEN Y COMPARACIÓN DE LAS OBRAS DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS.....</b>	<b>191</b>
<b>6.6 VALORACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>192</b>
<b>6.7 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....</b>	<b>197</b>
<b>6.7.1 COSTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>199</b>
<b>6.7.2 FUNCIONALIDAD.....</b>	<b>199</b>
<b>6.7.3 VULNERABILIDAD .....</b>	<b>199</b>
<b>6.7.4 CONTINGENCIA .....</b>	<b>199</b>
<b>6.7.5 IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES.....</b>	<b>199</b>
<b>6.7.6 COMPLEJIDAD CONSTRUCTIVA Y AFECTACIÓN PREDIAL .....</b>	<b>200</b>
<b>6.7.7 MATRIZ DOFA COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>200</b>
6.7.7.1 Alternativa no 1 .....	200
6.7.7.2 Alternativa no 2 .....	201
<b>6.7.8 ASPECTOS CONSIDERADOS PARA LA SELECCIÓN FINAL DE LA ALTERNATIVA</b>	
<b>201</b>	

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>6.8 DESCRIPCION FINAL DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....</b>	<b>204</b>
<b>7 OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ...</b>	<b>206</b>
<b>8 ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>209</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2-1 Disposición Urbanística Tobia .....	20
Tabla 2-2 Estratificación Del Centro Poblado Tobia.....	22
Tabla 2-3 Niveles Del SISBEN .....	23
Tabla 3-1 Censos De Población Del Municipio De Nimaima.....	25
Tabla 3-2 Proyecciones De Población 2005 – 2020 (Cabecera Municipal).....	26
Tabla 3-3 Consumos Y Resultados Mayores Consumidores .....	28
Tabla 3-4 Resultados encuesta prestadores turísticos.....	29
Tabla 3-5 Análisis de consumo población flotante .....	30
Tabla 3-6 Proyecciones De Población Método Aritmético.....	32
Tabla 3-7 Proyecciones De Población Método Geométrico .....	34
Tabla 3-8 Proyecciones De Población Método Exponencial .....	36
Tabla 3-9 Población Proyectada .....	39
Tabla 3-10 Determinación De La Dotación Neta Máxima .....	41
Tabla 3-11 Caudales De Diseño .....	42
Tabla 3-12 Proyección de demanda.....	43
Tabla 5-1 Caudales Fuente De Abastecimiento .....	55
Tabla 5-2 Capacidad hidráulica Aducción .....	60
Tabla 5-3 Evaluación de las velocidades en la aducción .....	61
Tabla 5-4 Capacidad hidráulica Desarenador .....	64
Tabla 5-5 Revisión hidráulica Desarenador caudal actual .....	64
Tabla 5-6 Revisión hidráulica Desarenador caudal futuro .....	65
Tabla 5-7 Características línea de conducción.....	67
Tabla 5-8 Resultados presión en la conducción.....	69
Tabla 5-9 Evaluación golpe de ariete .....	72
Tabla 5-10 Evaluación de las velocidades en la conducción .....	73
Tabla 5-11 Localización PTAP Centro Poblado Tobia .....	73
Tabla 5-12 Localización Fuente de captación de la PTAP Centro Poblado Tobia .....	74
Tabla 5-13 Puntaje De Riesgo .....	75
Tabla 5-14 Características No Aceptables .....	76
Tabla 5-15 Floculación – Evaluación para año 2017 Caudal 2.4 l/s.....	87
Tabla 5-16 Chequeo de recomendaciones – RAS 2000 Título C.....	89
Tabla 5-17 Evaluación Sedimentador de alta tasa – L = 4.06 m año 2017 .....	91
Tabla 5-18 Chequeo de recomendaciones – RAS 2000 Título C.....	93
Tabla 5-19 Evaluación De La Filtración Año actual 2017 .....	95
Tabla 5-20 Filtración Chequeo de recomendaciones – RAS 2000 Título C .....	101
Tabla 5-21 Floculación – Evaluación para el caudal al periodo de diseño – 2044 .....	102
Tabla 5-22 Evaluación Sedimentador Con Módulos Plásticos Año 2044 .....	104
Tabla 5-23 Sedimentador Chequeo de recomendaciones – RAS 2000 Título C .....	105
Tabla 5-24 Evaluación De La Filtración Año 2044 .....	105

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Tabla 5-25 Válvulas en red de distribución .....	117
Tabla 6-1 Descripción Alternativa 1.....	143
Tabla 6-2 Descripción Alternativa 2.....	143
Tabla 6-3 Pre dimensionamiento de una PTAP Modular prefabricada en PRFV .....	175
Tabla 6-4 Ponderación Para La Selección Del Sistema De Tratamiento .....	183
Tabla 6-5 Evaluación Del Sistema De Tratamiento Para El Acueducto De Tobia.....	184
Tabla 6-6 Evaluación de los costos de inversión y operación .....	188
Tabla 6-7 Comparación de las Obras por Alternativas .....	191
Tabla 6-8 Evaluación costos directos diferenciadores a las alternativas.....	192
Tabla 6-9 Evaluación económica .....	194
Tabla 6-10 Puntuación selección de alternativas .....	200
Tabla 6-11 Matriz DOFA alternativa 1 .....	200
Tabla 6-12 Matriz DOFA alternativa 2 .....	201
Tabla 6-13 Requerimientos Del Sistema Evaluados En El Diagnóstico .....	202
Tabla 6-14 Acciones A Ejecutar Para Optimizar El Sistema De Acueducto Existente .....	203
Tabla 6-15 Requerimientos del sistema nuevo de captación .....	203
Tabla 6-16 Obras requeridas para la operación del sistema .....	204

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Localización Geográfica Del Centro Poblado Tobia.....	16
Figura 2-2 Vía Bogotá Tobia .....	17
Figura 2-3 Vía Nimaima Tobia.....	17
Figura 2-4 Hidrografía Tobia .....	18
Figura 2-5 Uso del suelo .....	20
Figura 2-6 Equipamientos Tibia.....	21
Figura 2-7 Zonas De Riesgo .....	22
Figura 2-8 Estratificación Del Centro Poblado Tobia.....	23
Figura 3-1 Censos De Población Del Municipio De Nimaima .....	25
Figura 3-2 Proyecciones De Población DANE (2005-2020) .....	26
Figura 3-3 Proyecciones De Población Método Aritmético .....	33
Figura 3-4 Proyecciones De Población Método Geométrico .....	35
Figura 3-5 Proyecciones De Población Método Exponencial .....	37
Figura 3-6 Comparación métodos de proyección de Población Tobia .....	38
Figura 3-7 Método seleccionado con extrapolación datos del DANE posterior al 2020 .....	39
Figura 3-8 Proyección de demanda .....	44
Figura 5-1 Esquema General Del Sistema De Acueducto .....	52
Figura 5-2 Detalles primer tramo.....	58
Figura 5-3 Planta General Desarenador .....	61
Figura 5-4 Planta General Desarenador .....	63
Figura 5-5 Planta Perfil Línea De Conducción .....	66
Figura 5-6 Resultados Modelo Hidráulico Línea De Conducción Qmd Actual .....	68
Figura 5-7 Perfil Modelo Hidráulico Línea De Conducción Qmd Actual .....	68
Figura 5-8 Resultados Modelo Hidráulico Línea De Conducción Qmd Futuro .....	69
Figura 5-9 Perfil Modelo Hidráulico Línea De Conducción Qmd futuro .....	69
Figura 5-10 Localización PTAP Centro Poblado De Tobia.....	73

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Figura 5-11 Detalle De Entrada Y Salida De Agua Del Floculador Tipo Alabama.....	80
Figura 5-12 Detalle De Sedimentador .....	81
Figura 5-13 Detalle De Filtro .....	83
Figura 5-14. Red De Distribución Por Diámetro Nominal.....	118
Figura 5-15 Presión En Los Nodos Red De Distribución.....	119
Figura 5-16 Presión En Los Nodos Red De Distribución.....	120
Figura 5-17 Vista En Planta Primer Nivel Planta De Tratamiento .....	122
Figura 5-18 Vista Tridimensional Del Modelo.....	127
Figura 5-19 Diseño De Columnas Para Carga Vertical Sin Sismo .....	127
Figura 5-20 Diseño Detallado Columnas Para Carga Vertical Sin Sismo .....	128
Figura 5-21 Diseño De Losa De Entrepiso .....	128
Figura 5-22 Combinaciones De Diseño Considerando Sobre Resistencia .....	131
Figura 5-23 Diseño De Columnas Considerando Sismo .....	131
Figura 5-24 Diseño Detallado De Columnas Considerando Sismo .....	132
Figura 6-1 Informe de resultados de laboratorio Berbería 1/2 .....	145
Figura 6-2 Informe de resultados de laboratorio Berbería 2/2 .....	146
Figura 6-3 Informe de resultados de laboratorio Rio Negro 1/2.....	147
Figura 6-4 Informe de resultados de laboratorio Rio Negro 2/2.....	148
Figura 6-5 Alternativas De Fuentes De Abastecimiento .....	150
Figura 6-6 Captación del Rio Negro .....	152
Figura 6-7 Captación – Desarenador Rio negro.....	154
Figura 6-8 Alternativas De Fuentes De Abastecimiento .....	155
Figura 6-9 Esquema General De Tratamiento.....	161
Figura 6-10 Esquema del floculador convencional .....	165
Figura 6-11 Esquema del sedimentador .....	166
Figura 6-12 Esquema del filtro .....	168
Figura 6-13 Esquema De PTAP Convencional En Concreto .....	170
Figura 6-14 Ubicación De La PTAP Convencional En Concreto .....	171
Figura 6-15 Esquema De PTAP Convencional En PRFV .....	177
Figura 6-16 Ubicación De La PTAP Convencional Modular en PFRV .....	177
Figura 6-17 parámetros de diseño PTAP PRFV.....	179
Figura 6-18 Esquema De PTAP Compacta En PRFV .....	180
Figura 6-19 Ubicación de La PTAP Compacta en PRFV .....	180
Figura 6-20 Macro medidor Tipo Turbina Para Tanques.....	189
Figura 6-21 Topología De La Red De Distribución.....	190
Figura 6-22 Presiones Y Velocidades En La Red .....	190
Figura 6-23 Intervenciones acueducto Tobia .....	205

### ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4-1 Captación en Berbería .....	45
Fotografía 4-2 Captación artesanal Río Negro.....	46
Fotografía 4-3 Tanque desarenador.....	46
Fotografía 4-4 PTAP .....	47
Fotografía 4-5 Tanque de almacenamiento .....	47
Fotografía 5-1 Fuente De Abastecimiento .....	51
Fotografía 5-2 Rejilla De Captación .....	53
Fotografía 5-3 Bocatoma Quebrada La Berbería .....	54

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Fotografía 5-4 Bocatoma Quebrada La Berbería Cámara De Derivación Acueducto Veredal.....	54
Fotografía 5-5 Línea De Aducción Acueducto Tobia .....	58
Fotografía 5-6 Línea De Aducción Acueducto Tobia .....	59
Fotografía 5-7 Cerramiento De Protección Desarenador .....	62
Fotografía 5-8 Línea De Conducción Agua Cruda Acueducto Tobia.....	65
Fotografía 5-9 Tubería De Entrada A La PTAP Centro Poblado Tobia .....	74
Fotografía 5-10 Vista General De Cámara De Mezcla Rápida.....	77
Fotografía 5-11 Bitácora De Dosificación De Químicos .....	78
Fotografía 5-12 Tanques De Dosificación De Coagulantes .....	78
Fotografía 5-13 Preparación De Coagulante.....	78
Fotografía 5-14 Etiqueta Del Coagulante.....	79
Fotografía 5-15 Almacenamiento De Cal Hidratada .....	79
Fotografía 5-16 Detalle De Almacenamiento De Químicos Y Cloro Gaseoso.....	79
Fotografía 5-17 Detalle De Floculadores Tipo Alabama.....	81
Fotografía 5-18 Detalle De Tubería De Lavado.....	81
Fotografía 5-19 Detalle de paneles tipo colmena .....	82
Fotografía 5-20 Detalle de sección de agua sedimentada .....	82
Fotografía 5-21 Detalle De Tuberías De Lavado Del Sedimentador .....	83
Fotografía 5-22 Detalle de filtro descendente.....	84
Fotografía 5-23 Detalle de filtro descendente.....	85
Fotografía 5-24 Detalle de sistema de tuberías de filtro .....	85
Fotografía 5-25 Deterioro de estructuras de Seguridad .....	86
Fotografía 5-26 Detalle de sistema de tuberías de filtro .....	86
Fotografía 5-27 Tanque De Almacenamiento 1.....	115
Fotografía 5-28 Tanque De Almacenamiento 2.....	116
Fotografía 5-29 Vista General Planta De Tratamiento .....	121
Fotografía 5-30 Estructura Y Tejado Planta De Tratamiento .....	121
Fotografía 5-31 Dimensiones De Las Columnas Del Primer Nivel .....	122
Fotografía 5-32 Espesor De La Losa De Segundo Nivel.....	123
Fotografía 5-33 Muros Divisorios En Mampostería Simple .....	123
Fotografía 5-34 Materia Orgánica En Muro Posterior.....	124
Fotografía 5-35 Aceros Expuestos En Losa De Entrepiso .....	125
Fotografía 5-36 Aceros Expuestos En Losa De Entrepiso .....	125
Fotografía 5-37 Afectación De Elementos No Estructurales Y Acero Expuesto .....	126
Fotografía 5-38 Empozamiento En Cubierta De Tanque N°1.....	133
Fotografía 5-39 Zona De Descenso De Agua Tanque N°1 .....	134
Fotografía 5-40 Zona De Descenso De Agua Tanque N°2 .....	134
Fotografía 5-41 Zona De Descenso De Agua Tanque N°2 .....	135
Fotografía 5-42 Empozamiento Y Daño En Impermeabilización Tanque N°2 .....	135
Fotografía 5-43 Zona Resanada Y Pintada Por Defectos De Fundida.....	136
Fotografía 5-44 Zona Resanada Y Pintada Por Defectos De Fundida.....	136
Fotografía 5-45 Junta En Losa De Fondo Por Ampliación Tanque 2 .....	137
Fotografía 5-46 Aceros Expuestos En Tanques.....	138
Fotografía 5-47 Aceros Expuestos En Tanques.....	138
Fotografía 5-48 Oxidación Escalera De Planta A Tanque .....	139
Fotografía 5-49 Oxidación Escalera Y Acceso A Tanque N°2.....	139
Fotografía 5-50 Oxidación Acceso A Tanque N°1 .....	140
Fotografía 6-1 Posible sitio de Captación quebrada la Berbería .....	151

## **1 ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El presente documento contiene el resultado de las actividades preliminares desarrolladas por el consorcio Consultoría Cundinamarca 007, conformado por Polo Asociados Soluciones De Ingeniería SAS, Aguas Nacionales De Colombia SAS ESP, Chafik Ingeniería SAS dentro de la ejecución del Contrato de Consultoría EPC-PDA-C-280-2017 suscrito con EMPRESAS PÚBLICAS DE CUNDINAMARCA S.A. ESP, y cuyo objeto es la elaboración estudios y diseños para la optimización del acueducto centro poblado Tobia, municipio de Nimaima

En el presente producto se presentan los resultados de la recolección y análisis de la información recopilada en las entidades, así como el catastro realizado al sistema de acueducto del centro poblado, a su vez también se presenta el diagnóstico operacional, hidráulico, estructural del sistema con lo cual se plantearon las alternativas de optimización del acueducto del centro poblado.

Con el producto del estudio, el consultor estará en capacidad de recomendar las obras a ejecutar en cada uno de los componentes de los sistemas de acueducto, que permitan mejorar la prestación de estos servicios en el centro poblado Tobia, y de esta manera mejorar la calidad de vida de sus habitantes, y visitantes, garantizando a la vez, la sostenibilidad de recurso hídrico.

### **1.2 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PLAN MAESTRO**

El objetivo general de la presente consultoría es realizar los estudios y diseños necesarios que garanticen la optimización del acueducto Centro Poblado de Tobia Cundinamarca, de tal manera que se garantice el suministro a la población.

### **1.3 ANTECEDENTES**

EPC busca con este proyecto la realización de los estudios y diseños para la optimización del acueducto del centro poblado de Tobia, porque en el Programa Cundinamarca Hábitat Amable, definido en el Plan de Desarrollo Departamental 2016-2020 UNIDOS PODEMOS MÁS aprobado mediante ordenanza No. 006 de 2016, se establece que este programa aporta a los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en particular al Objetivo N° 6 “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”. En este programa se especifica como Meta de Resultado “Mantener en 98,65% la cobertura del servicio de acueducto urbano”. Igualmente, en el subprograma Servicios Públicos Para Todos, se define como Meta de Producto “Conectar 136.000 nuevos habitantes al servicio de acueducto en zonas urbanas”.

La captación se debe replantear debido a que en época de verano la fuente hídrica actual (Quebrada BERBERÍA) no es suficiente y deben bombeo del río Negro; en la actualidad la línea de conducción es de aproximadamente 4km la cual presenta múltiples fracturas a lo largo del trayecto debido a continuos deslizamientos de tierra que presenta el sector. La Planta de Tratamiento de Agua Potable existente no tiene

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

tanques de almacenamiento suficientes para el abastecimiento de la población del centro poblado e igualmente se localiza contiguo al cementerio.

En la actualidad la captación se hace sobre la Quebrada Berbería y la aducción está construida en tubería PVC de 4"; su caudal es escaso en época de verano, razón por la cual se debe bombear agua del Río Negro, cuya estación de bombeo está localizada bajo el puente que une a Tobia con el barrio Hungría del municipio La Peña. La estación de bombeo consta de una motobomba de φ 2" a gasolina y la tubería de aducción de φ 2" en manguera que pasa por un box Coulvert que atraviesa la vía principal que va a Nimaima, continua por un espacio de 1 metro de ancho que se encuentra entre los muros de las casas (Servidumbre) llegando a los terrenos de la planta de tratamiento.

La línea de aducción proveniente del río Berbería tiene una longitud aproximada de 4 kilómetros la cual presenta múltiples fracturas a lo largo del trayecto debido a continuos deslizamientos de tierra presentados en el sector. La tubería es de PVC y asbesto cemento en 4" pero las reparaciones efectuadas han sido ejecutadas en su mayoría en materiales disponibles en el momento de la emergencia, como tubería sanitaria, polietileno de alta densidad o PVC de diferentes diámetros.

La manguera de bombeo del Río Negro tiene una longitud aproximada de 170 metros y no está apta para transportar agua a presión. Debe ser reemplazada por tubería que cumpla las condiciones técnicas adecuadas para transportar agua a presión.

Por tal razón, la administración municipal requiere los estudios y diseños para la optimización del acueducto centro poblado Tobia, municipio de Nimaima, de tal manera que se logre satisfacer la necesidad del municipio cumpliendo con los principios orientadores de la planeación, diseño y ejecución de las obras y de las actividades de operación y mantenimiento de la resolución número 330 del 8 de junio de 2017

El presente informe, corresponde a los estudios y recolección de información previa para la optimización del sistema de acueducto.

#### **1.4 TEMAS A DESARROLLAR**

Los temas que forman parte del alcance de los estudios son los siguientes:

- Primera parte: Recolección de la información, diagnóstico y análisis de alternativas
  - Compilación y análisis de la información existente
    - ~ Caracterización del centro poblado
    - ~ Análisis de los estudios existentes
  - Diagnóstico y evaluación de la infraestructura existente
    - ~ Diagnóstico y evaluación de la infraestructura del sistema de acueducto

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

- Estudios de campo
  - ~ Topografía y catastro
  - ~ Estudio de suelos
  - ~ Análisis de aguas
- Análisis y selección de alternativas
  - ~ Sistemas de acueducto
- Segunda parte: Diseños y estudios especializados
  - Diseños hidráulicos a nivel de ingeniería de detalle
    - ~ Diseños de sistemas de acueducto
  - Estudios especializados
    - ~ Estudios de suelos
    - ~ Diseños eléctricos
    - ~ Diseños estructurales
    - ~ Estudios ambientales
  - Estudios complementarios
    - ~ Presupuestos de obra y planes financieros
    - ~ Especificaciones técnicas
    - ~ Memorias y planos definitivos

## 1.5 HORIZONTE DE PLANEACIÓN

El estudio se realiza teniendo en cuenta dos horizontes de planeación:

- Inmediato, para atender las necesidades más urgentes a desarrollar en el menor tiempo posible.
- A largo plazo, para atender las necesidades en un período de veinticinco (25) años.

## 2 GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

### 2.1 ASPECTOS FÍSICOS<sup>1</sup>

#### 2.1.1 Historia

Nimaima, cuyo nombre en lengua Chibcha significa “gorjeo de Gigante”, cuna de Panches bajo el cacicazgo del legendario Síquima Nimaima o Anamay el cual cuenta la leyenda se enterró vivo junto con sus tesoros.

Sus primitivos pobladores fueron los Nimaima, de la nación Panche. Cuando entró a sus dominios la expedición de Hernán Pérez de Quesada fieros Nimaima, se abalanzaron sobre el capitán Antonio Díaz Cardoso y lo levantaron en vilo junto con su cabalgadura, acción que les infundió pavor y puso en retirada.

La locución Nimaima aparece por primera vez en 1547, registrado en algunos textos históricos, correspondiente a una comunidad nativa de una zona indeterminada en las laderas de Río Negro por un costado y en las cercanías de Nocaima y Sasaima por el otro lado. Así lo describen en los recuentos que hace relación a la conquista de los Panches por parte de los españoles guiados por el afán de encontrar el dorado, oro y esmeraldas.

Los Panches o Tolima son un pueblo amerindio, que habitaba en ambas riberas del río Magdalena y su cuenca desde la hoyada del Gualí al noroeste y del río Negro al noreste, hasta la hoyada del río Coello al suroeste y Fusagasugá al sureste. Se le ha considerado culturalmente similar a los pueblos Caribes, pero no lingüísticamente. Descritos por los conquistadores españoles como temibles guerreros, antropófagos cuya vida giraba en torno a la guerra.

Su organización política era de tipo tribal, esto significa que no tenía una gran diferenciación jerárquica dentro de la sociedad, ni existían líderes que dominaran políticamente grandes territorios o súbditos.

La nación Panche estaba conformada por las tribus Tocaima, Anapuimas, Suitamas, Lachimíes, Anolaimas, Síquima, y otros.

El 16 de marzo de 1595, el oidor Miguel de Ibarra reunió en Sasaima a los indios de Doyma y Nocaima, y de otros repartimientos entre los que comparecieron los Nimaima, quienes, por conducto de su teniente, Don Cristóbal Fixo le reclamaron las tierras que han venido poseyendo por el lado del camino que va a Vergara. El oidor Ibarra les adjudicó resguardo en ese año.

El 23 de septiembre de 1604 llegó de visita a Sasaima el oidor Alonso Vásquez de Cisneros y reunió los indios de Sasaima, Nimaima, Nocaima y otros, a todos los cuales hizo la descripción con el fin de informarse de su estado social. El encomendero de los Nimaima era Don Juan de Orejuela. Los Nimaima estuvieron poblados en Nocaima

---

<sup>1</sup> Información extractada del EOT del municipio de Nimaima. Acuerdo 029 de 2000

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

desde la fundación en 1605, con los Chapainilla, Nimaima, Pinzaima, Calamina y Ubima. Por el año 1621 ya tenían su propio pueblo en el que Vivian 186 indios repartidos en 5 reducciones. Conforme a la información de la visita y el concepto sobre creación de dos doctrinas en dicha comarca, previa aprobación del Presidente Juan de Borja. El 19 de octubre de 1604, el arzobispo Arias de Ugarte por decreto de 3 de noviembre siguiente dado en Oicatá, creó las doctrinas de Sasaima y Nimaima.<sup>2</sup>

El centro poblado Tobia pertenece al municipio de Nimaima, se ha convertido en todo un paraíso para los amantes de los deportes extremos. Se encuentra ubicada en sitio estratégico sobre el río Negro que presta sus raudales para deportes extremos como el canotaje y kayak.

También es atractivo para los amantes de la adrenalina el deporte del CANOPY, que consiste en un cable de acero, que se extiende de montaña a montaña. A bordo del cable, se siente una fuerza gradual de un cuerpo suspendido en el aire, que viaja a una velocidad de 70 kilómetros por hora. La altura máxima alcanza los 70 metros. La panorámica es de 360 grados, atravesando un río, un pueblo en distancia aproximada de 300 metros.

En la actualidad existen dos Canopy más, incluso con mayores distancias que se encuentran ubicados cerca de la cabecera municipal.

El Torrentismo, consiste en que personas de todas las edades se aseguran a una cuerda, le dan la espalda al vacío y comienzan su descenso por la catarata, un chorro de agua por el cual se baja unos veinte metros, aferrados a las cuerdas, en medio de la emoción y el susto. Un recorrido por las diferentes cataratas o cascadas, puede durar un día completo.

Los deportes extremos tuvieron su inicio hace unos 14 años, en el 2000, un empresario se dio cuenta de que en el río Negro se podía hacer canotaje y deportes extremos. Instruyó a varias personas, y la gente fundó empresas turísticas.

### **2.1.2 Localización Geográfica**

Se encuentra ubicado al occidente del Departamento de Cundinamarca Colombia, en la provincia del Gualivá, a 77 kilómetros de Bogotá Capital de la República por la vía autopista Medellín. Nimaima tiene una extensión territorial de 5.859 hectáreas. El 60% del terreno es ondulado y el 40% quebrado en el que se destaca El Cerro de Teresa y San Pablo, Alto La Vieja, las cuchillas La Tarjada, Loma Larga y Peña Blanca donde se encuentra el salto de Caiquero de exuberante belleza natural. La topografía de Nimaima muestra terrenos muy quebrados de buena fertilidad, va desde los 600 a 1800 metros sobre el nivel del mar.

El centro poblado Tobia está localizado en el municipio de Nimaima en la provincia del Gualivá. Se encuentra a 74 km de Bogotá, en relación al municipio el centro poblado está ubicado al sur occidente del territorio

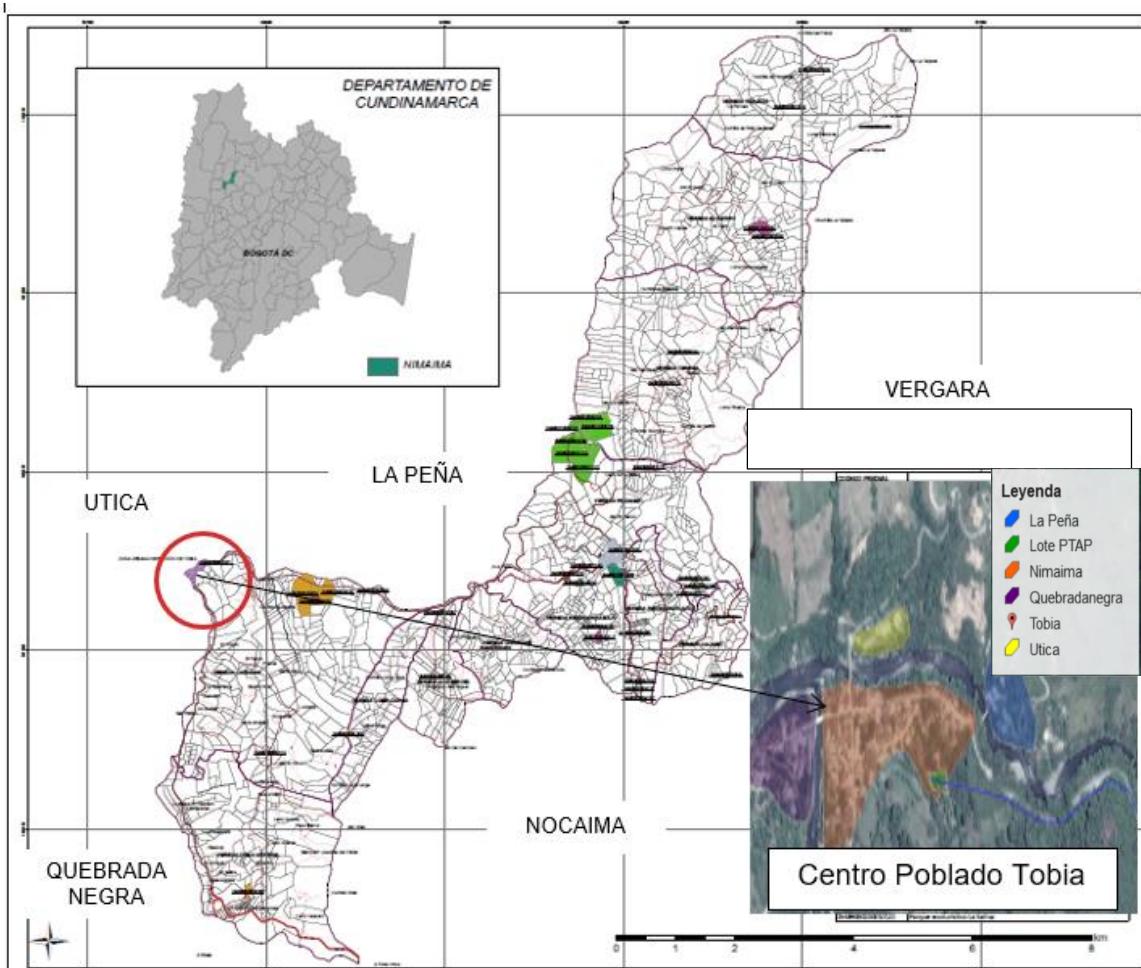
---

<sup>2</sup> Tomado de: Sitio web del municipio Nimaima en Cundinamarca, RESEÑA HISTÓRICA Y FUNDACIÓN DE NIMAIMA octubre de 2017

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 2-1 Localización Geográfica Del Centro Poblado Tobia**



Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial - E.O.T

### 2.1.3 Límites

El centro poblado Tobia donde se presta el servicio de acueducto está compuesto por cuatro barrios o sectores los cuales hacen parte de 4 municipios diferentes los cuales son:

- Tobia – Nimaima
- Hungría- La Peña
- La Milagrosa – Quebradanegra
- Utica- Utica

Antes de la constituyente del 1991 el centro poblado estaba denominado como inspección departamental, sin embargo, al desaparecer la Figura cada uno de los territorios mencionados anteriormente fue entregado a la jurisdicción de cada uno de los municipios.

El sector La Milagrosa que hace parte del centro poblado Tobia se localiza en el extremo nororiental del municipio, de Quebradanegra en la desembocadura del río Tobia o Villeta con el Rio Negro.

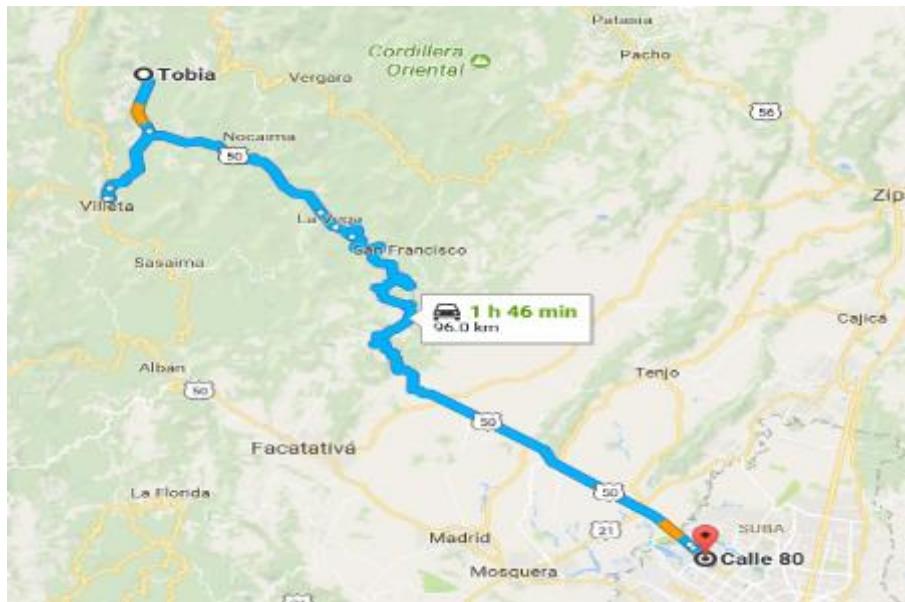
**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

#### 2.1.4 Vías De Comunicación

La principal vía de comunicación del centro poblado desde Bogotá es por la calle 80 debes llegar al alto del vino descender al Municipio de la Vega y luego de pasar el peaje de Caiquero, de este último punto a 1.5 kilómetros encontrará el desvío para Tobia., a 6 kilómetros encontrará a Tobia Colombia.

**Figura 2-2 Vía Bogotá Tobia**



Fuente: Google Maps

Desde la cabecera municipal de Nimaima también se puede acceder al municipio por una vía de 10.9 kilómetros.

**Figura 2-3 Vía Nimaima Tobia**



Fuente: Google Maps

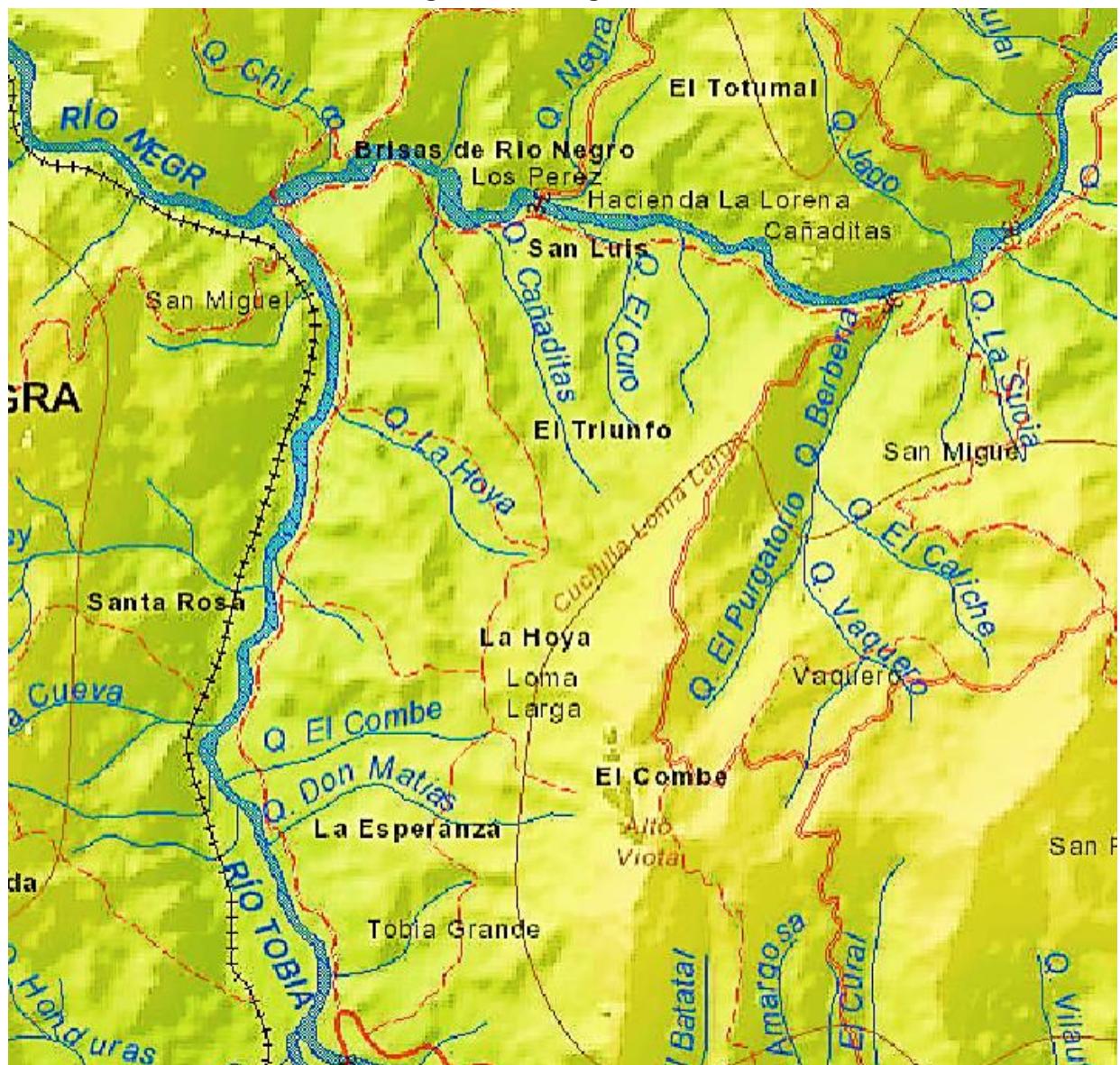
**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

### 2.1.5 Hidrología

El sistema hídrico del centro poblado Tobia, lo constituyen los ríos y quebradas que en algunos casos definen su límite y otras lo cruzan; por el norte está la corriente hídrica principal que corresponde al Río Negro, por el occidente y como límite de los municipios de Nimaima y Quebradanegra encontramos el Río Tobia, el 50% de la cuenca del río Tobia cuenta con una pendiente del 25% al 50%, la zona más plana corresponde a la zona del valle del río Tobia con pendientes menores al 12%.

**Figura 2-4 Hidrografía Tobia**



Fuente: [www.IGAC.gov.co](http://www.IGAC.gov.co)

Hacia el oriente del centro poblado encontramos las Quebradas: El Cuyo, Los Curos, Las Brisas y la Berbería la cual sirve como fuente de abastecimientos del sistema de acueducto actual del centro poblado, está quebrada tiene como afluentes las quebradas El Purgatorio, El Caliche, San Miguel y otros cuerpos de agua de menor importancia.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

#### **2.1.6 Morfología Del Sector**

El área de estudio de la red de Tobia se localiza en cercanías del sinclinal río Negro y al anticinal Muroa-Guayabal-Nimaima, además se encuentra próximo el río Pinzaima y las quebradas Balcón y La Hoya.

Por la zona se localiza el anticlinorio de Villeta, que corresponde a un área que fue afectada por una tectónica que ocasionó la inversión de fallas normales, generó fallas de cabalgamiento y pliegues de gran extensión. Las unidades geológicas aflorantes corresponden a una sucesión de rocas sedimentarias con un rango de edad entre el Cretácico y el Cuaternario.

El municipio de Nimaima por su conformación geológica, presenta un alto riesgo de inundaciones, deslizamientos y remociones de masa. Los sectores más afectados son: la inspección de Tobia por encontrarse ubicada sobre una falla geológica, además de la conformación geológica de su suelo. Las acumulaciones de tipo de remoción en masa son las frecuentes en la zona. Flujos de lodo y depósitos de talud son los más comunes especialmente sobre las rocas de carácter más litítico. Los flujos más importantes fueron cartografiados por el cañón del río negro en donde el área se encuentra tectonizada y la inestabilidad de las pendientes es grande. Igualmente, en las cabeceras del río Supatá, hacienda Córcega y al sur de campamento hay evidencias de este tipo de depósitos.

Depósitos aluviales aterrazados se localizan principalmente sobre las márgenes del río Negro. Están constituidos por bloques heterométricos (hasta 1 m<sup>3</sup>) redondeados y angulosos de areniscas, limolitas y en menor proporción lutitas, dentro de una matriz arenolodosa. El espesor de estos depósitos puede superar los 10 m.

Una característica importante es la profunda disección de las corrientes y el lineamiento de los cauces en esta zona, realizándose actualmente más bien un proceso erosivo respecto al de depósito.

Tobia cuenta con una geomorfología hasta periglacial, caracterizada en el alto páramo por Morrenas, Solifucción y Gerifracción. Se encuentran secuencias sedimentarias monótonas. El análisis morfológico del municipio de la Peña permitió identificar básicamente formas de origen denudacional, estructural - denudacional y agradacional.

Las rocas muestran un rumbo general NE-SW, que coincide con la dirección de los pliegues y fallas mayores. Siguiendo el curso del río Supatá, puede apreciarse una serie de pliegues, ligeramente asimétricos con inversiones locales en los flancos occidentales.

#### **2.1.7 Economía**

La principal actividad económica actual del centro poblado es la agricultura teniendo como sistema productivo el cultivo de la caña panelera y una gran potencialidad en el turismo.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

En la actualidad el centro poblado está promoviendo el turismo agroecológico y de aventura a lugares naturales importantes, en la inspección de Tobia son atractivos los deportes extremos como el Canotaje, Torrentismo y Canopy.

#### 2.1.8 Tipos De Suelo

La inspección de Tobia por encontrarse ubicada sobre una falla geológica, la parte baja del centro poblado presenta una erosión debido a las corrientes de agua que pasan aledañas

En la zona se encuentra la Formación Murca y la Formación Trincheras sin embargo de acuerdo al plano geológico de la zona el centro poblado Tobia está ubicado sobre depósitos aluviales.

#### 2.1.9 Disposición Urbanística

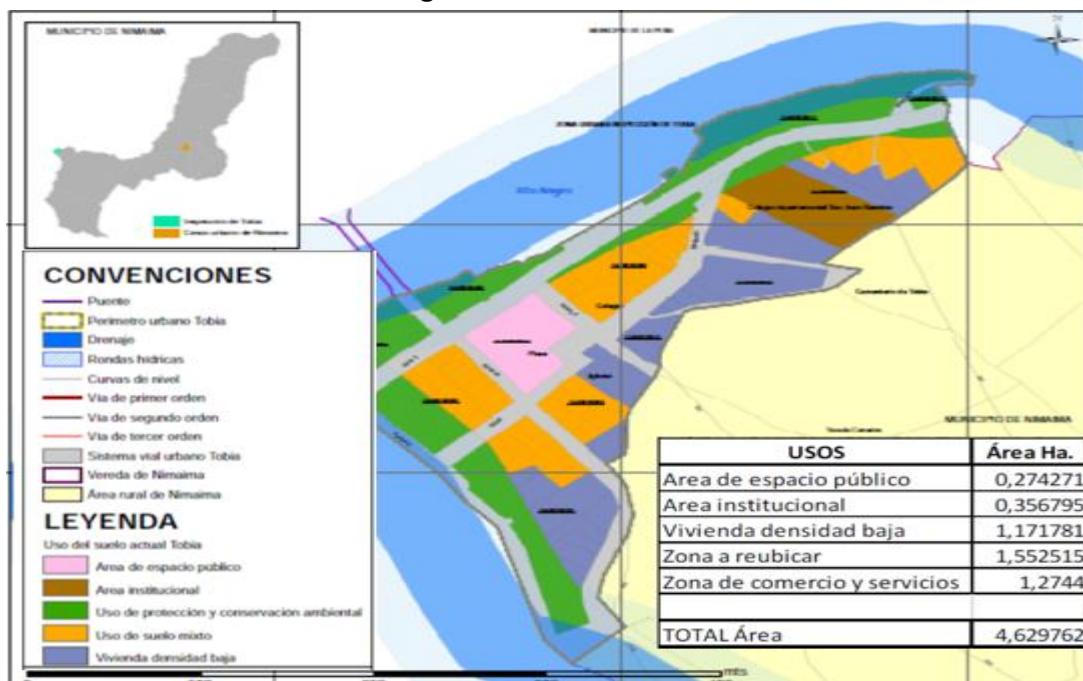
El centro poblado Tobia está compuesto por cuatro áreas urbanísticas de diferentes municipios. Tobia-Nimaima, Hungría-La Peña, La Milagrosa- Quebradanegra y Utica-Utica.

El área correspondiente a Nimaima la cual es la de mayor importancia por su extensión y su concentración tiene la siguiente disposición urbanística:

**Tabla 2-1 Disposición Urbanística Tobia**

USOS	Área Ha.
Area de espacio público	0,274271
Area institucional	0,356795
Uso de protección y conservación ambiental	1,720471
Uso de suelo mixto	1,120195
Vivienda densidad baja	1,15803
Total general	4,629762

**Fuente E.O.T Nimaima  
Figura 2-5 Uso del suelo**



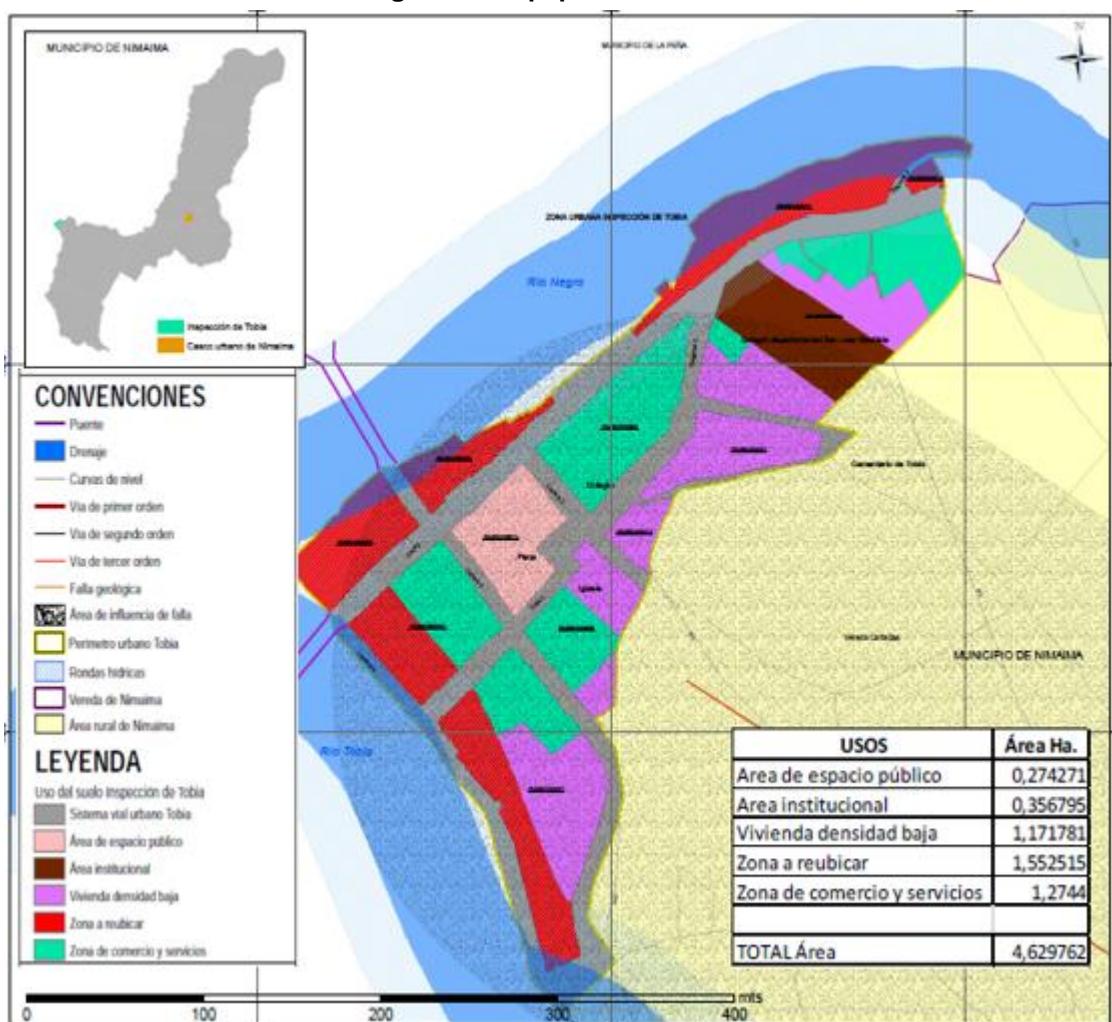
**Fuente E.O.T Nimaima**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

En el Centro poblado de La Milagrosa se considera que no es posible definir zonas de expansión urbana debido a que la topografía del terreno es demasiado escarpada y el área a construir se encuentra totalmente ocupada.<sup>3</sup>

**Figura 2-6 Equipamientos Tibia**



Fuente E.O.T Nimaima

### **2.1.10 Sismología**

En esta región aún no se ha presentado episodios de terremotos, pero sí existen algunas fallas geológicas importantes.

### **2.1.11 Zonas De Potencial Riesgo**

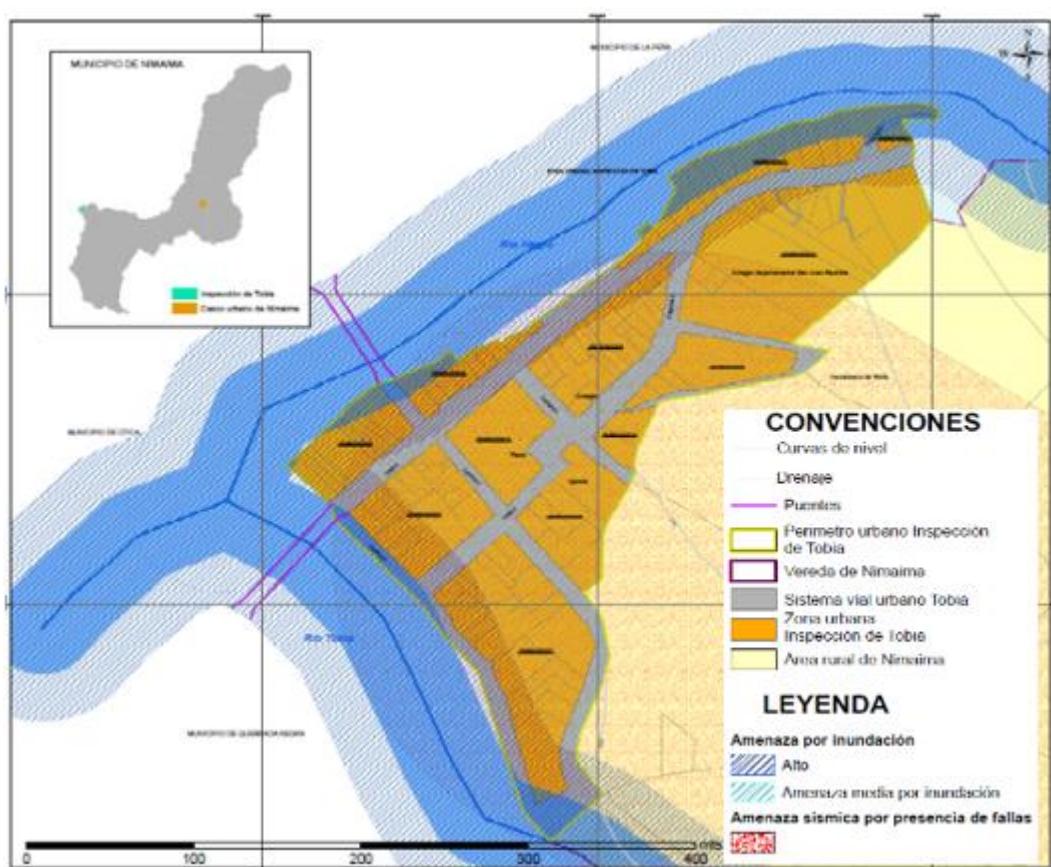
En el Centro Poblado de Tibia se viene presentando el derrumbe de la margen derecha del río Negro poniendo en peligro las viviendas en su ribera, especialmente una que requiere su reubicación. Es prioritario realizar las obras de protección para evitar que el cauce del río siga erosionando y llevándose la capa de sostenimiento de la banca y causando una catástrofe mayor.

<sup>3</sup> Tomado de: Esquema De Ordenamiento Territorial Municipio De Quebradanegra Acuerdo No 010 octubre de 2017

# PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Figura 2-7 Zonas De Riesgo



Fuente E.O.T Nimaima

## 2.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

### 2.2.1 Estratificación

Según información suministrada la junta prestadora del servicio de acueducto del centro poblado Tobia la estratificación de los usuarios es la siguiente:

En el ANEXO 1 se presenta en medio magnético la información recopilada por la consultoría donde se evidencia la siguiente información <sup>4</sup>

Tabla 2-2 Estratificación Del Centro Poblado Tobia

ESTRATO	CANTIDAD
0	87
1	13
2	139
3	9
Total	248

Fuente: Junta prestadora del servicio de acueducto Tobia

<sup>4</sup> Ver ANEXO 1.1. Los archivos contienen la base de datos por usuario y la facturación por meses del servicio.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 2-8 Estratificación Del Centro Poblado Tobia**



Fuente: Consultoría

### **2.2.2 Condiciones Sociales**

La población está distribuida en los niveles de 1 al 4 del SISBEN, el más alto número de población Según el SISBEN se encuentra en el nivel 1, como se puede observar en el siguiente cuadro.

**Tabla 2-3 Niveles Del SISBEN**

CONCEPTO	URBANO	RURAL	TOTAL
Distribución de población por niveles de SISBEN: Urbano - Rural ( 2008)	959	2571	3530
Nivel 1	323	1525	1848
Nivel 2	571	955	1526
Nivel 3	65	70	135
Nivel 4	0	21	21

Fuente: SISBEN 2008 – Alcaldía de Nimaima

### **2.2.3 Salud Pública**

Para la ejecución del Plan Municipal de Salud Pública, los municipios cuentan con Perfil Epidemiológico que en este caso busca hacer un análisis del Municipio de Nimaima, con énfasis en la salud y dinámica socio-demográfica, con el fin de determinar los posibles factores y problemas que conllevan al riesgo de la calidad de vida de los habitantes y así de esta forma tomar acciones y decisiones para el beneficio de la

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

misma. Estos perfiles se realizan cada dos años, para el Municipio de Nimaima el último se realizó en el año 2006.

#### **2.2.4 Aspectos Educativos**

Para la cobertura del servicio de educación el Municipio de Nimaima cuenta con dos (2) centros educativos, 1 en el área urbana con seis (6) Sedes Educativas y 1 en el área rural con tres (3) sedes educativas, todos de carácter público. Se encuentran cuatro (4) Escuelas Rurales cerradas por falta de niños.

En el centro poblado Tobia encontramos la IDE. Colegio Misael Pastrana Borrero – Tobia (Sector primaria y secundaria)<sup>5</sup>.

#### **2.2.5 Disponibilidad De Recursos Humanos**

Dentro de la zona del centro poblado Tobia, se encuentra mano de obra calificada y no calificada. Dentro de la primera podemos encontrar desde Ingenieros Civiles, Maestros de obra, Oficiales de construcción especializados y con experiencia en las ramas de Acueducto, esto debido a su cercanía a Villota y Bogotá.

#### **2.2.6 Disponibilidad De Materiales**

En el municipio se cuenta con proveedores de algunos materiales indispensables para la realización de las obras tales como cemento y agregados, adicionalmente para la consecución de otros materiales como tuberías, accesorios y demás es fácil realizar el suministro y transporte desde Bogotá, en el cual se cuenta con una mayor oferta.

#### **2.2.7 Disponibilidad De Equipos**

En cuanto a la disponibilidad de los equipos de construcción puede establecerse que éstos se consiguen a nivel zonal, es decir, en forma general el centro poblado Tobia puede abastecerse de este servicio del municipio de Villota u otros municipios cercanos o en su defecto llevar maquinaria desde la ciudad de Bogotá.

### **2.3 SERVICIOS PÚBLICOS**

#### **2.3.1 Acueducto**

Actualmente el centro poblado Tobia cuenta con un sistema de acueducto conformado por una bocatoma y desarenador, línea de conducción de aproximadamente 4 Kilómetros, planta de tratamiento de agua potable tipo convencional, dos tanques de almacenamiento y aproximadamente 2 kilómetros de redes de distribución

El servicio de acueducto es prestado por la asociación de usuarios del acueducto, alcantarillado y otros servicios de Tobia las cual está conformada por todos los suscriptores los cuales están representados por la junta administradora encabezada por el presidente, en la actualidad cuenta con un fontanero y un técnico operario de la planta de tratamiento de agua potable, personal encargado de la operación del sistema en general

---

<sup>5</sup> Fuente: EOT Nimaima

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

### 2.3.2 Alcantarillado

Por su parte, la inspección de Tobia cuenta con alcantarillado de aguas residuales, las aguas lluvias son conducidas por medio de cunetas y tanto las aguas negras como las aguas lluvias son vertidas directamente al río Negro y al río Tobia.

### 2.3.3 Aseo

La recolección de residuos sólidos en el centro Tobia la realiza el municipio de Nimaima cuya actividad se ejecuta dos (2) veces por semana en la volqueta Municipal de Nimaima.

## 3 ESTUDIOS DE POBLACIÓN Y DEMANDA

### 3.1 INFORMACIÓN DANE

#### 3.1.1 Historial De Censos

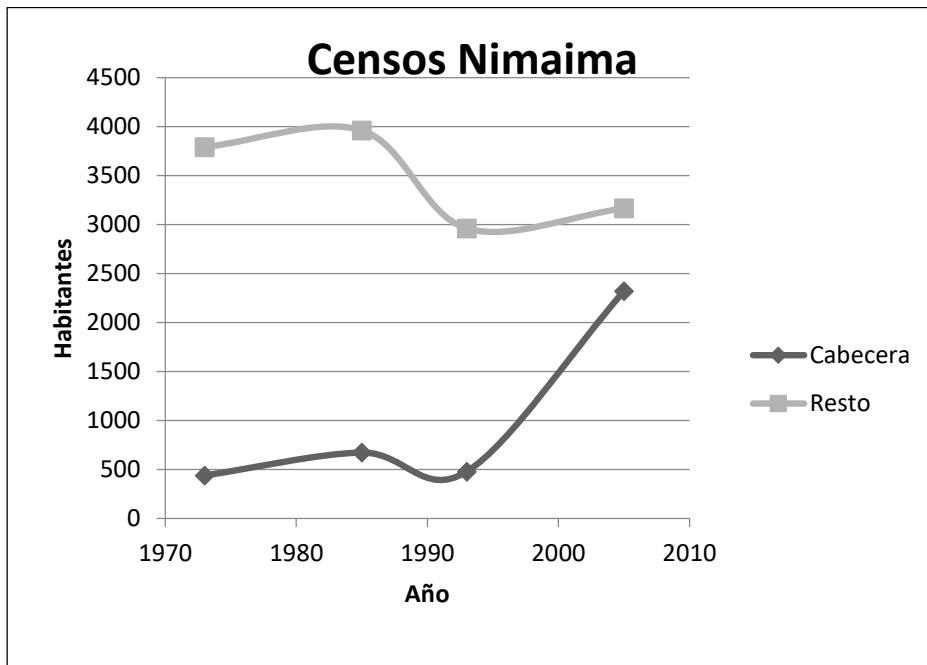
A continuación, se relacionan los censos de población realizados por el DANE en el municipio de Nimaima, desde el año 1964, en el ANEXO 2 se presenta los registros poblacionales correspondientes al centro poblado Tobia.

**Tabla 3-1 Censos De Población Del Municipio De Nimaima**

CENSO	1973	1985	1993	2005
Cabecera	440	673	479	2321
Resto	3791	3961	2961	3165
Total	42311	4634	17628	5486

Fuente: DANE

**Figura 3-1 Censos De Población Del Municipio De Nimaima**



Fuente: DANE

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

### 3.1.2 Proyecciones DANE

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística, teniendo en cuenta consideraciones de tipo demográfico realizó la proyección de población para el periodo comprendido entre los años 2005 y 2020, la cual se muestra a continuación.

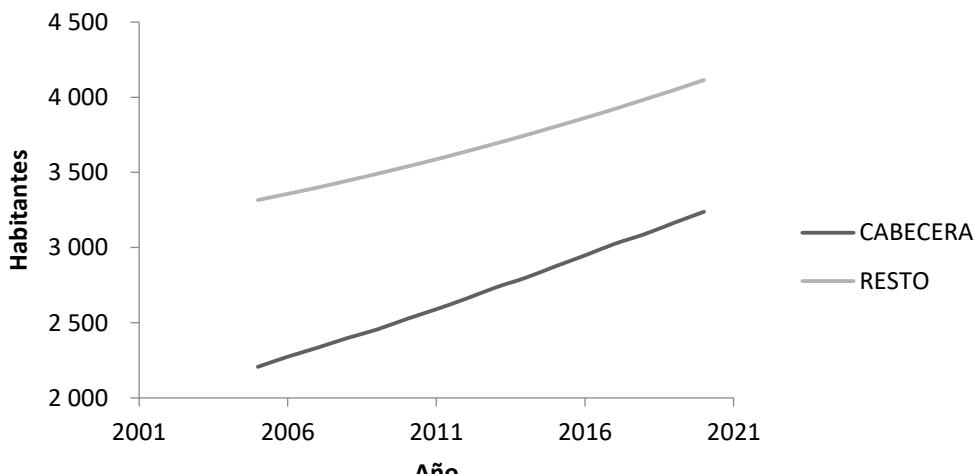
**Tabla 3-2 Proyecciones De Población 2005 – 2020 (Cabecera Municipal)**

AÑO	TOTAL	CABECERA	RESTO
2005	5.523	2.207	3.316
2006	5.631	2.274	3.357
2007	5.733	2.334	3.399
2008	5.842	2.398	3.444
2009	5.945	2.455	3.490
2010	6.063	2.525	3.538
2011	6.177	2.590	3.587
2012	6.299	2.660	3.639
2013	6.427	2.735	3.692
2014	6.546	2.799	3.747
2015	6.679	2.875	3.804
2016	6.810	2.948	3.862
2017	6.947	3.025	3.922
2018	7.074	3.089	3.985
2019	7.213	3.165	4.048
2020	7.352	3.238	4.114

Fuente: DANE 2005

**Figura 3-2 Proyecciones De Población DANE (2005-2020)**

### Proyecciones de Población DANE (2005-2020)



Fuente: DANE

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Realizando un análisis de la información presentada anteriormente podemos afirmar que el DANE en sus proyecciones utiliza una tasa promedio del 3% para el cálculo de la población futura.

### **3.2 POBLACIÓN ACTUAL CENTRO POBLADO TOBIA**

El centro poblado Tobia para el año 2017 tiene 248 usuarios registrado en el sistema de acueducto de acuerdo a la información suministrada por la junta prestadora de servicio y de acuerdo con el Boletín del censo general del DANE 2005, la densidad es de 3.1 hab/vivienda con lo cual tendríamos actualmente una población de **769 habitantes.**

En el ANEXO 1.1 se presenta la comunicación de la entrega de información por parte de la junta administradora del sistema de acueducto en la cual se estipula el número de usuarios actuales del sistema de acueducto del centro poblado.

#### **3.2.1 Población Flotante**

La población flotante del municipio se presenta por temporadas ligadas a las temporadas de fiestas y distintas celebraciones que no son permanentes. De manera adicional se tiene otros factores generadores de población flotante los cuales de detallaran a continuación.

- Alumnos de instituciones educativas urbanas, que provienen de sectores rurales.
- Turistas asociados a la actividad ecoturística que se realiza en el centro poblado. Los deportes extremos tuvieron su inicio hace unos 17 años, en el 2000, un empresario se dio cuenta de que en el río Negro se podía hacer canotaje y deportes extremos. Instruyó a varias personas, y la gente fundó empresas turísticas, se considera que este es el principal factor relacionado con la población flotante.

Para determinar la población flotante esta consultoría realizó una encuesta a los mayores consumidores del centro poblado Tobia los cuales se identificaron de acuerdo a la información suministrada por la junta prestadora del servicio de acueducto, la encuesta aplicada fue la siguiente

Encuesta para establecer la población flotante Centro Poblado Tobia

1      **Nombre / Razón Social** \_\_\_\_\_

2      **Tipo de actividad**

2.1      Hotel


2.2      Venta Planes Turísticos

2.3      Otro    Cual\_\_\_\_\_

2.1.1      Capacidad Hotelera\_\_\_\_\_ Camas

2.2.1      Cantidad de planes Turísticos vendidos promedio por Fin de semana\_\_\_\_ N° pasadía

2.2.2      Compañía Aseguradora de turistas\_\_\_\_\_

3      **Es posible Contar con las planillas de registro de turistas**

3.1      Si   

3.2      No   

3.2      Si su respuesta fue negativa diga porque. \_\_\_\_\_

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

4 Nombre del suscriptor al sistema de acueducto

**5. Observación**

**Tabla 3-3 Consumos Y Resultados Mayores Consumidores**

CÓDIGO	NOMBRE MAYOR CONSUMIDOR	JURISDICCIÓN	M3/MES	TIPO DE ACTIVIDAD	NÚMERO DE PERSONAS		Nº CAMAS
					FIN DE SEM.	VACACIONES	
4	HERNANDO ROMERO	LA PEÑA	47	Hospedaje	40	40	15
15	MELO ALFREDO HOTEL UTICA	UTICA	55	Hotel y planes turísticos	52	200	52
25	OLAYA GUILLERMO	NIMAIMA	30	Casa residencial	7	7	7
30	DE OSORIO BELÉN	NIMAIMA	29	Restaurante	8	8	2
38	ESCUELA SAN JUAN BOSCO	NIMAIMA	42	Escuela	50	0	50*
39	PALACIOS JOSÉ	NIMAIMA	38	Restaurante	8	8	2
66	HOTEL SAN PEDRO	NIMAIMA	75	Hotel y planes turísticos	30	30	30
103	ROJAS DOROTEO	NIMAIMA	40	Restaurante	8	8	2
108	GAITÁN R. ANDRÉS	NIMAIMA	36	Restaurante	8	8	4
118	RAMOS GUILLERMO	NIMAIMA	30				
143	GUZMÁN ROBERTO	QUEBRADANEGRA	64	Hotel	8	8	4
174	RICO A. HERNANDO (RÍO NEGRO)	VÍA	100	Planes turísticos	150	200	-
179	LA GAITANA	VÍA	68	hotel	25	50	
	ARTURO MEDINA	QUEBRADANEGRA		Hotel y planes turísticos	25	25	25

419

592

\*Número estimado de estudiantes

Fuente: Consultoría

Los resultados de la encuesta realizada a los operadores turísticos del centro poblado Tobia determinan que la población flotante para los fines de semana pico es de 592 visitantes y para fines de semana promedio es de 419 visitantes sin embargo es importante aclarar que el usuario 174 correspondiente al señor Hernando Rico en la encuesta respondió que los visitantes promedio y máximos a su establecimiento era de 25 personas y de acuerdo a lo manifestado por otros operadores turísticos del centro poblado, él es el mayor operador de la zona y su número aproximado real corresponde a 150 personas promedio y 200 máximo, esta afirmación se ratifica al analizar el consumo promedio del usuario, siendo el mayor consumidor del centro poblado, por tanto esta consultoría realizó el ajuste de los datos de acuerdo a lo expuesto anteriormente.

Las encuestas realizadas se muestran en el ANEXO 1.2 del presente informe, en el documento recopilatorio “ENCUESTA POBLACION FLOTANTE”.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Con el fin de afianzar el cálculo de la población flotante del centro poblado Tobia la cual se considera es la mayor impacto para el sistema, esta consultoría estuvo presente en la asamblea general para elección de la junta representante, reunión llevada a cabo el día 24 de noviembre de 2017, A dicha reunión asistieron los todos los usuarios incluidos los identificados como prestadores turísticos a los cuales se les ratificó la pregunta de cuantos turistas promedio atendía por fin de semana y cuál era su actividad económica; de dicha reunión se obtuvieron los siguientes resultados :

**Tabla 3-4 Resultados encuesta prestadores turísticos**

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO DE ACTIVIDAD	TURISTAS /FIN DE SEMANA
4	HERNANDO ROMERO	Hotel	30
15	MELO ALFREDO HOTEL UTICA	Hotel	55
30	DE OSORIO BELÉN	Restaurante	350
39	PALACIOS JOSÉ	Restaurante	10
66	HOTEL SAN PEDRO	Hotel	100
103	ROJAS DOROTEO	Restaurante	60
108	GAITÁN R. ANDRÉS	Restaurante	35
118	RAMOS GUILLERMO	Restaurante	30
143	GUZMÁN ROBERTO	Hotel	10
174	RICO A. HERNANDO (RIO NEGRO)	Hotel	150
179	LA GAITANA	Hotel	60
160	ARTURO MEDINA	Hotel	25
Restaurante			485
Hotel			330

Fuente: Consultoría

Teniendo en cuenta que en la reunión sostenida el 24 de noviembre se socializó el proyecto con la comunidad en general y con los prestadores del servicio turístico del centro poblado explicándoles la importancia de determinar con exactitud la población flotante, se concluye que la información recolectada en la asamblea es confiable y veraz

Se toma como la población flotante los **485** comensales de los restaurantes, por tanto, dicha población representa el 63 % adicional de la población del centro poblado Tobia.

Teniendo en cuenta el Plan Ecoturístico para la Inspección de Tobia el turismo en el centro poblado ha tenido un crecimiento importante, pero en los últimos años no se han creado nuevas empresas de turismo se opta porque el crecimiento de la población flotante tenga la misma tasa para el crecimiento de la población fija

### **3.2.1.1 Análisis de consumo población flotante.**

Teniendo en cuenta la información suministrada por la junta prestadora del servicio de acueducto, se tomó como base la información de consumo de los mayores consumidores (consumos mayores o iguales a 20 metros cúbicos mes) sabiendo que

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

estos consumos están por encima de la media de la población del centro poblado lo que indicaría que este consumo está dado por los turistas y huéspedes, ya que en el centro poblado no se encontró ninguna industria o actividad económica diferente al turismo.

**Tabla 3-5 Análisis de consumo población flotante**

<b>ENERO 2017</b>	
GUZMAN C. VICTOR	75
INSPECCION	69
FERNANDO GAITAN	68
GUZMAN ROBERTO	63
REYES GUSTAVO (FAMA)	57
RUIZ HUGO DE JESUS	56
HOTEL SAN PEDRO	52
RICO A. HERNANDO (rio negro)	49
RUIZ MIGUEL	47
FINCA LOTE DE TERRENO	46
LA GAITANA	45
JAIRO MARTIN ROMERO CASTILLO	43
ESCUELA SAN JUAN BOSCO	40
PLAZA	40
PALACIOS JOSE	37
ORTIZ ABERTANO	37
GOMEZ NIBARDO	37
RICO A. ISAAC	36
DE ROMERO ROSA	35
TRIANA OLIVERIO	33
ORDOÑEZ ROBERTO	33
JORGE ARIZA	33
CASTILLO GONZALO	32
FINCA JERUSALEN	32
ORDOÑEZ PEDRO	30
MEDINA PARMENIO	29
ABELLA ANGIE MICHELLE	29
PIÑEROS J. EDUARDO	29
RAMOS GUILLERMO	29
CAMERINOS TOBIA- NIMAIMA	29

TRIANA ONOFRE	29
LIBIA DE GAITAN	28
AMAYA OLEGARIO	28
HERNANDEZ HILDA	27
MENDIGAÑO ANGEL	26
OLAYA TOBIAS	26
DE GAITAN ENCARNACION	26
ROJAS DOROTEO	26
VELASQUEZ ALIRIO	26
SANCHEZ J. AMADEO	25
NIETO R. GUILLERMO	25
OLAYA AVILA REINERIO	25
OSORIO RAMON	25
DELGADO NEYIRETH	24
ARTURO MEDINA	24
PEDROZA EVANGELISTA SEGUNDO PISO	24
GARCIA QUERUBIN	23
DE OSORIO BELEN	23
ESCOBAR JUDITH	22
DE NIÑO OLAYA ILSA	22
AGUSTIN PALACIOS 3	22
TRIANA CARLOS JULIO	21
HERNANDEZ LEONEL	21
VICENTE BOHORQUEZ	21
CAMPIN HUNGRIA (GILBERTO)	20
OLAYA GUILLERMO	20
ORTIZ ISAURO	20
GRISELDA ORDOÑEZ	20
PINZON ARISTOBULO CRA 3 1-43 PISO 1	20
<b>TOTAL.</b>	<b>1959</b>

<b>JUNIO-2017</b>	
HOTEL SAN PEDRO	66
RUIZ MIGUEL	65
INSPECCION	64
RUIZ HUGO DE JESUS	68

CAMERINOS TOBIA- NIMAIMA	47
AGUSTIN PALACIOS 3	45
GUZMAN ROBERTO	43
RICO A. HERNANDO (rio negro)	44
PALACIOS JOSE	41

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

HERNANDO ROMERO	39
TRIANA OLIVERIO	35
VICENTE BOHORQUEZ	34
FERNANDO GAITAN	31
ESCUELA SAN JUAN BOSCO	30
OLAYA GUILLERMO	28
ORDOÑEZ PEDRO	28
SANCHEZ MIGUEL	27
MERCHAN NIBARDO	27
ROJAS DOROTEO	27
RAMOS GUILLERMO	27
MENDIGAÑO ANGEL	26
SANCHEZ J. AMADEO	25
GOMEZ NIBARDO	25
CONCEPCIÓN FIERRO	25
OLAYA TOBIAS	24
AMAYA OLEGARIO	24
ORDOÑEZ ROBERTO	23

DE RAMIREZ MA. DEL CARMEN	23
FAIVER H. BARRERA 2 piso	23
TRIANA CARLOS JULIO	22
ABELLA ANGIE MICHELLE	22
GAITAN R. ANDRES	22
DE ROJAS BLANCA	21
MEDINA PARMENIO	20
ORTIZ ABERTANO	20
OTALORA DE ROMERO YOLANDA	20
ROMERO VICTORINO segundo piso	20
ORTIZ ISAURO	25
HERNANDEZ BAUDELINO	20
DE ARIAS MARIA	20
HERNANDEZ HILDA	20
<b>TOTAL.</b>	<b>1286</b>

MES	ENERO	JUNIO
Facturado (m <sup>3</sup> /mes)	3255	2527
Facturado Mayores (m <sup>3</sup> /mes)	1959	1286
%	60%	51%

Fuente: Consultoría

Se observa que el consumo de los grandes consumidores relacionados con el caudal consumido por la población flotante tiene un porcentaje similar al 63% suministrado por la por los operadores turísticos, por tanto para garantizar la prestación del servicio en los eventos picos se toma como población flotante lo establecido en los datos de la asamblea general. Esto teniendo en cuenta la falta de macromedición en el sistema, así como los cortes en el servicio se presenta cierta incertidumbre sobre los registro del prestador del servicio, ya que no se tiene certeza de la distribución horaria ni diaria de los consumos.

En el anexo 1.2 se encuentra la información base, con la cual se realizó el análisis para la determinación de la población flotante, allí se puede consultar la encuesta realizada y el acta de la reunión realizada el 24 de noviembre, de igual forma en el anexo 1.1 se encuentra la base de datos de usuarios entregada por el prestador del servicio, junto con su respectiva certificación de entrega.

### 3.3 PROYECCIONES DE POBLACIÓN

En el presente acápite se desarrollan las proyecciones de población para el centro poblado Tobia, empleando los métodos convencionales y considerando como información inicial los censos oficiales realizados por el DANE para el municipio de Nimaima. Los resultados correspondientes a las diferentes proyecciones de población se pueden encontrar en el ANEXO 2 “POBLACIÓN y DEMANDA”.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

### 3.3.1 Método Aritmético

De acuerdo con el RAS, el método aritmético supone un crecimiento vegetativo de la población, dado por la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{UC} + \frac{P_{UC} - P_{CI}}{T_{UC} - T_{CI}} (T_f - T_{UC})$$

Dónde:

*Pf*: Población proyectada para el año horizonte

*Puc*: Población del último censo

*Tuc*: Año del último censo

*Pci*: Población del censo inicial

*Tci*: Año del censo inicial

*Tf*: Año de la proyección

Con base en los registros de los censos existentes, se calcularon las tasas de crecimiento correspondientes a cada uno de los períodos intercensales para la población denominada resto del municipio de Nimaima(1973-1995,1985-1993,1993-2005), por último con el promedio de los valores positivos de las tres tasas de crecimiento, se realizó la proyección de población hasta el año 2042, donde la población inicial es la registrada por la junta prestadora del servicio de acueducto del Centro Poblado Tobia.

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos a partir de las proyecciones realizadas por este método:

**Tabla 3-6 Proyecciones De Población Método Aritmético**

Ka	73-85	85-93	93-05	Promedio	
	14.0	-125.0	17.0	15.50	
Año Censo					
1973	3791				
1985	3961				
1993	2961				
2005	3165				
2017	769				
AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	AÑO PROYECTADO	73-85	85-93	93-05	PROMEDIO
0	2017	769	769	769	769
0	2018	783	644	786	785
0	2019	797	519	803	800
1	2020	811	394	820	816
2	2021	825	269	837	831
3	2022	839	144	854	847
4	2023	853	19	871	862
5	2024	867	-106	888	878

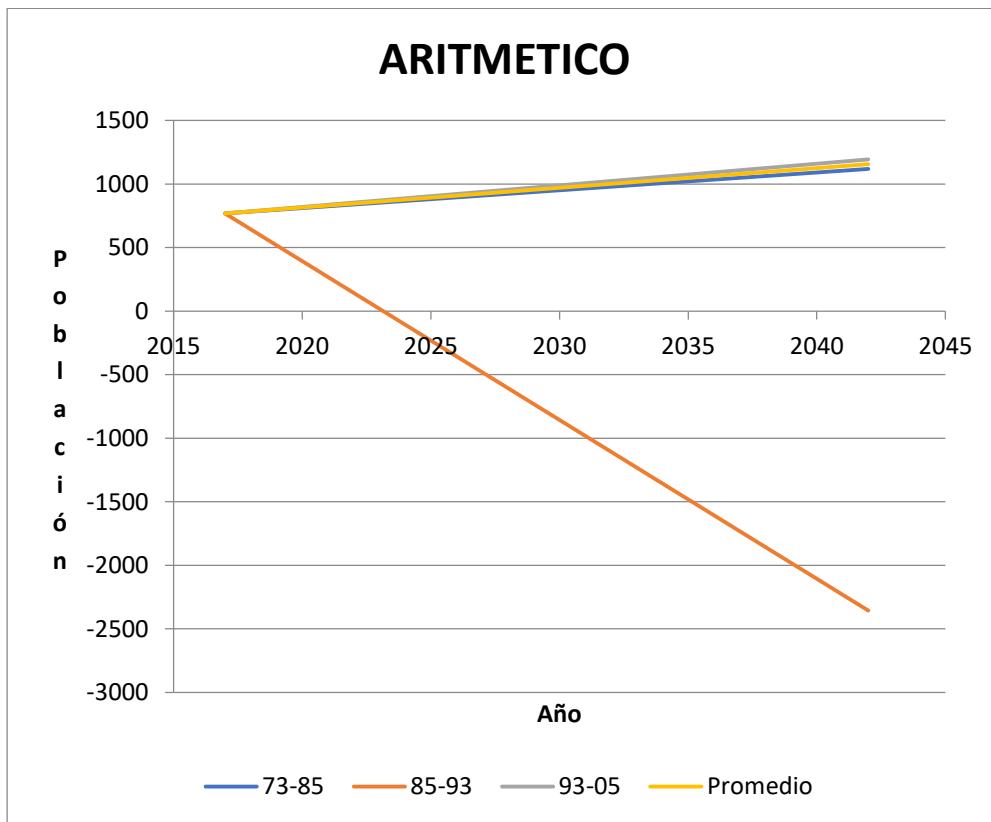
**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

6	2025	881	-231	905	893
7	2026	895	-356	922	909
8	2027	909	-481	939	924
9	2028	923	-606	956	940
10	2029	937	-731	973	955
11	2030	951	-856	990	971
12	2031	965	-981	1007	986
13	2032	979	-1106	1024	1002
14	2033	993	-1231	1041	1017
15	2034	1007	-1356	1058	1033
16	2035	1021	-1481	1075	1048
17	2036	1035	-1606	1092	1064
18	2037	1049	-1731	1109	1079
19	2038	1063	-1856	1126	1095
20	2039	1077	-1981	1143	1110
21	2040	1091	-2106	1160	1126
22	2041	1105	-2231	1177	1141
23	2042	1119	-2356	1194	1157
24	2043	1133	-2481	1211	1172
25	2044	1147	-2606	1228	1188

Fuente: Consultoría

Figura 3-3 Proyecciones De Población Método Aritmético



Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

### 3.3.2 Método Geométrico

El método geométrico es útil en poblaciones que muestren un apreciable desarrollo y cuenten con áreas de expansión, el crecimiento está dado por la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{UC} * (1+r)^{T_f - T_{uc}}$$

Dónde:

R: Tasa de crecimiento, dada por la siguiente ecuación:

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$$

Pf: Población proyectada para el año horizonte

Puc: Población del último censo

Tuc: Año del último censo

Pci: Población del censo inicial

Tci: Año del censo inicial

Tf: Año de la proyección

Con base en los registros de los censos existentes, se calcularon las tasas de crecimiento correspondientes a cada uno de los períodos intercensales para la población denominada resto del municipio de Nimaima (1973-1985, 1985-1993, 1993-2005), por último con el promedio de las tres tasas de crecimiento positivas, se realizó la proyección de población hasta el año 2042, donde la población inicial es la registrada por la junta prestadora del servicio de acueducto del Centro Poblado Tobia.

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos a partir de las proyecciones realizadas por este método:

**Tabla 3-7 Proyecciones De Población Método Geométrico**

Proyección De Población Centro poblado Tobia					
Ka	73-85	85-93	93-05	Promedio	
	0.4%	-3.6%	0.6%	0.5%	
Año Censo					
1973	3791				
1985	3961				
1993	2961				
2005	3165				
2017	769				
Año de implementación	Año Proyectado	73-85	85-93	93-05	Promedio
0	2017	769	769	769	769
0	2018	772	742	773	773
0	2019	775	715	778	776

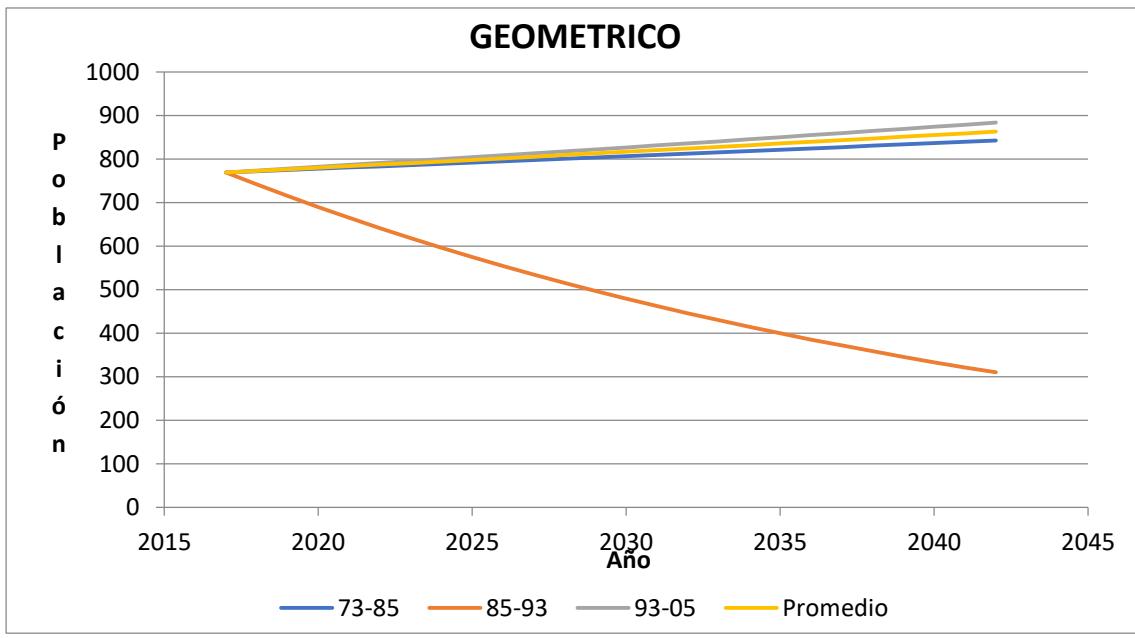
**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

1	2020	777	690	782	780
2	2021	780	665	786	783
3	2022	783	641	791	787
4	2023	786	618	795	791
5	2024	789	596	799	794
6	2025	792	575	804	798
7	2026	795	554	808	802
8	2027	798	535	813	805
9	2028	801	515	817	809
10	2029	803	497	822	813
11	2030	806	479	827	816
12	2031	809	462	831	820
13	2032	812	446	836	824
14	2033	815	430	840	828
15	2034	818	414	845	832
16	2035	821	400	850	835
17	2036	824	385	855	839
18	2037	827	372	859	843
19	2038	830	358	864	847
20	2039	833	345	869	851
21	2040	836	333	874	855
22	2041	840	321	879	859
23	2042	843	310	884	863
24	2043	846	299	888	867
25	2044	849	288	893	871

Fuente: Consultoría

**Figura 3-4 Proyecciones De Población Método Geométrico**



Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

### 3.3.3 Método Exponencial

Este método también es aplicable a municipios en desarrollo y con áreas de expansión, se rige por la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{ci} * e^{k(T_f - T_{ci})}$$

Dónde:

*k*: Tasa de crecimiento de la población, calculada como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, a partir de la siguiente ecuación:

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Dónde:

*Pcp*: Población censo posterior

*Pca*: Población censo anterior

*Tcp*: Año censo posterior

*Tca*: Año censo anterior

*Ln*: Logaritmo natural o neperiano

Con base en los registros de los censos existentes, se calcularon las tasas de crecimiento correspondientes a cada uno de los períodos intercensales para la población denominada resto del municipio de Nimaima (1973-1985 1985-1993, 1993-2005), por último con el promedio de las tres tasas de crecimiento positivas, se realizó la proyección de población hasta el año 2042, donde la población inicial es la registrada por la junta prestadora del servicio de acueducto del Centro Poblado Tobia.

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos a partir de las proyecciones realizadas por este método:

**Tabla 3-8 Proyecciones De Población Método Exponencial**

Ka	Año Censo	73-85	85-93	93-05	Promedio	
		0.4%	-3.6%	0.6%	0.5%	
<b>Año de implementación</b>						
1973		3791				
1985		3961				
1993		2961				
2005		3165				
2017		769				
Año de implementación		Año Proyectado	73-85	85-93	93-05	
0	2017	769	769	769	769	
0	2018	772	742	773	773	
0	2019	775	715	778	776	

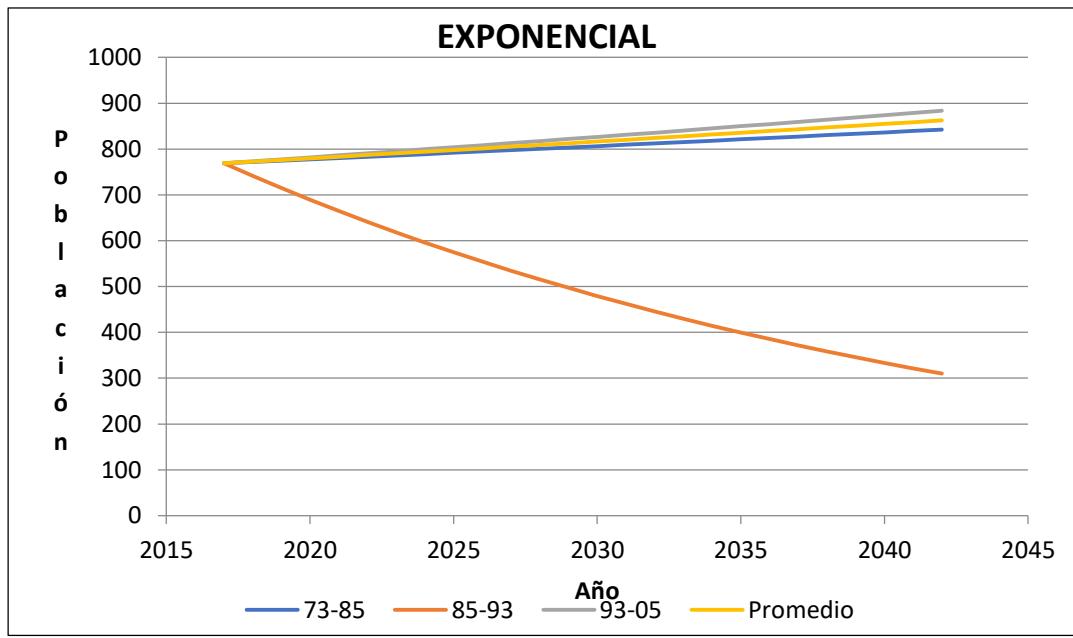
**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

1	2020	777	690	782	780
2	2021	780	665	786	783
3	2022	783	641	791	787
4	2023	786	618	795	791
5	2024	789	596	799	794
6	2025	792	575	804	798
7	2026	795	554	808	802
8	2027	798	535	813	805
9	2028	801	515	817	809
10	2029	803	497	822	813
11	2030	806	479	827	816
12	2031	809	462	831	820
13	2032	812	446	836	824
14	2033	815	430	840	828
15	2034	818	414	845	832
16	2035	821	400	850	835
17	2036	824	385	855	839
18	2037	827	372	859	843
19	2038	830	358	864	847
20	2039	833	345	869	851
21	2040	836	333	874	855
22	2041	840	321	879	859
23	2042	843	310	884	863
24	2043	846	299	888	867
25	2044	849	288	893	871

Fuente: Consultoría

Figura 3-5 Proyecciones De Población Método Exponencial



Fuente: Consultoría

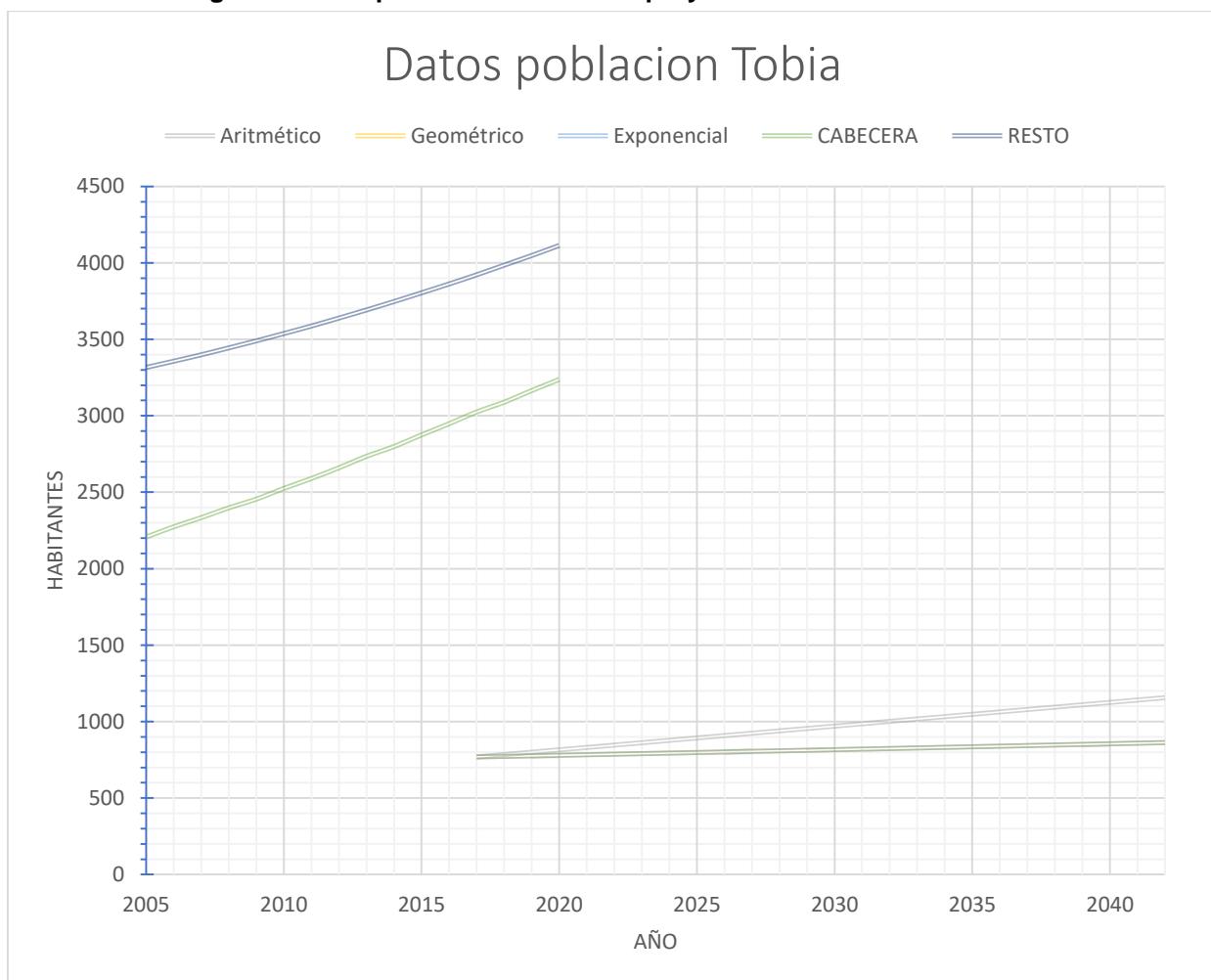
**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

### 3.3.4 Población Proyectada

Para el centro poblado Tobia mediante el método de proyección adoptado (aritmético), se obtuvo una tasa de crecimiento poblacional del 15.50 habitantes, correspondiente al 2% la cual en términos generales es un crecimiento elevado, no obstante, al observar las proyecciones DANE, se puede ver que el crecimiento para la zona urbana y para el resto de la población de Nimaima es considerable.

**Figura 3-6 Comparación métodos de proyección de Población Tobia**



**Fuente:** Consultoría

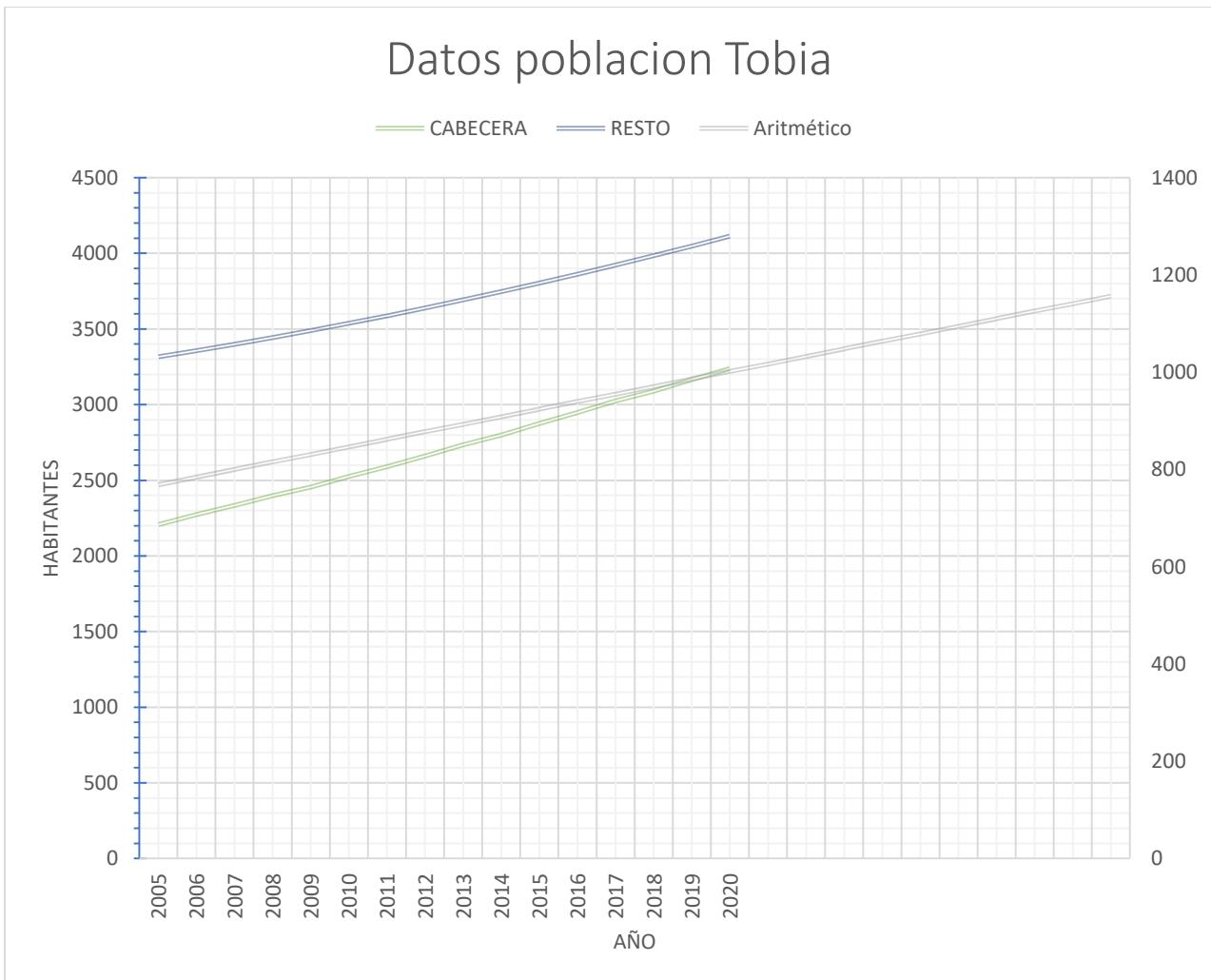
### 3.3.5 Método Adoptado

De los métodos proyectados el más cercano y con comportamientos similares a los establecidos por el DANE para la zona de estudio (proyección Cabecera y Resto municipio de Nimaima) es el Aritmético el cual proyecta una población para el horizonte de diseño de 1188 habitantes, la comparación se puede observar en la siguiente figura.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 3-7 Método seleccionado con extrapolación datos del DANE posterior al 2020**



**Fuente: Consultoría**

**Tabla 3-9 Población Proyectada**

Año Censo	Población
1973	440
1985	673
1993	479
2005	2321
2017	769

Año de implementación	Año Proyectado	Ka	Promedio
0	2017	15.5	769
0	2018	15.5	785
0	2019	15.5	800
1	2020	15.5	816
2	2021	15.5	831
3	2022	15.5	847

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

4	2023	15.5	862
5	2024	15.5	878
6	2025	15.5	893
7	2026	15.5	909
8	2027	15.5	924
9	2028	15.5	940
10	2029	15.5	955
11	2030	15.5	971
12	2031	15.5	986
13	2032	15.5	1002
14	2033	15.5	1017
15	2034	15.5	1033
16	2035	15.5	1048
17	2036	15.5	1064
18	2037	15.5	1079
19	2038	15.5	1095
20	2039	15.5	1110
21	2040	15.5	1126
22	2041	15.5	1141
23	2042	15.5	1157
24	2043	15.5	1172
25	2044	15.5	1188

Fuente: Consultoría

### **3.4 PROYECCIONES DE DEMANDA DE AGUA**

Para efecto de las proyecciones de demanda del municipio en estudio, se tomaron como consideraciones primarias aquellas referidas en los títulos A y B del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, como cartillas de buenas prácticas de ingeniería, donde se establecen rangos y valores de referencia para el diseño y optimización de los diferentes componentes del sistema de acueducto. Al igual que las disposiciones dictadas por la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017, como se detalla a continuación.

#### **3.4.1 Período De Diseño**

De acuerdo al artículo 40 de la resolución 0330 de 2017, para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como período de diseño 25 años.

#### **3.4.2 Dotación Neta**

De acuerdo a lo establecido por la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2018 se tiene que la dotación neta se determina con base a la información histórica de los consumos de los suscriptores siempre y cuando la información es consistente, para el centro poblado se tomó como base información de suscriptores, es importante aclarar que la información suministrada

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

es de lecturas mensuales y no es posible separar los consumos de fines de semana o días entre semana, por tanto estos consumos contemplan tanto la población fija como la flotante.

**Tabla 3-10 Determinación De La Dotación Neta Máxima**

MES	FACTURADO (M3)	PERDIDAS	SUSCRIP TORES	POBLACIÓN FIJA	POBLACIÓN FLOTANTE	TOTAL	Dotación (L/(hab-día))
Enero	3255	4329,15	248	769	485	1254	115,06
Febrero	2593	3448,69	248	769	485	1254	91,66
Marzo	2111	2807,63	248	769	485	1254	74,62
Abril	2528	3362,24	248	769	485	1254	89,36
Mayo	1957	2602,81	248	769	485	1254	69,18
Junio	2527	3360,91	248	769	485	1254	89,33
Julio	3084	4101,72	248	769	485	1254	109,02
Agosto	2784	3702,72	248	769	485	1254	98,41
Septiembre	2922	3886,26	248	769	485	1254	103,29
Octubre	2355	3132,15	248	769	485	1254	83,25
Dotación promedio							85,12

Fuente: Junta prestadora/análisis consultoría

Teniendo en cuenta el análisis realizado se determinó que la dotación neta para el centro poblado es de 85.12 litros habitante día.

### **3.4.3 Estimación De Pérdidas**

Teniendo en cuenta lo estipulado en el Artículo 44 de la Resolución 0330 de 2017, se tiene que el nivel de pérdidas máximo admisibles es del 25%, no obstante en la actualidad de acuerdo al E.O.T la cabecera del municipio presenta pérdidas mucho mayores 33% , las cuales han de ser reducidas al límite permisible, durante un periodo de 5 años por tanto para los cálculos de caudal se tomará como base durante los primeros 5 años el mayor valor el cual se debe reducir con la implementación del diseño realizado.

### **3.4.4 Dotación Bruta**

Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas que ocurren en el sistema de acueducto.

La dotación bruta para cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto, indistintamente del nivel de complejidad, se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:

$$D_{BRUTA} = \frac{D_{NETA}}{1 - \%P}$$

Dónde:

D<sub>BRUTA</sub>: dotación bruta.

D<sub>NETA</sub> : dotación neta.

%P : pérdidas técnicas máximas admisibles.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

### 3.4.5 Coeficientes de Caudales Máximos Diario y Horario

La determinación de los coeficientes de la demanda, se hace con base a lo establecido en el artículo 47 de la resolución 0330 de 2017 “**Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.3 ni el factor K2 superior a 1.6.**”.

- Coeficiente de Consumo Máximo Diario ( $K_1$ ) = 1,3
- Coeficiente de Consumo Máximo Horario ( $K_2$ ) = 1,6

### 3.4.6 Caudales De Diseño

A partir de los parámetros de diseño descritos anteriormente se procedió a realizar el cálculo de los distintos caudales de interés como lo son Caudal Medio Diario (q.m.d.), Caudal Máximo Diario (Q.M.D.) y Caudal Máximo Horario (Q.M.H.).

Los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, Sin las variaciones diarias y horarias que pueden presentar, se establecen en la siguiente tabla.

**Tabla 3-11 Caudales De Diseño**

Caudales de Diseño	
COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMD

**Fuente: Resolución 0330 de 2017**

Para el cálculo de dichos caudales se emplearon las siguientes ecuaciones:

- Caudal Medio Diario (q.m.d.):

$$q. m. d. = \frac{Poblacion (hab) * Dotación Bruta (l/(hab \cdot día))}{86400 s}$$

- Caudal Máximo Diario (Q.M.D.):

$$Q. M. D. = q. m. d. * K_1$$

- Caudal Máximo Horario (Q.M.H.):

$$Q. M. H. = Q. M. D. * K_2$$

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>Periodo de diseño (años)</b>	25
<b>Perdidas máximas admisibles</b>	25%
<b>Dotación neta (l/hab·día)</b>	85,12
<b>Coeficiente de consumo máximo diario</b>	1,3
<b>Coeficiente de consumo máximo horario</b>	1,6
<b>Población flotante</b>	1.9%
<b>Índice de Agua No Contabilizada</b>	33,0%

**Tabla 3-12 Proyección de demanda**

Año de implementación	Año	Población fija (hab)	Población flotante (hab)	Población total (hab)	Pérdidas (%)	Dotación bruta (l/hab·día)	Q.m.d (l/s)	Q.M.D (l/s)	Q.M.H (l/s)
0	2017	769	485	1254	33.0%	127.0	1.8	2.4	3.84
0	2018	785	494	1279	31.4%	124.1	1.8	2.4	3.82
0	2019	800	504	1304	29.8%	121.3	1.8	2.4	3.81
1	2020	816	513	1329	28.2%	118.5	1.8	2.4	3.79
2	2021	831	523	1354	26.6%	116.0	1.8	2.4	3.78
3	2022	847	533	1379	25%	113.5	1.8	2.4	3.77
4	2023	862	543	1405	25%	113.5	1.8	2.4	3.84
5	2024	878	553	1431	25%	113.5	1.9	2.4	3.91
6	2025	893	564	1457	25%	113.5	1.9	2.5	3.98
7	2026	909	575	1483	25%	113.5	1.9	2.5	4.05
8	2027	924	585	1509	25%	113.5	2.0	2.6	4.12
9	2028	940	597	1536	25%	113.5	2.0	2.6	4.20
10	2029	955	608	1563	25%	113.5	2.1	2.7	4.27
11	2030	971	619	1590	25%	113.5	2.1	2.7	4.34
12	2031	986	631	1617	25%	113.5	2.1	2.8	4.42
13	2032	1002	643	1645	25%	113.5	2.2	2.8	4.49
14	2033	1017	655	1672	25%	113.5	2.2	2.9	4.57
15	2034	1033	668	1700	25%	113.5	2.2	2.9	4.65
16	2035	1048	681	1729	25%	113.5	2.3	3.0	4.72
17	2036	1064	694	1757	25%	113.5	2.3	3.0	4.80
18	2037	1079	707	1786	25%	113.5	2.3	3.0	4.88
19	2038	1095	720	1815	25%	113.5	2.4	3.1	4.96
20	2039	1110	734	1844	25%	113.5	2.4	3.1	5.04
21	2040	1126	748	1873	25%	113.5	2.46	3.20	5.12
22	2041	1141	762	1903	25%	113.5	2.50	3.25	5.20
23	2042	1157	776	1933	25%	113.5	2.54	3.30	5.28
24	2043	1172	791	1963	25%	113.5	2.58	3.35	5.36
25	2044	1188	806	1994	25%	113.5	2.62	3.40	5.45

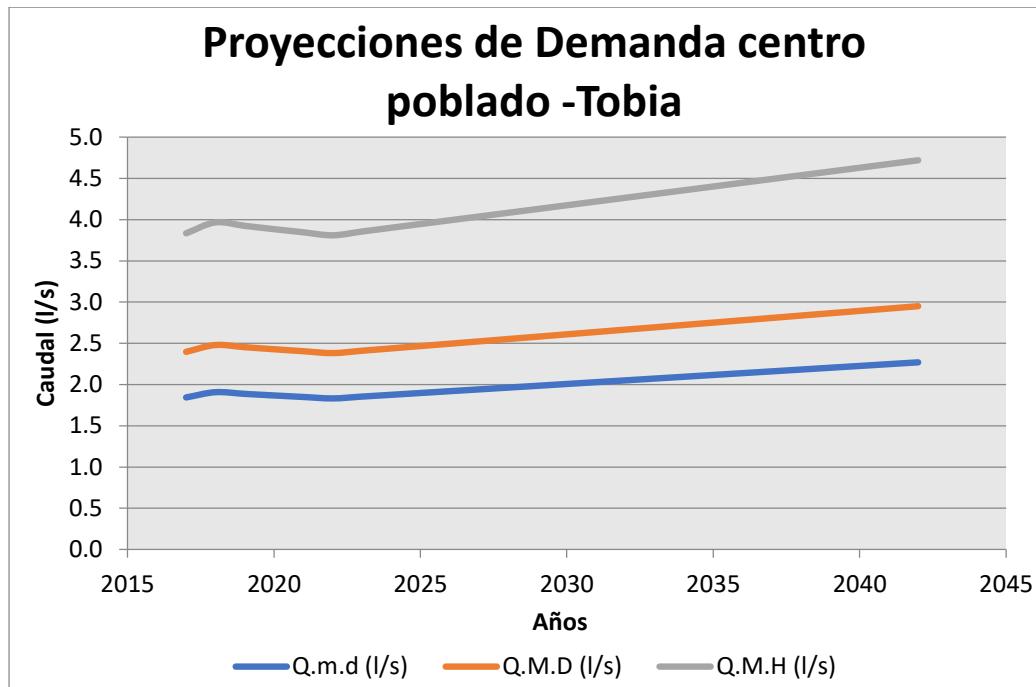
**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Figura 3-8 Proyección de demanda



Fuente: Consultoría

#### 4 CATASTRO SISTEMA DE ACUEDUCTO TOBIA

El catastro es una de las actividades fundamentales que se desarrollaron, para definir los Estudios y Diseños del sistema del centro poblado Tobia, se hizo la elaboración detallada del catastro de las redes existentes del sistema de acueducto y las estructuras existentes

Para el planteamiento de los estudios y diseños, se requiere determinar las condiciones de funcionamiento de la infraestructura existente, mediante un diagnóstico desde el punto de vista hidráulico, para lo cual se requiere conocer las condiciones físicas de cada uno de los componentes del sistema, especialmente las relacionadas a la localización, dimensiones y características de los materiales de construcción.

El presente capítulo relaciona los aspectos concernientes al catastro ejecutado por el consultor, dentro del desarrollo del contrato, para cada una de las estructuras existentes.

Las diferentes sub-actividades desarrolladas, se realizaron dentro de los parámetros y condiciones establecidas por el Reglamento de Agua potable y Saneamiento básico (Res. 0330 de 2017) y las características especiales encontradas en el centro poblado

El catastro, se efectuó considerando adicionalmente, los requisitos exigidos de codificación y georreferenciación de cada uno de los elementos existentes.

La realización de un catastro confiable permitirá establecer de manera segura una evaluación real de las condiciones de funcionamiento y de operación de las obras existentes, así como la definición de las obras requeridas hacia el futuro, con el fin de

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

cumplir las normas y metas establecidas por las diferentes entidades que rigen los sistemas y suplir especialmente las necesidades actuales y futuras de la población y de los usuarios en particular.

#### **4.1 ACTIVIDADES DE CATASTRO**

Teniendo como base el levantamiento topográfico detallado y la confirmación mediante la realización de apiques en campo, los cuales permitieron descubrir e identificar las características físicas de la infraestructura enterrada especialmente. El alcance específico correspondió a:

- Localización general georreferenciada, por medio de los levantamientos topográficos, amarradas al sistema del Instituto Geográfico Agustín Geográfico, IGAC.
- Catastro de conducciones, determinando las siguientes características: diámetros, longitudes, material, estado, profundidades.
- Catastro de válvulas, indicando las siguientes características particulares: localización, marca, cotas, diámetro, tipo, acoples, estado, funcionamiento, existencia y tipo de caja, tapas y fechas de instalación.
- Hidrantes: localización, cotas, marca, tipo, diámetro, válvula de control, estado, en funcionamiento.
- Accesorios en general, determinando la localización, cotas, tipo de accesorio (codos, tees, reducciones y otros).
- Estructuras especiales:
  - Captación en quebrada La Berbería (captación de fondo, rejilla, cámara de derivación y muros de protección).

**Fotografía 4-1 Captación en Berbería**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

- Como refuerzo al sistema de abastecimiento se cuenta con una captación artesanal sobre el río Negro

**Fotografía 4-2 Captación artesanal Río Negro**



**Fuente: Consultoría**

- Tanques desarenadores

**Fotografía 4-3 Tanque desarenador**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

- Planta de tratamiento de agua potable (planta convencional, edificio de operación).

**Fotografía 4-4 PTAP**



**Fuente: Consultoría**

- Tanque de almacenamiento.

**Fotografía 4-5 Tanque de almacenamiento**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

- Catastro de redes, mediante la localización, nivelación, diámetro, material y estado.

#### **4.2 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO**

El catastro de redes e infraestructura realizado, se rigió por los requisitos consignados en los términos de referencia, el documento se basa en la descripción de las siguientes actividades principales:

- Actividades preliminares, relacionadas con la preparación de la metodología a desarrollar.
- Elaboración de los planos maestros basado en la información preliminar levantada en terreno
- Inspección general y recorrido general en el centro poblado Tobia, identificando la infraestructura existente.
- Preparación de las fichas correspondientes a ser llenadas por el personal asignado.
- Realización de apiques de acuerdo a la programación y necesidades específicas, por otro lado, en el centro poblado Tobia se evidenciaron varios tramos de tubería en la superficie del terreno
- Ejecución y levantamiento de campo del catastro propiamente dicho, diligenciando las fichas correspondientes.
- Procesamiento de la información recopilada e integralidad con los levantamientos topográficos.
- Elaboración del informe correspondiente.

El documento está estructurado de manera tal que permita entenderse el procedimiento de campo en la ejecución del catastro, los análisis de información y los resultados generales.

Con el levantamiento de catastro se determinan las características del sistema de acueducto del centro poblado Tobia para realizar el diagnóstico hidráulico y operacional de cada una de las estructuras catastradas.

#### **4.3 RECONOCIMIENTO DE CAMPO**

Como parte de las tareas preliminares ejecutadas para la elaboración del catastro de la infraestructura existente, se realizó un reconocimiento detallado de campo en compañía de los funcionarios que construyen y operan los sistemas existentes (fontanero y operarios de los sistemas), quienes tienen el conocimiento detallado de la existencia y estado de cada elemento, por lo tanto, junto con ellos, se determinaron las siguientes características:

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

- Localización aproximada, confirmada con los levantamientos topográficos.
- Tipo de elemento y/o estructura.
- Estado de los diferentes elementos.
- Definición del material.
- Determinación de la problemática de operación.
- Definición o recomendaciones para su optimización o reemplazo, válida para plantear las alternativas de optimización y diseño de los diferentes elementos.

#### **4.4 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS**

Parte de las actividades para la elaboración del catastro de redes, corresponde a los levantamientos detallados desde el punto de vista topográfico, teniendo en cuenta la necesidad de presentar adecuadamente las localizaciones georreferenciadas de cada elemento inventariado.

Para el centro poblado Tobia en particular, presenta el correspondiente informe general de topografía, en donde se detallan claramente los trabajos realizados, tales, como: levantamiento de la poligonal cerrada partiendo de placas certificadas por el IGAC o mojones posicionados mediante GPS, levantamiento de la captación, desarenador, planta de tratamiento, tanques de almacenamiento, Aducciones, conducciones, redes en general.

#### **4.5 ELABORACIÓN DE LAS FICHAS DE CATASTRO**

Se elaboraron las fichas de catastro, las cuales se presentan en los anexos, correspondientes a la infraestructura, en el ANEXO 3.2 se presentan las fichas de campo.

#### **4.6 EJECUCIÓN DE APIQUES**

Con el fin de tener un conocimiento más detallado de la infraestructura, especialmente aquella que se encuentra enterrada (conductos y accesorios para el sistema de acueducto), se procedió a realizar apiques que permitieran destapar, ver y dimensionar aquella infraestructura oculta. Los resultados obtenidos se muestran en los respectivos formatos de inventario desarrollados.

En el ANEXO 3.1 se presenta el registro fotográfico del catastro realizado al sistema de acueducto del centro poblado Tobia.

#### **4.7 EJECUCIÓN DEL CATASTRO**

Basados en los documentos y actividades desarrolladas previamente, se realizó el correspondiente catastro de redes y estructuras hidráulicas, el cual se presenta en el presente informe y cuenta con los siguientes apéndices:

El ANEXO 3.1 Registro Fotográfico.

El ANEXO 3.2 Fichas correspondientes al catastro del sistema de acueducto.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

El ANEXO 3.3 Planos correspondientes al catastro del sistema de acueducto, estructuras que componen el sistema.

## **5 DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA**

El sistema de acueducto abastece a la población del centro poblado Tobia y parte del sector rural además de algunos habitantes de las veredas vecinas la conducción con agua cruda a lo largo de la vía que comunica el centro poblado con el del municipio de Nimaima usuarios los cuales están clasificados en la base de datos de la junta prestadora del servicio como “VÍA”. Actualmente la junta de usuarios del centro poblado tiene 248 suscriptores.

La distribución al centro poblado se realiza desde dos tanques localizados aguas abajo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable por gravedad a todos los sectores, por otro lado, la distribución de agua cruda se realiza sobre la línea de conducción desde el tanque desarenador y a lo largo de los 4.2 km de tubería.

En el año 2015 la junta prestadora del servicio de acueducto del centro poblado Tobia realizó la solicitud ante la CAR para la concesión de aguas, luego de subsanar una serie de requisitos exigidos por la entidad el 23 de mayo de 2017 por medio de la resolución 1298 la CAR otorgó una concesión de agua para el sistema por 1.05 l/s, tomando en cuenta las visitas de campo realizadas.

En el ANEXO 1.4 se encuentra la concesión de aguas otorgadas por la CAR al sistema de acueducto.

De acuerdo a lo manifestado por la junta prestadora hasta el año 1981 el abastecimiento de agua se realiza por sistemas artesanales por medio de mangueras agrícolas y nacederos, hacia el año 1981 durante el gobierno de Enrique Rueda Rivero se construyó el sistema de acueducto que opera actualmente, es decir que a la fecha tiene 37 años de construido.

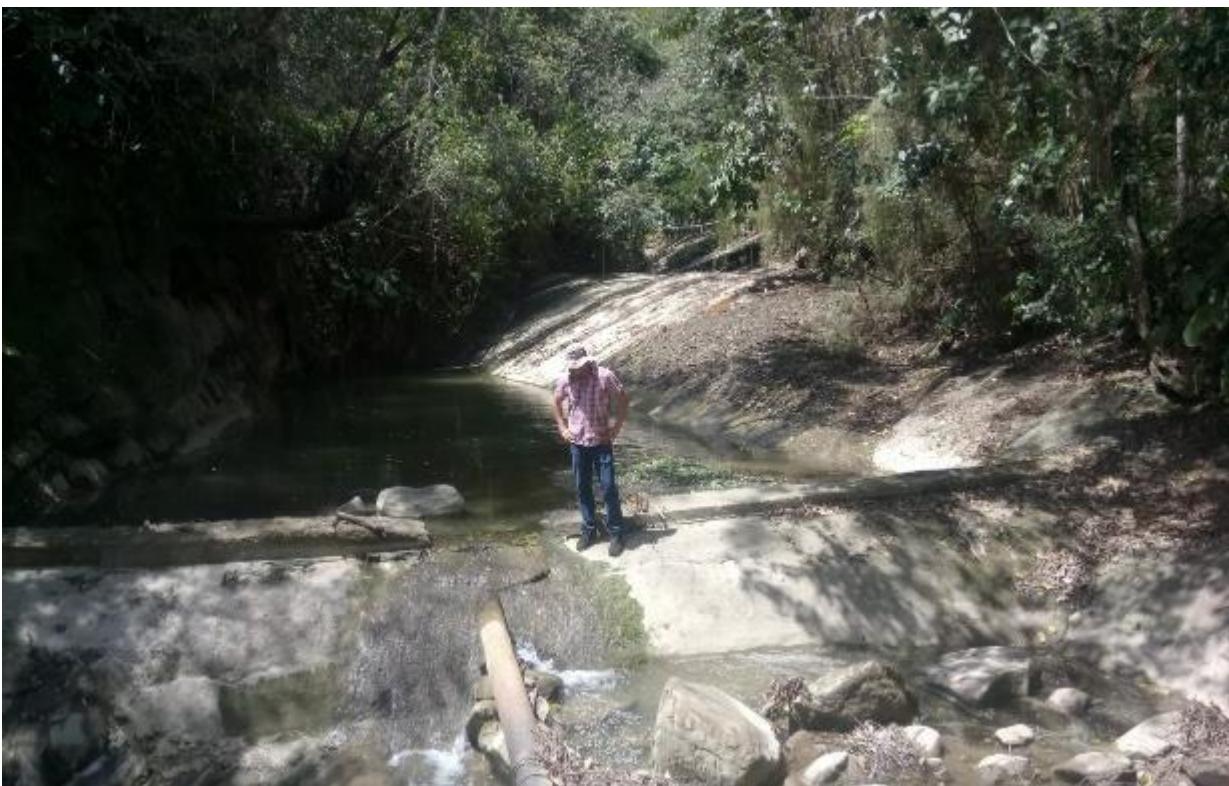
### **5.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO**

El sistema de acueducto se alimenta por gravedad de una fuente de agua superficial, denominada quebrada La Berbería, cuya capacidad está disminuida en los períodos de verano, que son intensos durante los meses de junio y julio de acuerdo a la información del estudio hidrológico (datos de la estación pluviométrica Fca Chilagua).

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-1 Fuente De Abastecimiento**



**Fuente: Consultoría**

Teniendo en cuenta los resultados del estudio hidrológico el Tiempo que el caudal es Excedido o Igualado en un 95% es de 1.70 l/s el cual según lo analizado en la proyección de población y demanda es inferior a los 2.62 l/s de q.m.d. por la población proyectada al horizonte de diseño.

Como conclusión del diagnóstico de la fuente de abastecimiento podemos afirmar que la fuente no tiene la capacidad para abastecer la población del centro poblado Tobia ni en la actualidad ni para el horizonte de diseño del proyecto.

## **5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA**

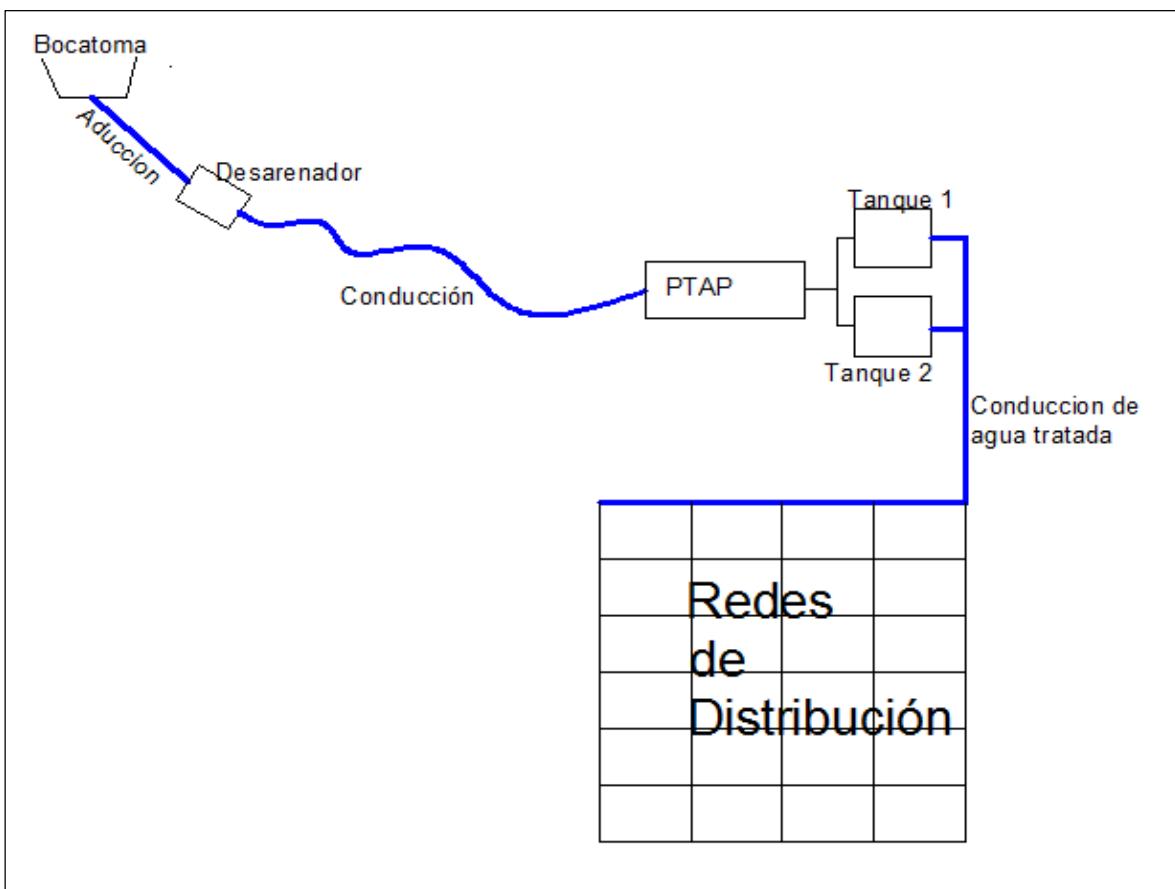
El agua captada en la bocatoma es conducida mediante tubería a la estructura de desarenación; desde este punto se conduce a la planta potabilizadora. La PTAP del municipio es del tipo convencional construida en concreto reforzado, actualmente se encuentra en funcionamiento, el sistema está compuesto por, sistema de mezcla rápida de flujo helicoidal, floculador hidráulico, un módulo de sedimentación ascendente con paneles de ABS tipo colmena y un filtro de arena, antracita y grava, con flujo descendente, posteriormente el agua va a dos tanques de almacenamiento para ser distribuida en las redes del centro poblado Tobia.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 5-1 Esquema General Del Sistema De Acueducto**



Fuente: Consultoría

#### 5.2.1 Captación Quebrada La Berbería

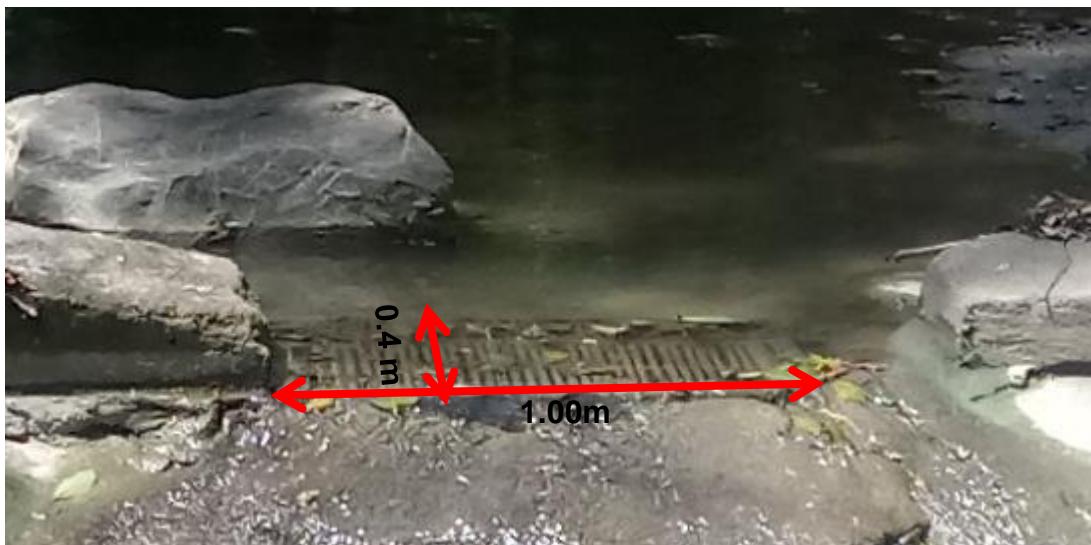
Es del tipo de fondo, construida en concreto, esta estructura, fue construida en el año de 1979 por la asociación de la época con la ayuda del Ministerio de Salud (Oficina de Saneamiento) de acuerdo a lo mencionado por el fontanero del centro poblado, la rejilla ocupa el 10% del fondo, ubicada sobre un muro que cumple con la función de presa; la rejilla está formada por un ángulo de acero perimetral y varillas redondas de 1/2", separadas 3.00mm entre caras de sección rectangular, de 1.00m de largo, y ancho de 0.40m

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-2 Rejilla De Captación**



**Fuente: Consultoría**

El lecho de la quebrada en donde se localiza la captación es de pendiente media al final de una presa formada por el muro donde se ubica la rejilla, del orden al 1.5%, por lo que la velocidad de llegada del agua es baja; la estructura del fondo de la captación está a ras con el lecho de la quebrada aguas arriba; mientras que hacia aguas abajo presenta una pendiente alta sobre una roca.

El agua captada ingresa a un canal que distribuye hacia dos cámaras de derivación la primera localizada en la margen derecha del río la cual hace parte de un acueducto veredal y la segunda cámara localizada sobre la margen izquierda la cual captta el recurso para el centro poblado Tobia. La conducción de agua se realiza a través de una tubería de 8" en H.D hacia la cámara de derivación en donde se encauza hacia el desarenador, por una tubería de aducción en acero y PVC de 4".

La cámara de derivación está localizada en la margen izquierda del cauce de la quebrada; es de sección cuadrada de 1.80m y 1.60m de profundidad; cuenta con tapa removible para el acceso y limpieza.

En la cámara de derivación existe una compuerta de control, pero se carece de un vertedero de excesos, que eviten conducir al desarenador un caudal mayor al requerido.

La cámara de arietamiento recibe el agua cruda que viene del canal de recolección y su función es estabilizar el flujo del agua de tal manera que permita una entrada moderada de la misma al sistema de aducción, con unos tiempos de retención relativamente bajos.

La tubería que comunica la rejilla de captación y la cámara de derivación (hf 8") está en malas condiciones estructurales ya que esta golpeada por las rocas que transporta la quebrada en eventos de lluvia.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-3 Bocatoma Quebrada La Berbería**



**Fuente: Consultoría**

**Fotografía 5-4 Bocatoma Quebrada La Berbería Cámara De Derivación Acueducto Veredal**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**5.2.1.1 Evaluación de la capacidad hidráulica de la captación**

Para realizar el análisis hidráulico de la bocatoma del sistema de acueducto se empleó la siguiente metodología:

El primer paso para el diagnóstico de la bocatoma es verificar que el caudal de diseño, sea inferior al caudal mínimo manteniendo el caudal ecológico de la quebrada en el sitio de captación. Con el fin de obtener el caudal mínimo del río se recurrió al estudio hidrológico de la cuenca.

En este orden de ideas los caudales que presenta la Quebrada la Berbería son:

**Tabla 5-1 Caudales Fuente De Abastecimiento**

	Oferta Vs Demanda Hídrica	Valor	Unidad	Observaciones
Oferta	Caudal mínimo	1,7	l/s	Caudal mínimo con el 95% de excedencia
	Caudal medio	298,1	l/s	Caudal medio con el 50% de excedencia
	Caudal máximo	1,57	m³/s	Método SCS Hec Hms 3.1
Demandda	Caudal requerido a 2017	2,40	l/s	La demanda actual supera el caudal ofertado en 0.7 l/s
	Caudal requerido a 2044	3.4	l/s	La demanda futura supera el caudal ofertado en 1.7 l/s

Fuente: Consultoría

PARÁMETRO DE ENTRADA	UNIDAD	SÍMBOLO	VALOR
Caudal de diseño captación de fondo	l/s	QD = QMD	3.4
	m³/s		0.0034
Inclinación de las rejillas	%	Ir	1.5
Separación entre barrotes	mm	Sb	30.00
	cm		3.00
	m		0.003
Diámetro de los barrotes	Pulgadas	Øb	0.62
	cm		1.57
	m		0.02
Longitud de la rejilla	cm	Lr	100.00
	m		1.00
Velocidad del flujo en la rejilla	m/s	V <sub>fr</sub>	0.15
Coeficiente de pérdidas menores de la rejilla	Adimensional	K	0.70
Número de rejillas	---	Nr	1.00
Número de barrotes calculado	Unidades	n = (Lr - a) / (d+a)	27
Número de espacios calculado	Unidades	N = n + 1	28
Longitud de la rejilla real útil	m	L <sub>rú</sub> = (n * Øb) + (N*Sb)	0.95
Área neta de la rejilla calculada	m <sup>2</sup>	A <sub>neta</sub> = Ar * Sb * N	0.18
Ancho de la rejilla	m	Ar	0.40
Caudal a través de la rejilla	l/s	Q <sub>r</sub> = K * A <sub>neta</sub> * V <sub>fr</sub> * Nr	16.38
	m³/s		0.02
Caudal de excesos	l/s	Q <sub>excesos</sub> = Q <sub>r</sub> - QD	12.71
	m³/s		0.01
Espesor inicial de muros de contención	m	E <sub>imc</sub>	0.00

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

PARÁMETRO DE ENTRADA	UNIDAD	SÍMBOLO	VALOR
Longitud de libre de la presa	m	$L_{ip}$	8.20
Longitud del vertedero de mínima	m	$L_{mín} = (L_r * N_r) + 2L_{ip}$	17.40
Longitud del vertedero de máximas	m	$L_{máx}$	18.20
Valor de la gravedad	$m/s^2$	$g$	9.81
Altura del agua sobre la placa	m	$Y_1 \approx Y_c = (Q_{mín}^2/g L_{mín}^2)^{(1/3)}$	0.001
Profundidad crítica	m		0.001
Velocidad de aproximación	$m/s$	$V_{ap} = Q_{mín} / L_{mín} * Y_1$	0.098
Energía específica sobre la reja	m	$E = Y_1 + V^2/2g$	0.0015
Lámina de agua para las condiciones de diseño	m	$H = (Q_{dis} / 1.84 * L_{mín})^{(2/3)}$	0.002
Velocidad del río sobre la presa	$m/s$	$V_{rp} = Q_{dis} / L_{mín} * H$	0.84
Ancho del canal recolector	m	$A_{cc}$	0.4
Pendiente del canal de recolección	$m/m$ %	$S_{cc}$	0.02
Longitud del canal de recolección			2.00
Profundidad crítica	m	$Y_c = (Q_r^2/g A_{cc}^2)^{(1/3)}$	0.055
Velocidad en el canal	$m/s$	$V_c = (g * Y_c)^{1/2}$	0.29
Altura el agua a la salida del canal	m	$H_2 = 1.1 Y_c$	0.061
Altura del agua en la entrada del canal	m	$H_1$	0.005
Velocidad de salida del canal	$m/s$	$V_{salida} = Q / A$	0.67
Profundidad mínima para el canal	m	$P_c = H_1 + 0.1$	0.105
Profundidad adoptada para el canal	m	$P_c > 0.25 m$	0.2500
Caudal que puede trasportar el canal recolector	$l/s$ $m^3/s$	$Q_{Cc} = V_{salida} * A_{Cc} * P_c * 0.7$	46.95
Alcance del chorro al filo superior			0.047
Alcance del chorro al filo inferior	m	$X_s = (0.36 * V^{(2/7)}) + (0.60 * H *^{(4/7)})$	0.34
B de la cámara necesario	m	$X_i = (0.18 * V^{(4/7)}) + (0.74 * H *^{(0.75)})$	0.17
Longitud útil de la cámara de recolección	m	$B_{cámara} = X_s + 0.3$	0.64
Ancho útil de la cámara de recolección	m	$A_{úca}$	1.50
Altura de la lámina de agua sobre el dique	m	$H_{calculado} = (Q_{máx} / 1.84 * L_{máx})^{(2/3)}$	0.130
Altura de los muros laterales	m	$H_{muros} = 0.35m + H_{calculado}$	0.480
Caudal medio de excesos	$l/s$ $m^3/s$	$Q_{Mexcesos} = Q_{Mc} - QD$	39.93
Altura media de la lámina de agua sobre la rejilla			0.04
Coeficiente de descarga	Adimensional	$C$	0.30
Área neta de la rejilla calculada	$m^2$	$A_{neta} = Ar * Sb * N$	0.15
Caudal medio captado	$l/s$ $m^3/s$	$Q_{Mc} = C * A_n * (2 * g H_{Media})^{(0.5)}$	43.60
Longitud del vertedero de excesos			0.04
Longitud del vertedero de aducción	m	$L_{vex}$	0.85
		$L_{va}$	0.50

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

PARÁMETRO DE ENTRADA	UNIDAD	SÍMBOLO	VALOR
Altura de la lámina de excesos	m	$H_{Media} = (Q_{Excesos} / 1.84 * L_{Vex})^{(2/3)}$	0.08
Altura de la lámina de diseño	m	$H_{Diseño} = (Q_{Diseño} / 1.84 * L_{Va})^{(2/3)}$	0.02
Velocidad de excesos	m/s	$V_{Excesos} = Q_{Excesos} / L_{Vex} * H_{Excesos}$	0.54
Alcance del chorro producido por los excesos	m	$X_{se} = (0.36 * V^{(2/7)}) + (0.60 * H * ^{(4/7)})$	0.38
	m	$X_{sef} = X_{se} + 0.30$	0.70
Pendiente media de la tubería de excesos	m/m	$S_{Cc}$	0.03
	%		3.00
Tipo de tubería	---	---	PVC RDE 32.5
Coeficiente de rugosidad	Adimensional	C	150
Diámetro de excesos requerido	m	$D = (Q_{Excesos} / (0.2785 * C * i))^{(1/2.63)}$	0.15
	mm		198.21
	Pulgadas		8.00

Fuente: Consultoría

La rejilla dispuesta para la captación sobre la quebrada la Berbería tiene una capacidad de captación de 16.38 l/s muy superior a la demanda del periodo de diseño la cual es de 3.4 l/s, por otro lado, se determinó que el caudal de excesos debiera ser evacuado por una tubería de 8 pulgadas dispuesta en la cámara de derivación.

### 5.2.2 Aducción – Cámara De Derivación A Desarenador

La línea de aducción comunica la cámara de derivación de caudal con la estructura de desarenación tiene una longitud de 260 metros, en PVC, 4", RDE 21 la tubería no se encuentra en buenas condiciones operativas, tiene reparaciones con elásticos de llantas, tratando de tapar las fugas, el tramo inicial esta superficial, en acero hasta la abscisa K0+006 no cuenta con accesorios de operación tales como purgas o ventosas, en la abscisa K0+067.46 cuenta con una perforación de  $\frac{1}{2}$ " la cual está dotada de un tapón, de acuerdo a la información suministrada por el fontanero para el vaciado y llenado de la tubería debe remover dicho tapón para realizar la maniobra.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

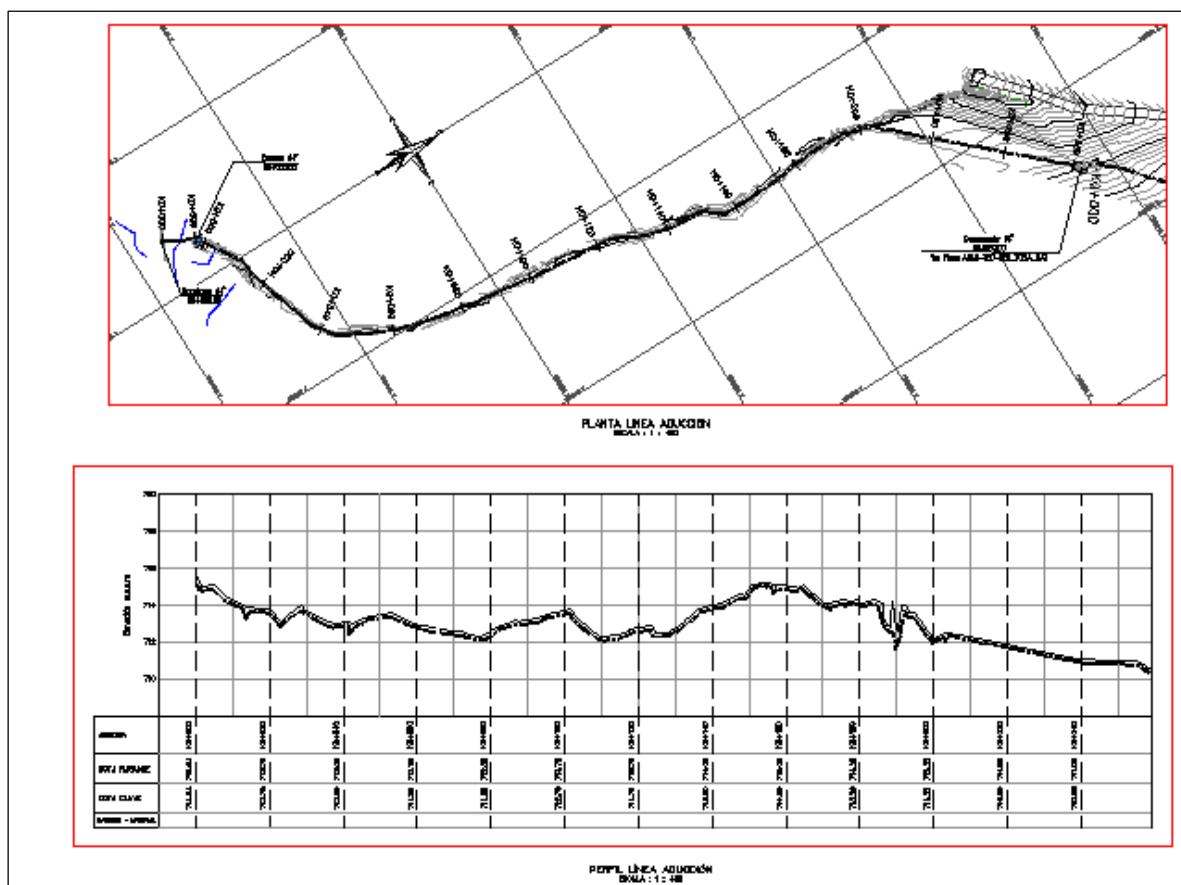
**Fotografía 5-5 Línea De Aducción Acueducto Tobia**



**Fuente: Consultoría**

La cota de salida de la captación corresponde a 714.69 msnm y la cota de llegada al desarenador es 709.69 msnm, es decir cuenta con una caída media de 5.00 m Los detalles de este primer tramo se ilustran en la siguiente imagen.

**Figura 5-2 Detalles primer tramo**



**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Como se mencionó anteriormente la línea de aducción presenta problemas operativos, existen tramos de tubería reparados con mangueras y uniones amarradas con elásticos las cuales tienden a soltarse por la presión interna de la tubería.

Además, existe un tramo de tubería que tiene problemas de deslizamientos, estos debido a la inestabilidad del terreno debido a pérdida de cobertura vegetal por la acción antrópica

**Fotografía 5-6 Línea De Aducción Acueducto Tobia**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**5.2.2.1 Evaluación de la capacidad hidráulica aducción Cámara - Desarenador**

Para la evaluación hidráulica del sistema de acueducto existente se trabajó con la investigación en campo de cada uno de los componentes del sistema instalado, y con los parámetros de población, demanda y presiones de servicio establecidas en el reglamento técnico Res. 0330 de 2017 y sus modificaciones.

Se analiza al tramo de aducción, bajo el Caudal Máximo para la condición actual y la condición futura.

**Tabla 5-2 Capacidad hidráulica Aducción**

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal de diseño 2017	l/s	2,40
Caudal de diseño 2044	l/s	3.40
Caudal de diseño 2017	m <sup>3</sup> /s	0,00240
Caudal de diseño 2044	m <sup>3</sup> /s	0,00340
Cota Lomo tubería de salida (Bocatoma)	msnm	714,59
Cota lomo tubería de llegada (Desarenador)	msnm	710,12
Altura estática	m	4.47
Diámetro Comercial	(")	4,00
Diámetro externo	mm	100,00
Espesor pared	mm	2,74
Diámetro Interno	mm	97,26
Diámetro Interno	m	0,0973
Área de la sección de flujo de agua	m <sup>2</sup>	0,0074
Material	---	PVC
Número de Manning	---	0,01
Relación diámetro espesor	---	21
Pérdidas totales	m/m	0,0126
Longitud Total	m	260
Coeficiente rugosidad (Hazen - Williams)	---	150
Perímetro de la sección de flujo de agua	m	0,3056
Radio Hidráulico	m	0,0243
Capacidad instalada	m <sup>3</sup> /s	0,0086
<b>Capacidad instalada</b>	<b>Lps</b>	<b>8,56</b>
Velocidad	m/s	1,15

Fuente: Consultoría

La capacidad instalada de la tubería de aducción es de 8.56 l/s, capacidad superior a la demanda actual y proyectada, sin embargo, la tubería debe ser reemplazada debido a su mal estado operativo.

Para condiciones de flujo uniforme se tiene las siguientes características de flujo en la línea:

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Tabla 5-3 Evaluación de las velocidades en la aducción**

Caudal (l/s)	Mínimo	Medio	Limitante
	2.45	2.62	8.56
Diámetro	4	0.30	0.32

Fuente: Consultoría

### 5.2.3 Desarenador

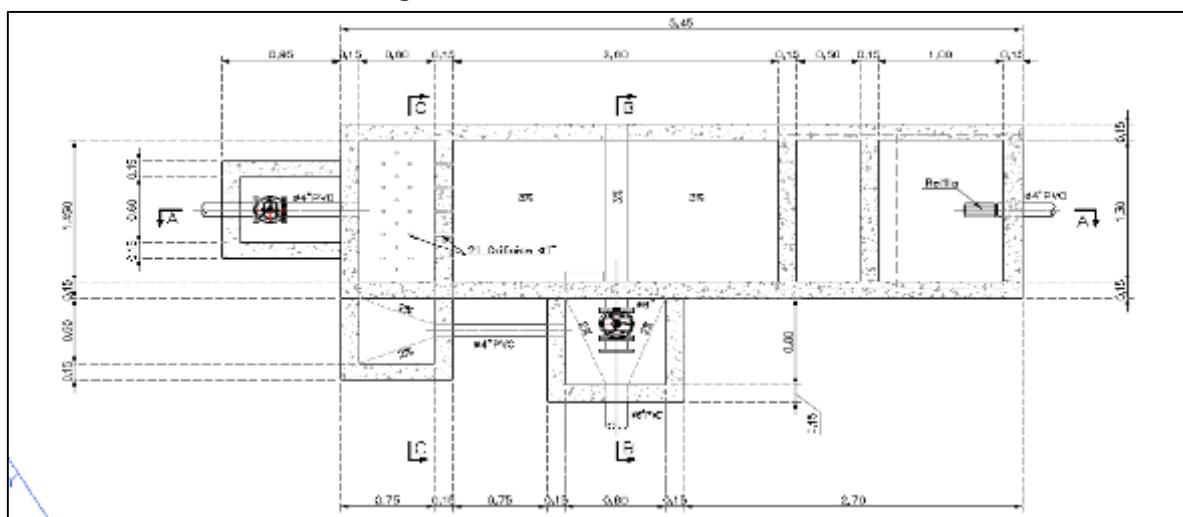
La estructura de desarenación es de tipo convencional cuenta con una transición entre el flujo en un conducto circular a uno rectangular compuesto por un bafle con 21 perforaciones de 1" el área de sedimentación es de 4.03 m<sup>2</sup> con una pendiente de 3% hacia el centro de la mismas donde se cuenta con una válvula para evacuación de lodos, además cuenta con un muro de 0.40 metros de altura para la retención de sólidos flotantes la salida del desarenador se realiza por medio de una tubería de 4" PVC.

Las dimensiones principales del desarenador son las siguientes:

- Longitud = 4.4m
- Ancho = 1.30 metros
- Espesor de muros 0.15m

El desarenador carece de una estructura redundante, o en su defecto de una tubería de paso directo, que permita llevar a cabo labores de limpieza y mantenimiento, sin sacar de servicio el suministro de agua cruda a la PTAP. Se recomienda construir el dispositivo de paso directo, en tubería de 8", y la instalación de una válvula de compuerta de 8" al inicio del paso directo.

**Figura 5-3 Planta General Desarenador**



Fuente: junta prestadora servicio acueducto Tobia

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-7 Cerramiento De Protección Desarenador**



**Fuente: Consultoría**

Se recomienda proveer un paso directo (by-pass a desarenadores), para mantener el suministro mientras se efectúan las labores de lavado de la estructura. En este caso no se cuenta con un bypass.

En el ANEXO 3.1 se presenta un registro fotográfico detallado de la estructura

Con el fin de aproximarse lo más posible al flujo en pistón, se recomienda un tanque rectangular con una relación de longitud a ancho (L/B) entre 3/1 y 5/1. En este caso se tiene una relación aproximada de 3/1, teniendo en cuenta que el desarenador tiene una longitud útil de 4 m y ancho útil 1.30 m.

Desde el punto de vista físico se observa que la estructura se encuentra en buen estado y no presenta fallas estructurales.

La profundidad mínima especificada es de 1.50 metros y la máxima 4.50 metros. Para este caso la profundidad útil del desarenador es 1.80 m teniendo en cuenta que existe un borde libre de 0.20 m.

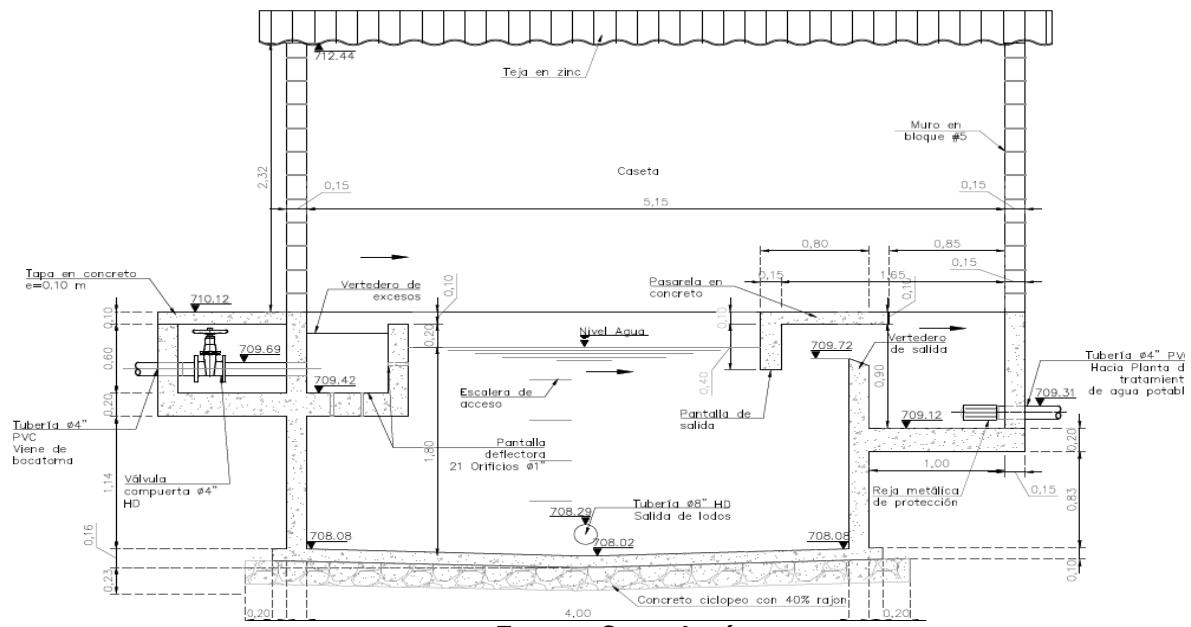
Según la literatura, la profundidad máxima para la acumulación de arenas es 0.40 metros. Las pendientes del fondo deben estar comprendidas entre el 1% y el 8% con el fin de que los lodos rueden fácilmente hacia la tubería de desagüe y la labor de limpieza manual sea segura para los operarios.

En este orden de ideas, el desarenador existente cumple con este parámetro ya que la pendiente de entrada es de 3.0% y la de salida es de 3.0%. En cuanto al volumen máximo previsto para el almacenamiento de lodos es de 0.52 m<sup>3</sup> teniendo en cuenta que la profundidad dispuesta es de 10 cm.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 5-4 Planta General Desarenador**



Fuente: Consultoría

#### 5.2.3.1 Evaluación de la capacidad hidráulica del desarenador

Para realizar el análisis hidráulico del desarenador se empleó la siguiente metodología (sedimentación Hazen y Stokes) y las siguientes especificaciones de diseño:

El tiempo de retención mínimo del desarenador es de 20 minutos. Para esta condición, el caudal máximo que puede tratar la estructura será:

$$Q = V/t = (4.00 * 1.30 * 1.80) \text{ m}^3 \times 1000 / 1200 \text{ Segundos} = 7.80 \text{ L/s}$$

Para determinar la capacidad hidráulica del desarenador se tendrá en cuenta que de acuerdo con las normas Res. 0330 de 2017 el desarenador debe estar en capacidad de remover partículas desde 0,1 mm.

Temperatura del agua: 18°C

Viscosidad cinemática: 0.011400078 cm<sup>2</sup>/s

La velocidad de sedimentación calculada por la ecuación de Stokes para partículas de 0,1 mm. de diámetro será:

$$Vs = \frac{g * (S_s - 1) * d^2}{18 * v}$$

En donde:

Vs: velocidad de sedimentación en cm/s

g : aceleración de la gravedad en cm/ s<sup>2</sup>

S<sub>s</sub>: Peso específico de la arena, 2,65 gr/cm<sup>3</sup>

d : diámetro de la partícula de arena, cm

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

v: viscosidad cinemática en stokes

Para partículas de arena de 0,1 mm se tiene:

**Tabla 5-4 Capacidad hidráulica Desarenador**

<b>Capacidad hidráulica del desarenador</b>		
Tiempo de retención	20,00	minutos
Trh	1.200	segundos
<b>Qmáximo</b>	<b>7,80</b>	<b>L/s</b>
D	0,01	cm
Temperatura	14	°C
Viscosidad	0,01176	cm <sup>2</sup> /s
Vs	0,7646684	cm/s
Vo	0,2548895	cm/s
As	5,20	m <sup>2</sup>
Q máximo	13,25	L/s

Fuente: Consultoría

**Tabla 5-5 Revisión hidráulica Desarenador caudal actual**

<b>Revisión hidráulica del desarenador caudal actual</b>		
Caudal 2017	<b>2,4</b>	L/s
Caudal 2017	207	m <sup>3</sup> /día
Tiempo de retención	65,00	minutos
<b>Cálculo diámetro de la partícula que remueve el desarenador</b>		
Vo	0,0005	m/s
Vo	0,046	cm/s
Número de Hazen	3	
Vs	0,14	cm/s
d (cm)	0,004	cm
d (cm)	0,043	mm
Carga superficial	39,88	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día

Fuente: Consultoría

De acuerdo con el balance oferta- demanda para el caudal de diseño de 2017 correspondiente a 2.4 L/s y el caudal de diseño del año 2044 de 3.4 l/s, vemos que el caudal máximo capaz de tratar la estructura respecto al diámetro de la partícula a remover es 7.80 l/s, superior al caudal de diseño de 2017 y al caudal de diseño de 2042.

En este sentido, el caudal capaz de tratar la estructura de acuerdo al parámetro de tiempo de retención mínimo de 20 minutos, es de 7.80 L/s, superior en todo el horizonte de diseño.

De acuerdo con los caudales del proyecto, se evalúa el tamaño máximo de las arenas que puede remover el desarenador.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Tabla 5-6 Revisión hidráulica Desarenador caudal futuro**

<b>Revisión hidráulica del desarenador caudal futuro</b>		
Caudal 2044	3.4	L/s
Caudal 2044	293.76	m3/día
Tiempo de retención	51,60	minutos
<b>Cálculo diámetro de la partícula que remueve el desarenador</b>		
Vo	0,00056	m/s
Vo	0,056	cm/s
número de Hazen	3	
Vs	0,17	cm/s
d (cm)	0,005	cm
d (cm)	0,047	mm
Carga superficial	49,02	m3/m2/día

Fuente: Consultoría

Puede observarse que para las condiciones de temperatura y caudal de operación el desarenador es capaz de remover arenas de tamaños superiores a los 4 mm de diámetro.

#### **5.2.4 Aducción Desarenador - Ptap**

La aducción que transporta agua cruda desde el desarenador a la PTAP está compuesta por tubería de 4" y 3" tiene una longitud de 4791 metros de los cuales 1635 metros son en 4" y 3155 metros son en 3" la línea de conducción de agua cruda tiene tramos de tubería en asbesto cemento, PVC y PEAD, esta combinación de materiales se debe principalmente a los daños constantes que se presenta en la tubería y las reparaciones se realizan con el material disponible en el momento.

**Fotografía 5-8 Línea De Conducción Agua Cruda Acueducto Tobia**



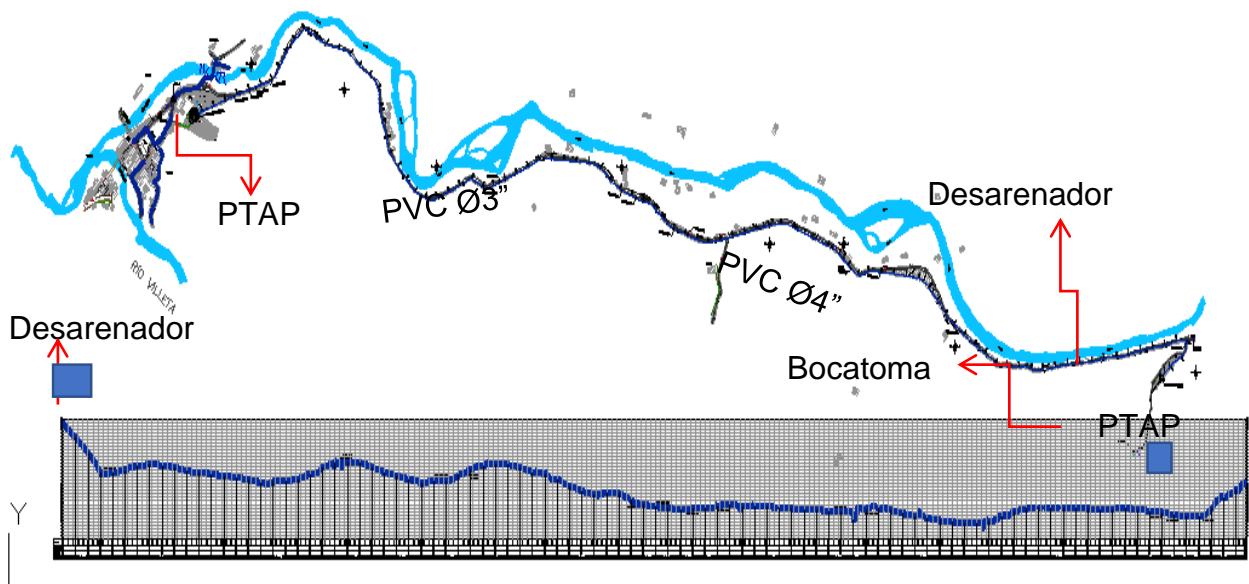
Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Actualmente existen tramos de tubería elevada la cual está instalada a la margen izquierda de la vía que comunica el centro poblado Tobia con la cabecera municipal de Nimaima.

**Figura 5-5 Planta Perfil Línea De Conducción**



**Fuente: Consultoría**

La línea de conducción de agua cruda no cuenta con accesorios de operación tales como válvulas de cierre, purgas o ventosas, por tanto, la operación del sistema es bastante compleja debido a que el vaciado y llenado de la tubería debe realizarse por medio de desempates de tubería.

#### *5.2.4.1 Evaluación de la capacidad hidráulica de la aducción Desarenador - PTAP*

Para la evaluación hidráulica del sistema de acueducto existente se trabajó con la investigación en campo de cada uno de los componentes del sistema instalado, y con los parámetros de población, demanda y presiones de servicio establecidas en el reglamento técnico Res. 0330 de 2017 y sus modificaciones.

En este numeral se realizará la simulación de la línea de conducción del centro poblado Tobia, teniendo en cuenta como base de partida la topología existe, así como el principio básico de asegurar presiones positivas en toda la red.

A continuación, se identificará la capacidad máxima de la infraestructura instalada. En este escenario se analiza la línea de conducción de agua cruda, bajo el Caudal Máximo actual y futuro, es decir 2.40 l/s, y 3.40 l/s, de igual forma se establecerá el caudal máximo a transportar la red.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Tabla 5-7 Características línea de conducción**

Nodo Inicial	Nodo Final	longitud (m)	Diámetro (pulg)
J-1	R-1	7.78	4
J-5	J-6	7.19	4
J-8	J-9	9.37	4
J-10	J-11	13.62	4
J-12	J-8	16.36	4
J-13	J-14	17.11	4
J-9	J-15	18.61	4
J-16	J-17	18.73	4
J-18	J-19	20.11	4
J-20	J-12	21.84	4
J-19	J-25	25.3	4
J-26	J-27	25.67	4
J-28	J-29	29.4	4
J-30	J-10	29.86	4
J-27	J-13	30.54	4
J-6	J-31	34.03	4
J-32	J-33	34.75	4
J-34	J-35	36.55	4
J-11	J-44	42.6	4
J-17	J-20	43.58	4
J-29	J-45	45.5	4
J-52	J-16	52.3	4
J-14	J-53	52.71	4
J-53	J-1	52.88	4
J-59	J-26	66.47	4
J-15	J-28	67.77	4
J-31	J-60	69.64	4
J-45	J-34	74.72	4
J-67	J-18	80.48	4
J-25	J-32	82.87	4
J-60	J-70	86.41	4
J-33	J-52	87.05	4
J-70	J-59	87.23	4
J-44	J-67	117.03	4
J-35	J-5	131.68	4
J-3	J-4	6.25	3
J-7	J-3	9.28	3
J-21	J-22	23.16	3

Nodo Inicial	Nodo Final	longitud (m)	Diámetro (pulg)
J-23	J-24	23.24	3
J-36	J-7	36.67	3
J-37	J-38	37.6	3
J-39	J-36	40.9	3
J-40	J-41	41.52	3
J-42	J-43	41.52	3
J-46	J-47	47.53	3
J-48	J-49	49.52	3
J-50	J-51	52.02	3
J-54	J-46	54.16	3
J-55	J-56	57.7	3
J-38	J-57	58.88	3
J-58	J-23	59.11	3
J-43	J-50	59.2	3
J-57	J-58	59.53	3
J-61	J-40	71.84	3
J-51	J-48	74.36	3
J-4	J-62	74.76	3
J-63	J-64	77.98	3
J-65	J-66	78.06	3
J-62	J-61	78.46	3
J-68	J-55	80.7	3
J-69	J-30	82.19	3
J-56	J-37	84.61	3
J-71	J-72	94.16	3
J-66	J-68	105.6	3
J-49	J-73	106.37	3
J-41	J-71	107.25	3
J-22	J-65	109.19	3
J-24	J-39	133.31	3
-73	J-63	147	3
J-74	J-21	149.83	3
J-64	J-54	156.06	3
J-75	J-74	177.13	3
J-72	J-42	195.01	3
J-47	J-69	210.69	3

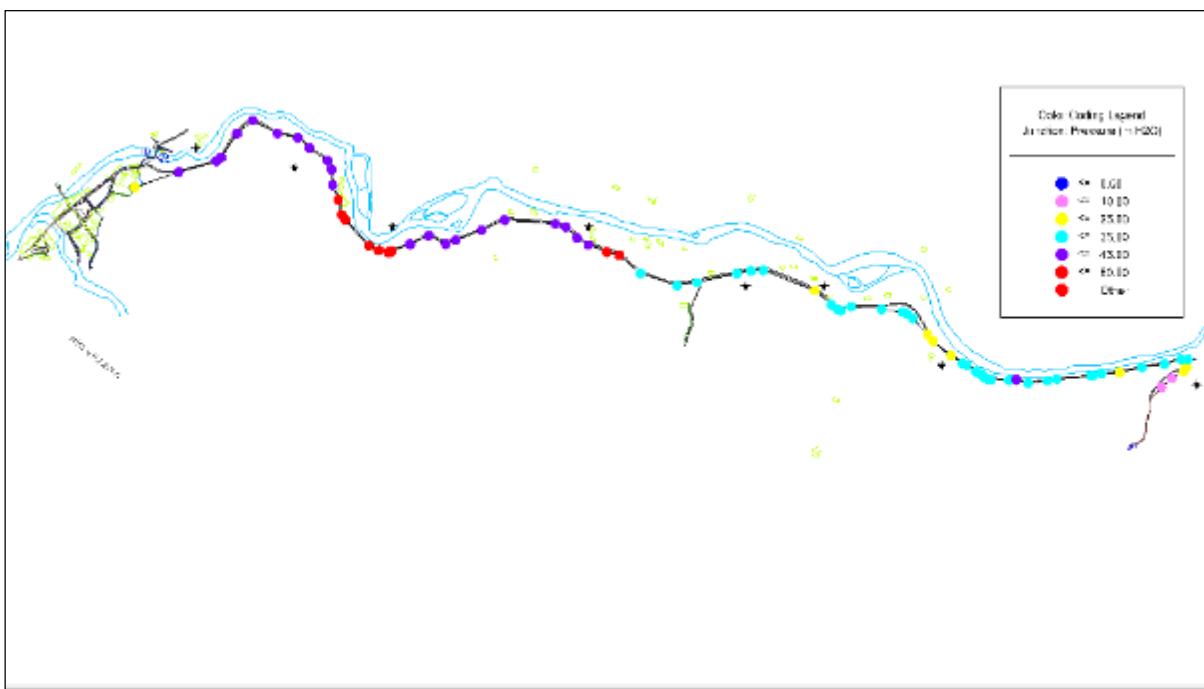
**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

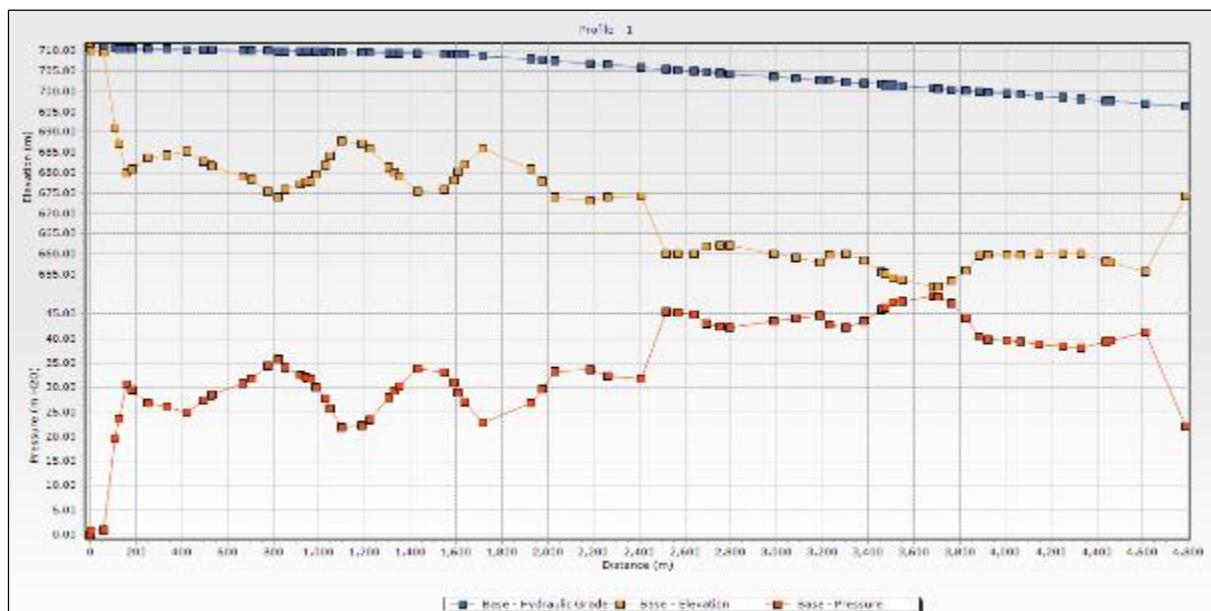
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 5-6 Resultados Modelo Hidráulico Línea De Conducción Qmd Actual**



Fuente: Consultoría

**Figura 5-7 Perfil Modelo Hidráulico Línea De Conducción Qmd Actual**



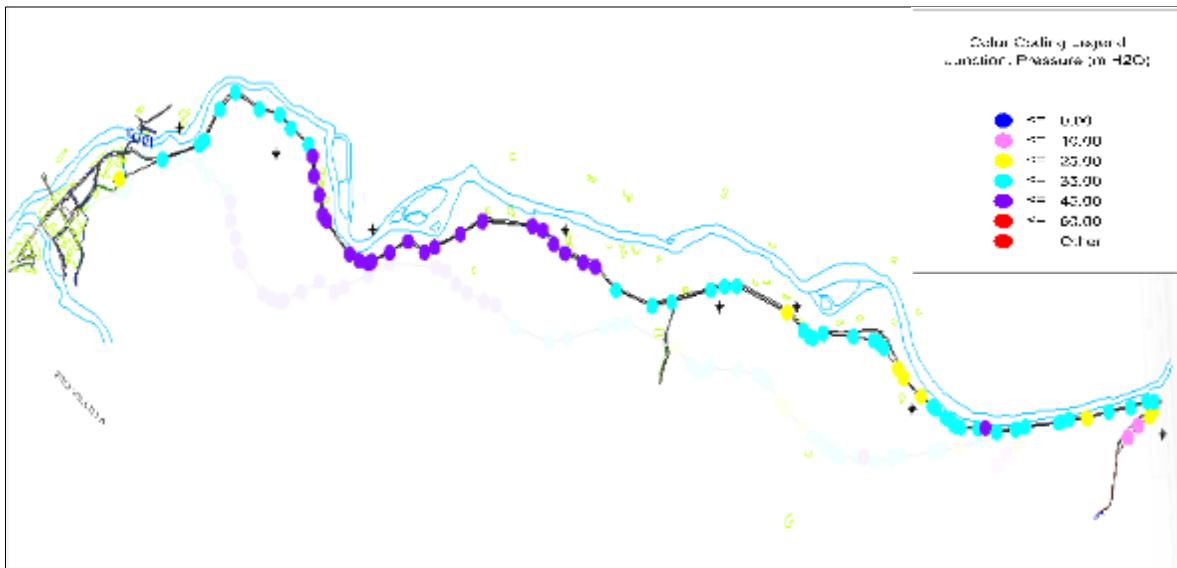
Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO**

**POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

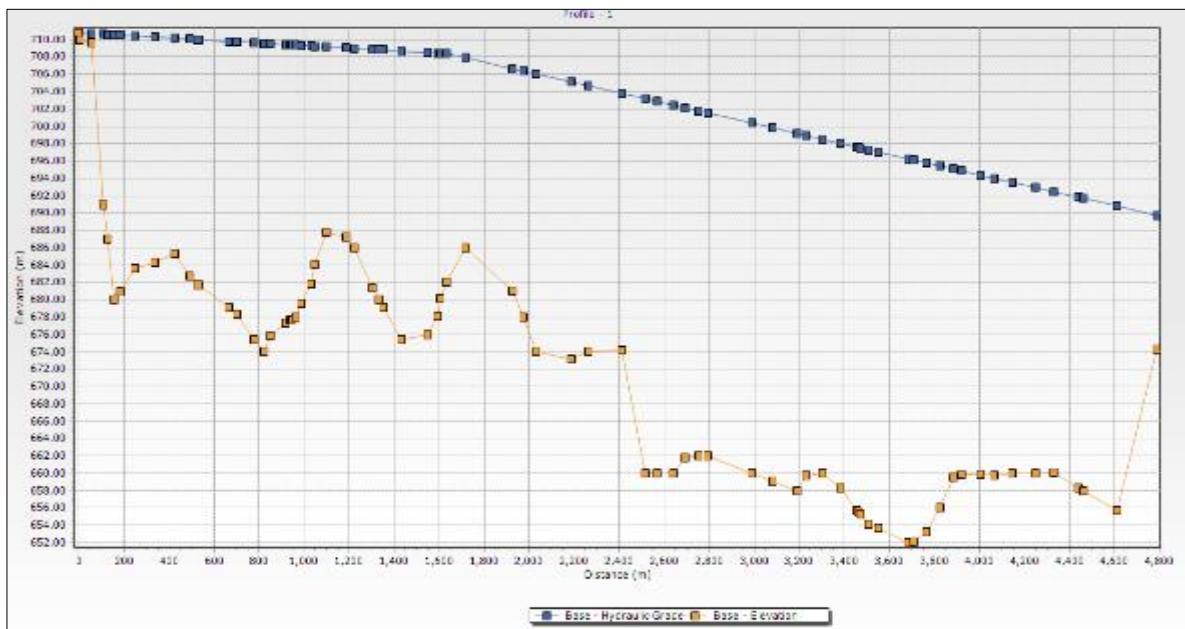
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 5-8 Resultados Modelo Hidráulico Línea De Conducción Qmd Futuro**



Fuente: Consultoría

**Figura 5-9 Perfil Modelo Hidráulico Línea De Conducción Qmd futuro**



Fuente: Consultoría

**Tabla 5-8 Resultados presión en la conducción**

Nodo	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H <sub>2</sub> O)
J-1	710.74	0.74
J-3	688.29	32.68
J-4	688.36	32.56
J-5	709.42	27.66
J-6	709.44	27.62

Nodo	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H <sub>2</sub> O)
J-7	688.2	32.82
J-8	708.4	30.62
J-9	708.42	30.72
J-10	706.77	26.6
J-11	706.8	28.65
J-12	708.36	30.3
J-13	710.43	23.34

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Nodo	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
J-14	710.48	19.51
J-15	708.47	31.13
J-16	708.15	24.07
J-17	708.2	26.32
J-18	707.4	28.2
J-19	707.45	27.32
J-20	708.3	28.69
J-21	678.25	20.21
J-22	678.49	20.17
J-23	685.84	33.68
J-24	686.08	34.01
J-25	707.51	26.1
J-26	710.29	29.3
J-27	710.36	30.31
J-28	708.64	32.73
J-29	708.71	34.53
J-30	706.7	24.65
J-31	709.53	26.74
J-32	707.72	21.68
J-33	707.8	20.58
J-34	709.01	30.64
J-35	709.1	29.9
J-36	687.83	33.66
J-37	683.68	23.73
J-38	684.06	24.47
J-39	687.42	33.66
J-40	690.62	30.76
J-41	691.04	32.97
J-42	695.03	32.97
J-43	695.45	33.38
J-44	706.91	30.89
J-45	708.82	33.34
J-46	703.27	25.22
J-47	703.75	22.71
J-48	697.32	37.24
J-49	697.82	37.74
J-50	696.05	34.16
J-51	696.57	36.5
J-52	708.02	20.19
J-53	710.61	0.96
J-54	702.72	28.58
J-55	682.25	22.43
J-56	682.83	22.91

Nodo	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
J-57	684.65	28.59
J-58	685.25	31.9
J-59	710.13	26.48
J-60	709.7	24.35
J-61	689.9	29.84
J-62	689.11	30.72
J-63	700.37	26.22
J-64	701.15	27.9
J-65	679.58	19.4
J-66	680.37	20.33
J-67	707.2	31.68
J-68	681.43	21.39
J-69	705.87	19.83
J-70	709.91	25.61
J-71	692.12	32.98
J-72	693.07	33.04
J-73	698.89	24.64
J-74	676.74	20.95
J-75	674.96	0.71

Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Teniendo en cuenta los resultados de la modelación hidráulica la línea de conducción de agua cruda tiene la capacidad hidráulica de transportar el caudal máximo diario actual y futuro, además la capacidad hidráulica máxima de la línea es de 4.0 l/s, sin embargo, las condiciones operativas, estado físico y la instalación de la línea en terrenos inestables, conllevan al rediseño y remplazo de toda la línea de conducción.

Para condiciones de flujo uniforme se tiene las siguientes características de flujo en la línea:

**5.2.4.2 Análisis Del Golpe De Ariete**

Se denomina golpe de ariete “el efecto de choque violento o sobrepresión súbita producido sobre las paredes del conducto forzado, al modificarse de manera instantánea el movimiento del fluido, como puede ocurrir en el caso de cierre repentino de una válvula”.<sup>6</sup>

De acuerdo con López Cualla, el tiempo en que la lámina de agua contigua a la válvula permanece en estado de sobrepresión es:

$$T = \frac{2L}{C}$$

En donde  $L$  (m) es la longitud hasta el depósito,  $C$  (m/s) la velocidad de propagación de la onda o celeridad y  $T(s)$  es la fase o período de la tubería.

El valor de la celeridad o velocidad de propagación de la onda según datos proporcionados por el fabricante, para una tubería de 27" y que resiste una presión de 150 psi, es de 798.02 m/s.

Si la maniobra es rápida, la válvula quedará completamente cerrada antes de que la onda de depresión comience a actuar:

$$T < \frac{2L}{C} \quad (\text{Sobrepresión máxima})$$

Si le tiempo de cierre es lento, la onda de depresión llegará a la válvula antes de que ésta esté completamente cerrada.

$$T > \frac{2L}{C} \quad (\text{Maniobra lenta})$$

En el caso de una maniobra rápida, la sobrepresión máxima será:

$$h_a = \frac{CV}{g}$$

---

<sup>6</sup> LÓPEZ C. Ricardo. Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Siendo  $h_a$  (m) la sobrepresión,  $V(\frac{m}{s})$  la velocidad y  $g(m/s^2)$  la aceleración de la gravedad.

En el caso de una maniobra lenta, la sobrepresión será:

$$h_a = \frac{CV T}{g t} = \frac{CV}{g} \frac{2L}{C} = \frac{2LV}{gt}$$

Siendo  $t(s)$  el tiempo de maniobra.

Para la simulación del golpe de ariete en la línea de conducción se realizó con un cierre súbito en el punto más bajo (válvula virtual) del perfil en la abscisa K4+600 con una cota batea de 654.45.

**Tabla 5-9 Evaluación golpe de ariete**

Relación de módulos de elasticidad	k	5
Distancia al inicio del tramo	L	4600
Cota batea (m)		654.45
Diámetro (m)	D	0.102
Espesor de la pared (m)	e	0.02
Velocidad (m/s)	v	0.9
Celeridad de la onda (m/s)	C	247.45
Fase de la tubería (s)	T	37.18
Gravedad (m/s <sup>2</sup> )	g	9.81
Sobrepresión (m)	ha	22.70
Tiempo de maniobra para no sobrepasar la presión de diseño		
Presión estática sobre la válvula (m)	PE	55.67
Presión total sobre la válvula (m)		78.37

**Fuente: Consultoría**

Se observa que la sobrepresión que se genera en el punto más bajo con un cierre súbito no sobrepasa la presión máxima de la tubería 4" PVC RDE 21 la cual es de 140 metros columna de agua de acuerdo a los proveedores de tuberías.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**RDE 21 PVC Tipo 1, Grado 1**

Presión de trabajo a 23°C: 200 psi - 1.38 MPa - 14.06 Kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 5-10 Evaluación de las velocidades en la conducción**

Caudal (l/s)	Mínimo	Medio	Limitante
	2.45	2.62	4
Diámetro	4	0.30	0.49
	3	0.54	0.88

Fuente: Consultoría

**5.2.5 Planta De Tratamiento De Agua Potable**

La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) del Centro Poblado de Tobia, se localiza en la Calle 1, hacia el oriente del centro poblado, como se muestra en la siguiente Figura y en las coordenadas descritas en la Tabla.

**Figura 5-10 Localización PTAP Centro Poblado De Tobia**



Fuente: Google Earth.

**Tabla 5-11 Localización PTAP Centro Poblado Tobia**

LATITUD	N 566412.0
LONGITUD	E 561196.0
ALTURA	712 msnm

Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

El sistema de Acueducto del Centro Poblado de Tobia, actualmente se abastece de una fuente superficial denominada quebrada La Berbería para uso doméstico, con un caudal concedionado de 1.05 L/s mediante Resolución 1298 del 23 de mayo de 2017 de la Corporación Autónoma Regional – CAR con una vigencia de 10 años, localizada en las coordenadas descritas en la. (Ver ANEXO 1.4).

**Tabla 5-12 Localización Fuente de captación de la PTAP Centro Poblado Tobia**

<b>LATITUD</b>	N 1.57.404
<b>LONGITUD</b>	E 962.742
<b>ALTURA</b>	712 msnm

Fuente: Resolución 1298 del 23 de mayo de 2017

El agua captada llega a la PTAP del Centro Poblado de Tobia mediante una tubería de 3", para su posterior tratamiento, como se muestra en la siguiente fotografía.

**Fotografía 5-9 Tubería De Entrada A La PTAP Centro Poblado Tobia**



Fuente: Consultoría

#### *5.2.5.1 Calidad del agua de la Planta de tratamiento*

Se realizó un monitoreo de calidad del agua en la Planta de Tratamiento del Centro Poblado de Tobia, el día 26 de octubre de 2017 (Ver ANEXO 5.3), para determinar el índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano – IRCA.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

El cual, se evalúa de la siguiente forma:

El IRCA por muestra:

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

Con el siguiente puntaje de riesgo:

**Tabla 5-13 Puntaje De Riesgo**

Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganoso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1

Característica	Puntaje de riesgo
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio ( $\text{Al}^{3+}$ )	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente: Resolución 2115 de 2007

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la presente Resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

De acuerdo a lo anterior, en el ANEXO 5.3 se presentan los resultados a las muestras de laboratorio de la PTAP, con un puntaje de riesgo de 94 para las características analizadas y de 60 de las características no aceptables, como se muestra en la siguiente tabla.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Tabla 5-14 Características No Aceptables**

Característica	Unidad	Valor	Riesgo
Cloro Residual	mg/L	< 0,3	15
Calcio	mg/L	111,2	1
Sulfatos	mg/L	256	1
Nitritos	mg/L	0,5	3
Coliformes Totales	UFC/100 mL	680	15
Escherichia Coli	UFC/100 mL	11	25
<b>Total</b>			<b>60</b>

Por lo anterior, se tiene un IRCA de 60 con un nivel de riesgo **ALTO**, indicando un **AGUA NO APTA PARA CONSUMO HUMANO**, debido a que se presenta una falencia en la desinfección del agua.

Por lo anterior, la Consultoría realizó ensayos de tratabilidad al agua de la quebrada La Berbería y el Rio Negro, para determinar la dosificación de cloro, donde el laboratorio recomendó, lo siguiente: "**Dosis de 2,5 mg/L de cloro como cloro con un tiempo de contacto de 1 hora**". (Ver ANEXO 5.4).

#### *5.2.5.2 Descripción general del sistema de tratamiento*

La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) del Centro Poblado de Tobia, corresponde a un sistema de tratamiento convencional. De acuerdo a visitas realizadas por la Consultoría en presencia de los funcionarios de la Asociación de Usuarios del Acueducto, Alcantarillado y otros servicios de Tobia municipio de Nimaima – Cundinamarca, se evidenció la presencia de una bitácora con los ensayos de jarras y dosificaciones de químicos y manual de equipos de laboratorio de la PTAP (Ver ANEXO 5.2). En el laboratorio no se cuenta con manual de operación y mantenimiento de la PTAP, ni planos que indiquen sus dimensiones, por lo cual, la firma Consultora realizó una campaña para realizar el vaciado de la planta y realizar su respectivo levantamiento topográfico.

El sistema de tratamiento de la PTAP del Centro Poblado Tobia, presenta los siguientes procesos:

- Cámara de aquietamiento y aforo
- Floculador tipo Alabama
- Sedimentador de alta tasa (tipo colmena)
- Sistema de filtros descendentes
- Cloración
- Tanque de almacenamiento

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

El sistema de tratamiento de la PTAP, está construido sobre el laboratorio y cuarto de almacenamiento de químicos y cloro gaseoso.

En los siguientes apartes se presenta una descripción de los componentes de la PTAP su estado físico y condiciones operativas.

**Cámara de aquietamiento y aforo:** El agua proveniente de la quebrada La Berbería ingresa a la PTAP mediante una tubería de 3" a una estructura en concreto de 0,60 x 1,20 m (medidas internas) con 2 pantallas separadas cada 0,30 m, donde mediante mangueras se realiza la dosificación de Sulfato de Aluminio Tipo A y CAL, que pasan a un vertedero de sección trapezoidal y mediante un sifón el agua ingresa al sistema de floculación.

**Fotografía 5-10 Vista General De Cámara De Mezcla Rápida**



**Fuente: Consultoría**

Adicionalmente en esta cámara, se cuenta con una tubería de 3" proveniente de un bombeo de agua del río Negro, para suministrar agua en caso de contingencia para fines de semana y cuando la fuente La Berbería en época de verano baja sus niveles de caudal.

**Dosificación de químicos:** Se aplica Sulfato de Aluminio Tipo A para coagulación, al igual que con una solución de cal hidratada la cual se usa para estabilizar el PH, dosificaciones que son preparadas de acuerdo a la bitácora diaria que lleva el operador de la PTAP, con una dosis promedio de 12, 9 g/h dependiendo al caudal de ingreso a la PTAP.

## **PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO Poblado TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

## **Fotografía 5-11 Bitácora De Dosificación De Químicos**

Fuente: Consultoría

Las dosificaciones son preparadas en el laboratorio en tanques de 10 L con agua del tanque de almacenamiento, posteriormente son almacenados en tanque de 500 L en la parte alta de la PTAP y mediante bombeo y es dosificado mediante una manguera de manera artesanal. El producto es dosificado mediante un balde, donde no se evidencia el uso de una pesa para la dosificación. Tal como se evidencia en las siguientes fotografías

## **Fotografía 5-12 Tanques De Dosificación De Coagulantes**



### **Fotografía 5-13 Preparación De Coagulante**



**Fuente:** Consultoría

Puede apreciarse las condiciones precarias con las cuales se efectúa la aplicación del coagulante, de acuerdo con lo observado el operador realiza una dilución del sulfato en un

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

tanque plástico y de este mediante una manguera aplica la dilución directamente sobre la estructura de aforo y aquietamiento. (Existe una bomba dosificadora que se encuentra en mal estado y fuera de funcionamiento).

El almacenamiento del coagulante se efectúa de manera descuidada, los bultos de sulfato son puestos sobre estibas que se encuentran en el nivel inferior de la PTAP, no hay señalización acerca del riesgo de los químicos, ni medida alguna de seguridad.

**Fotografía 5-14 Etiqueta Del Coagulante.**



**Fotografía 5-15 Almacenamiento De Cal Hidratada**



Fuente: Consultoría

Todo el almacenamiento de los productos químicos (El sulfato, la cal hidratada y el tanque de cloro gaseoso,), se realiza en el área del laboratorio, sobre el piso con cartón.

**Fotografía 5-16 Detalle De Almacenamiento De Químicos Y Cloro Gaseoso**



Fuente: Consultoría

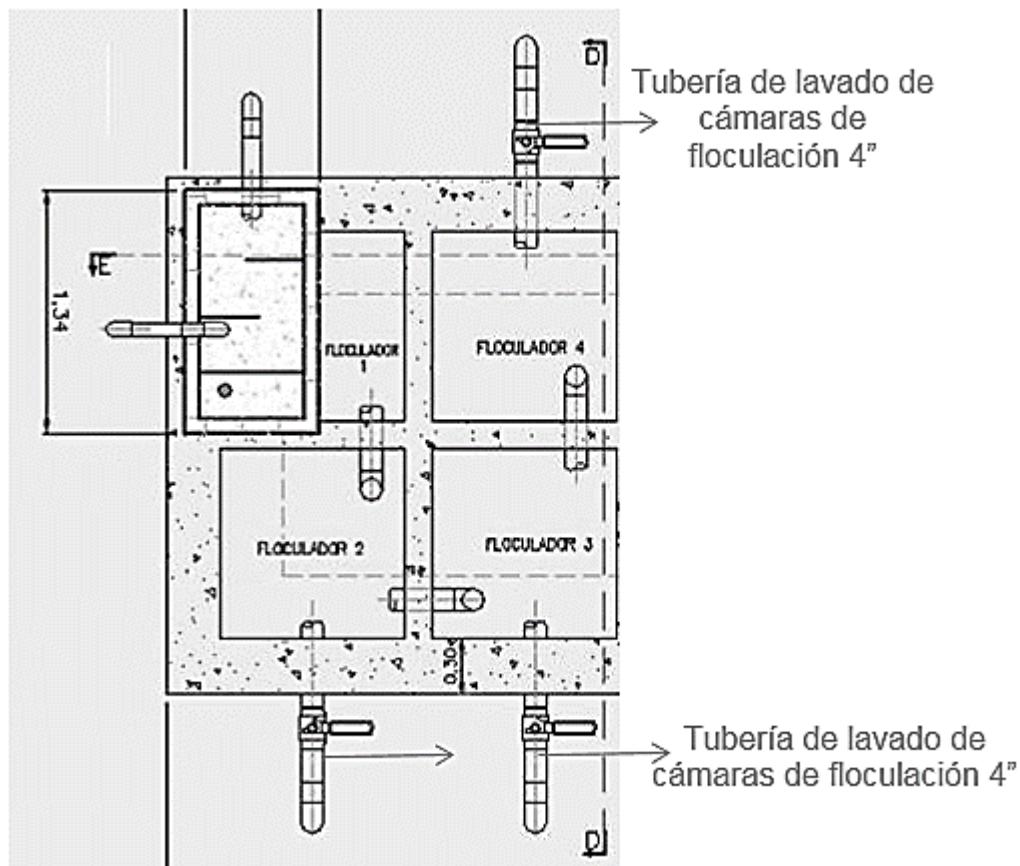
**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Floculador tipo Alabama:** El agua pasa al floculador por medio de un sifón a la primera cámara de floculación, que luego pasa a la segunda cámara mediante una tubería de 3", ésta a la tercera y luego a la última cámara. En la visita se evidencio que el floc, se está formando en la última cámara, debido a que en las otras cámaras se tiene interferencia de los tanques de dosificación que aportan agua a las cámaras 2 y 3, afectando la formación del floc.

Cada cámara de floculación es de sección cuadrada de 1.02 m x 1.05 m y una altura útil de 2.10 m para un volumen de 2.25 m<sup>3</sup>.

**Figura 5-11 Detalle De Entrada Y Salida De Agua Del Floculador Tipo Alabama**



Fuente: Consultoría

El mantenimiento se realiza desocupando completamente la estructura mediante la apertura de válvulas de lavado, que se encuentran laterales a cada uno de los lados de las cámaras de floculación y la limpieza se realiza mediante lavado manual, cepillo y agua a presión aplicada con una hidrolavadora. Esta actividad se realiza cada 8 días o cuando se requiera el mantenimiento.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-17 Detalle De Floculadores  
Tipo Alabama**



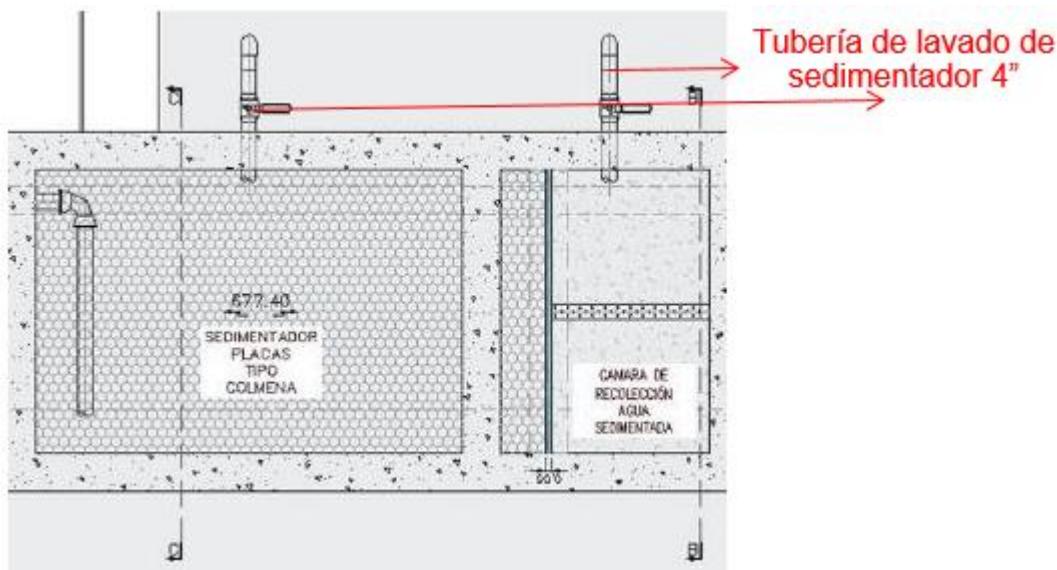
**Fotografía 5-18 Detalle De Tubería De  
Lavado**



**Fuente: Consultoría**

**Sedimentador de alta tasa:** El agua floculada pasa al sedimentador de alta tasa, el cual tiene dos secciones, la primera con paneles tipo colmena en PVC y luego mediante una pantalla perforada con orificios de 1 cm pasa a otra sección del sedimentador, donde mediante una tubería de PVC perforada el agua sedimentada pasa al sistema de filtración.

**Figura 5-12 Detalle De Sedimentador**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-19 Detalle de paneles tipo colmena**



**Fotografía 5-20 Detalle de sección de agua sedimentada**



**Fuente: Consultoría**

Es importante resaltar que los paneles tipo colmena en PVC hexagonales de 6 cm, solo existen en los primeros 4.06 m de la longitud del sedimentador, mientras que en la segunda sección no se cuenta con estos paneles.

El sedimentador cuenta con las siguientes dimensiones:

Largo: 5.36 m. La longitud con paneles es de 4.06 m  
Ancho: 2.25 m.  
Alto: 2.50 m.

La recolección de agua sedimentada se realiza en un tubo de Ø 3" en PVC, con una longitud de 2.00 m, la tubería presenta veinticuatro (24) orificios de Ø1/2", separadas cada 0.15m, el agua sedimentada sale en una tubería de Ø 4" PVC, esta recolección se realiza en una cámara de arietamiento de las siguientes dimensiones:

Largo: 1.25 m.  
Ancho: 2.25 m.  
Alto: 2.50 m.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

El lavado del sedimentador es realizado manualmente con cepillo y agua a presión, mediante tuberías de 4" que se encuentran laterales a la estructura, cuya agua no es encausada a ninguna estructura ocasionando inundaciones en los predios vecinos cuando se realiza el mantenimiento de la estructura.

**Fotografía 5-21 Detalle De Tuberías De Lavado Del Sedimentador**



Fuente: Consultoría

**Sistema de filtración:** Posterior al sedimentador, el agua pasa a un filtro de flujo descendente, como se muestra en la Figura.

**Figura 5-13 Detalle De Filtro**



Fuente: Consultoría

El agua sedimentada entra al filtro mediante una tubería de 3", descendentemente. El lecho de filtración es mixto, constituido por arena, grava y antracita., el cual posee las siguientes dimensiones:

Largo: 1.65 m.  
Ancho: 2.25 m.  
Alto: 2.55 m. (Exteriores)

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Los espesores de las capas de material del filtro son:

Antracita: 35 cm  
Arena: 25 cm  
Grava: 20 cm

Las capas anteriores están soportadas sobre un sistema de viguetas prefabricadas de concreto, de altura 10 cm, y queda un espacio inferior de 20 cm. El agua sedimentada atraviesa el lecho filtrante y en el fondo hay una tubería de 4" con válvula HD de igual diámetro, que la transporta al tanque de almacenamiento.

**Fotografía 5-22 Detalle de filtro descendente**



**Fuente: Consultoría**

Para el lavado del filtro, se utiliza agua del tanque de almacenamiento aledaño a la planta; el retro lavado se realiza por medio de un sistema de bombeo el cual inyecta agua a alta presión en el espacio inferior del filtro que asciende por inversión de flujo a los lechos filtrantes, para producir expansión de los mismos y la eliminación de los lodos allí formados, que son enviados mediante tubería de 4" al desagüe general de la planta.

El lavado del filtro se realiza con frecuencia diaria y la operación dura aproximadamente 20 minutos.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-23 Detalle de filtro descendente**



**Fotografía 5-24 Detalle de sistema de tuberías de filtro**



Fuente: Consultoría

**Cloración – desinfección:** La desinfección se realiza con cloro gaseoso (cilindro de 68 Kg) y el agua que se utiliza para la preparación de la solución, se extrae del agua filtrada. La dosificación se realiza mediante una tubería de Ø ½" en PVC, la cual se realiza directamente en el tanque de almacenamiento.

La planta de tratamiento carece de un tanque independiente para aplicación y dispersión del cloro gaseoso durante un tiempo de contacto determinado, de acuerdo con lo especificado en la Resolución 0330 de 2017 del MVCT.

El acceso a la PTAP es difícil, puesto que se cuenta con un camino empinado y de difícil transito como única entrada a la PTAP, en general puede observarse que la Planta no cuenta con condiciones operativas aceptables, se observa deterioro en las estructuras, no existen señalización, lo cual genera riesgo para los operarios y en general el mantenimiento de las construcciones es deficiente.

Se cuenta con un difícil acceso a la PTAP y las estructuras de seguridad de la PTAP se encuentran deterioradas, siendo un gran riesgo para el operario, como se muestra en la siguiente fotografía.

En el primer piso de la planta se cuenta con espacio asignado como laboratorio donde existe una bitácora con los ensayos de jarras y dosificaciones de químicos y manual de equipos de laboratorio de la PTAP (Ver ANEXO 5.2). En el laboratorio no se cuenta con manual de operación y mantenimiento de la PTAP, ni planos que indiquen sus dimensiones, por lo cual, la firma Consultora realizó una campaña para realizar el vaciado de la planta y realizar su respectivo levantamiento topográfico.

El empate de algunas tuberías de la PTAP al tanque de almacenamiento, presentan fugas visibles de agua.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-25 Deterioro de estructuras de Seguridad**



**Fotografía 5-26 Detalle de sistema de tuberías de filtro**



**Fuente: Consultoría**

La PTAP no cuenta con sitio de disposición de lodos para el lavado de floculadores, sedimentador y filtro.

#### *5.2.5.3 Evaluación de la PTAP para el caudal actual de tratamiento*

De acuerdo a lo establecido en el artículo 99 de la Resolución 330 de 2017, el caudal de diseño de los sistemas de potabilización es el caudal máximo diario (QMD), por lo cual, la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Centro Poblado de Tobia deberá tener la capacidad de actuar para un caudal actual de 2,4 L/s, y un caudal futuro de 3.4 l/s. (Ver capítulo 3. Estudios de población y demanda)

En los siguientes apartes evalúa la capacidad de cada uno de los procesos unitarios descritos con anterioridad (ver ANEXO 5.1).

**Cámara de quietamiento y aforo:** La estructura en donde se realiza la aplicación de coagulante es utilizada para efectuar el proceso de mezcla. Puede observarse que la estructura existente de entrada del agua a la planta no cumple las funciones de mezcla rápida, dada su geometría esta cámara solamente se comporta como una cámara de paso. Al final de la cámara se observa un vertedero triangular que simplemente deja caer el agua encima del floculador y en esta caída es donde se está aplicando la solución de coagulante. Es claro que no hay una medida exacta del coagulante que se aplica, ni un sistema que permita aforar el caudal entrante a la planta. Tampoco hay un punto de aplicación en donde se asegure la mezcla de los químicos con el agua cruda, lo cual termina en un desperdicio de químicos en el tratamiento de las aguas.

**Floculación:** Es un sistema de floculación hidráulica de flujo vertical, tipo Alabama compuesto por 4 cámaras de dimensiones 1.02 m x 1.05 m x 2.10 m. La altura de agua es de 2.50 m y el paso de una cámara a otra se realiza mediante pasos muros de 3" en la parte

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

inferior. En los siguientes cuadros se muestran los cálculos de velocidades, pérdidas de carga, tiempos de retención y gradientes de velocidad, para cada cámara y el total.

	<p>El flujo cae a través del orificio en la cámara de paso y en donde es aplicado el coagulante, pasando por tuberías de 3" de diámetro a cada cámara del floculador.</p>
	<p>Las dimensiones útiles de cada cámara de floculación son de 1.02 x 1.05 x 2.10 m.</p> <p>Nótese que los orificios están en la parte baja del floculador es decir que el control hidráulico está dado por la altura de la lámina a la entrada de la unidad de filtración</p>

**Tabla 5-15 Floculación – Evaluación para año 2017 Caudal 2.4 l/s**

CARACTERISTICAS GENERALES		FLOCULADOR TIPO ALABAMA			
NUMERO DE UNIDADES		4			
Caudal de operación	l/s	2.40	2.40	2.40	2.40
Caudal de operación	m <sup>3</sup> /s	0.002	0.002	0.002	0.002
DIMENSION DE LAS UNIDADES		UNIDAD			
		1	2	3	4
Largo	m	1.05	1.05	1.05	1.05
Ancho	m	1.02	1.02	1.02	1.02
Profundidad	m	2.10	2.10	2.10	2.10
Volumen de la cámara	m <sup>3</sup>	2.25	2.25	2.25	2.25
Área superficial	m <sup>2</sup>	1.07	1.07	1.07	1.07
Velocidad de flujo en la cámara	m/s	0.002	0.002	0.002	0.002
Tiempo de retención en la cámara	seg	937.13	937.13	937.13	937.13
Tiempo de retención en la cámara	min	15.62	15.62	15.62	15.62

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Parámetro de evaluación	unidad	Valor	Observación
Volumen total del floculador	m3	8.996	
Tiempo de retención del floculador	min	62.475	Excede los tiempos recomendados

**EVALUACION DE PERDIDAS EN LA UNIDAD**

DIMENSION DE LAS UNIDADES - TRAMOS RECTOS		UNIDAD			
		1	2	3	4
Rugosidad de las paredes (Concreto) (n de Manning)		0.016	0.016	0.016	0.016
Área de flujo	m2	1.071	1.071	1.071	1.071
Perímetro mojado	m	4.140	4.140	4.140	4.140
Radio Hidráulico	m	0.259	0.259	0.259	0.259
Velocidad de flujo	m/s	0.002	0.002	0.002	0.002
Pérdida en los tramos $Hf = l \left( \frac{Vn}{R^{2/3}} \right)^2$	m	2.E-08	2.E-08	2.E-08	2.E-08
Agua a 20 grados centígrados	γ N/m3	9.78.E+0 3	9.78.E+0 3	9.78.E+0 3	9.78.E+0 3
	μ Ns/m2	1.005.E- 03	1.005.E- 03	1.005.E- 03	1.005.E- 03
Gradiente Hidráulico $G = \sqrt{\gamma Hf / \mu T}$	s-1	13	13	13	13
DIMENSION DE LAS UNIDADES - PASES		UNIDAD			
		1	2	3	4
Diámetro del orificio	plg	3.000	3.000	3.000	3.000
Área del orificio	m2	0.005	0.005	0.005	0.005
Velocidad de paso	m/s	0.526	0.526	0.526	0.526
Perdida de carga	m	0.007	0.007	0.007	0.007
Gradiente Hidráulico $G = \sqrt{200 V_o^3 / \mu D_o}$	s-1	62	62	62	62

**VERIFICACION REQUISITOS RESOLUCION 330 DE 2017**

Parámetro de evaluación	unidad	Valor	Observación
Gradiente Hidráulico			Artículo 112: Las unidades de mezcla rápida y mezcla lenta deben ubicarse lo más cerca posible. Para caudales menores de 250 1/s, el tipo de floculador podrá ser hidráulico o

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Tramos rectos	s-1	13	mecánico, mientras que para caudales mayores o iguales a 250 l/s será mecánico; en todos los casos de proyectos nuevos se deberán garantizar mínimo tres zonas de floculación, para alcanzar una disminución de los gradientes de velocidad de mezcla entre 70 s' y 10 s' y cuyo gradiente medio del proceso deberá ser 40 s'. Se requieren tiempos de retención hidráulica de 20 a 40 minutos, en total, para el proceso. El responsable del proyecto deberá realizar un análisis multivariable para la escogencia del tipo de agitación óptimo, en función de la eficiencia de remoción, tiempo de retención hidráulica, superficie de ocupación, y costos de operación de energía y productos químicos.
Pases	s-1	62	
Tiempo de retención	min	20-40	

Fuente: Consultoría

De acuerdo con los resultados obtenidos se deduce que la unidad de floculación no cumple con los requerimientos de la resolución vigente.

De otra parte, si se verifican otros requisitos no consignados en la norma vigente pero que constituyen elementos de verificación del proceso para asegurar su eficiencia, se relacionan a continuación los requisitos adicionales que se consignan en el Título C del RAS-2000, el cual es un anexo técnico vigente como guía para el diseño de plantas de tratamiento de agua.

**Tabla 5-16 Chequeo de recomendaciones – RAS 2000 Título C**

Recomendaciones título C RAS-2000	Unidad	Recomendadas	Utilizadas	Chequeo
Numero de cámaras	un	9	4.000	No cumple
Velocidad en los codos	m/s	0.2-04	0.526	No cumple
Gradiente de velocidad	s-1	20-70	13 -62	No cumple
Tiempo de retención	min	20-40	61.880	No cumple
Carga superficial por cámara	l/s/m <sup>2</sup>	25-50	2.241	No cumple
Dimensiones Longitud	m	0.75-1.50	1.050	Cumple
Dimensiones Ancho	m	0.50-1.25	1.020	Cumple
Profundidad del agua	m	1.50-300	2.100	Cumple
Relación Largo Ancho		1.00-1.33	1.029	Cumple

Fuente: Consultoría

La Norma prescribe además que se deben garantizar mínimo tres (3) zonas de gradiente de velocidad, en forma decreciente. En este caso el gradiente se mantiene constante.

En los planos de catastro se aprecia que las tuberías de 4" para lavado de las cámaras de floculación están a una altura mayor de la mitad de cada estructura; realmente deben estar en el fondo de cada cámara para garantizar el desagüe total de cada cámara.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Para el desagüe de cada cámara se dispone de una tubería y válvula de 4"

Área tubo de desagüe 4": A = 0.00785 M<sup>2</sup>  
H = V<sup>2</sup> / 2g (K1+K2)  
K<sub>1</sub> = 1.5 pérdidas por velocidad y salida  
K<sub>2</sub> = 0.8 pérdidas en válvula de 4".  
H = Altura total de agua = 2.50 m  
V = 4.62 m/s (Velocidad de descarga)

Descarga instantánea Q = VA = 4.62\*0.00785 = 0.0363 m<sup>3</sup>/S = 36.3 l/s

Tiempo de vaciado: t = 2S\*√h / CA\*√2g  
S = 1.0x1.0 = 1.0 M<sup>2</sup>  
T = 146.69 S = 2.44 minutes

El tiempo de descarga de lavado es muy corto -2.44 minutos-, lo cual significa que el diámetro del desagüe es excesivo.

El paso de la cuarta cámara de floculación al sedimentador se efectúa por la parte inferior con pasa muro de 3" y a continuación hay una tubería perforada a lo ancho del sedimentador, pero en el costado de entrada. En esta forma, la distribución del agua floculada no es uniforme para toda el área del sedimentador.

**Sedimentador de alta tasa:** Consiste en un sedimentador de flujo horizontal y alta tasa, con dimensiones 2.25 m de ancho, 4.06 m de longitud útil y 2.60 m de altura, con módulos plásticos en un sector de la longitud - 4.06 m-, confinado con una lámina divisoria metálica, provista de orificios para el paso del agua.

El flujo del agua a través de los módulos plásticos es ascendente y por eso la recolección debe plantearse mediante canal, canaleta o tubería perforada, estructura colocada por encima de las placas –aprox. a 0.20 m- y de allí se encauza el agua sedimentada hacia los filtros. En este caso se carece de ese elemento de recolección sobre los módulos plásticos. La tubería recolectora está colocada en la parte final del sedimentador, después de la placa metálica confinante.

El flujo a través de esa pantalla metálica con orificios no es adecuado, ya que como se advirtió, el agua debe ascender por los módulos y recogerse en la parte superior. Como

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

está planteado, el agua debería pasar por encima de la pantalla confinante, por rebose y ser recogida en la tubería perforada.

**Tabla 5-17 Evaluación Sedimentador de alta tasa – L = 4.06 m año 2017**

	<p>El flujo entra al sedimentador por la tubería de orificios en la parte baja del sedimentador y es controlado a la salida por la tubería con orificios que entrega el agua sedimentada a los filtros.</p>
	<p>Las dimensiones útiles del sedimentador son 2.25 x 4.06 x 1.02.</p>

<b>EVALUACION PROCESO UNITARIO - SEDIMENTADOR</b>			
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>	<b>SEDIMENTADOR DE ALTA TASA CON PANELES TIPO COLMENA</b>		
<b>NUMERO DE UNIDADES</b>	un	<b>1</b>	
<b>Caudal de operación</b>	l/s	<b>2.40</b>	
<b>Caudal de operación</b>	m <sup>3</sup> /s	<b>0.002</b>	
Longitud	m	<b>4.06</b>	
Ancho	m	<b>2.25</b>	
Altura lamina	m	<b>2.50</b>	
Área superficial	m <sup>2</sup>	<b>9.14</b>	
<b>Parámetro de evaluación</b>	<b>unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Velocidad de flujo V = Q/Af	cm/s	0.04	Se recomienda menor a 1.5 ok
Tubos cuadrados de 5 x 5 cm L = 0.6 m			Para tubos cuadrados
Sc (Para conductos cuadrados)		11/8	Factor de forma
Longitud relativa Lc		12.20	
Vo velocidad media Vo = Q/(AtSenθ)	m/min	0.02	Se recomienda menor a 1.2 ok
Carga superficial CS = Q/At	m/día	22.70	Recomendada entre 120-300

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Viscosidad cinemática a 20 grados	m <sup>2</sup> /s	1.05E-06	
No de Reynolds. Re = V <sub>0</sub> d/V		51.81	Se recomienda menor a 500
Tiempo de Retención t = Q/V	min	158.59	Se recomienda menor a 15 min
Velocidad critica de sedimentación	cm/s	0.01	$V_{sc} = ScVo / (Sen\theta + Lccos\theta)$

**VERIFICACION REQUISITOS RESOLUCION 330 DE 2017**

Parámetro de evaluación	unidad	Valor	Observación
Carga superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día	de 200-300	ARTÍCULO 113. Sedimentación. Unidad de sedimentación, de manera que se garantice la distribución equitativa de éste, desde el inicio hasta el final del sistema de entrega. Las unidades deben considerarse teniendo en cuenta como referenciarlos criterios de la tabla 8 y la tabla 9
Tiempo de retención	min	de 10 a 20	
Velocidad critica de sedimentación	cm/s	de 15 -30	

**Observación:** El sedimentador, no cumple con la carga superficial, el tiempo de retención y la velocidad critica de sedimentación

**Fuente: Consultoría**

En el plano de catastro, corte E-E, Figura el módulo plástico con una altura de 1.60 m. Estos módulos son fabricados con altura de 0.52 m y se acostumbra colocar una o 2 hiladas de éstos, con lo cual la altura es de 0.52 m o de 1.04 m. Además, debe dejarse un espacio por debajo de los módulos para permitir el flujo de agua y dejar una altura para depósito o acumulación de lodos y también debe tener una altura suficiente para permitir el ingreso del personal de mantenimiento para su lavado y el de toda la estructura del sedimentador.

Para el lavado del sedimentador Figura en planos una válvula de 4" con su niple, pero no se indica en qué forma se recoge esta descarga y la ruta de conducción al sitio de disposición final.

Se presenta en el siguiente cuadro el diagnóstico del sedimentador para las condiciones actuales de operación, con el caudal del año 2018, que es de 2.50 l/s

$$\begin{aligned} \text{Área tubo de desagüe 4": } A &= 0.00785 \text{ M}^2 \\ H &= \text{Altura total de agua} = 2.50 - 0.05 = 2.45 \text{ m} \\ V &= 4.57 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Descarga instantánea } Q &= V.A = 35.9 \text{ Lts/S} \\ \text{Tiempo de vaciado: } t &= 2S * \sqrt{h} / CA * \sqrt{2g} \\ S &= 2.25 * 5.36 = 12.06 \text{ M}^2 \\ T &= 1769 \text{ S} = 29.48 \text{ minutos} \end{aligned}$$

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Si se verifican otros requisitos no consignados en la norma vigente pero que constituyen elementos de verificación del proceso para asegurar su eficiencia, se relacionan a continuación requisitos adicionales del Título C del RAS-2000, el cual es un ANEXO técnico vigente como guía para el diseño de plantas de tratamiento de agua.

**Tabla 5-18 Chequeo de recomendaciones – RAS 2000 Título C**

Recomendaciones título C RAS-2000	Unidad	Recomendadas	Utilizadas	Chequeo
Tiempo de detención	min	10 a 15	38.063	No cumple
Profundidad	m	4-5.5m	2.500	No cumple
Carga superficial	m3/m2/día	200-300	4.481	No cumple
Sistema de salida		Orificios	si	Cumple
Numero de Reynolds	100 a 500	45.039	45.039	No cumple
Inclinación de las placas	grados	45 a 60	60.000	Cumple
Longitud de las placas	m	1 a 2	1.600	Cumple
Espacio entre placas	m	0.050	0.050	Cumple
Nivel del agua sobre las placas	m	0.5 a 1.5	0.080	No cumple
velocidad promedio	m/min	0.05 a 0.13	0.016	No cumple
Número de unidades	Unidad	2.000	1.000	No cumple

Fuente: Consultoría

Puede observarse que no se cumplen los requisitos para asegurar la correcta operación de la unidad de floculación.

**Filtro Rápido:** Se dispone de una sola estructura para filtración. Tiene lecho filtrante de arena y antracita, soportado por una capa de grava. Las dimensiones son: ancho 2.25 m, longitud 1.55 m y altura 2.55 m.

De acuerdo con los planos del catastro realizado por la Consultoría, hay un espacio libre de 0.30 m del fondo hacia arriba. Después aparece una capa de arena de 0.40 m y sobre esta una capa de 0.35 m de antracita, para una altura total de 1.05 m hasta la parte superior del lecho filtrante.

La salida del agua filtrada se realiza en el espacio inferior, mediante tubería de 4" con válvula tipo mariposa de igual diámetro y entrega al tanque de almacenamiento.

El lavado de la unidad de filtración se realiza mediante un sistema de bombeo desde el tanque de almacenamiento e ingresa por la parte inferior del filtro y asciende para lograr la expansión del lecho filtrante.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Se presenta una simulación de las pérdidas durante la filtración y también durante el lavado, partiendo de la base de la siguiente suposición sobre espesor de los lechos:

Antracita:	0.35 m
Arena:	0.25 m
Grava:	0.20 m
Falso fondo:	0.10 m

Caudal de filtración:	2.40 l/s = 208 M <sup>3</sup> /día (año 2018)
Área del filtro:	2.25*1.65 = 3.713 M <sup>2</sup>
Tasa de filtración:	208/3.713 = 55.89 M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup> . Día

Esta tasa de filtración es baja: La Resolución 330/2017 en su Tabla 10 establece un rango entre 180 y 350 M<sup>3</sup>/M<sup>2</sup>/día para filtración rápida con lecho mixto.

También especifica que cuando el lavado se realiza desde un tanque exterior, el número mínimo de unidades debe ser tres (3). En este caso, al existir solo un filtro, durante el lavado de la unidad, que puede durar 20 minutos, no se puede suministrar agua a la población y hay que restringir el ingreso del agua sedimentada.

La velocidad ascensional para lavado no puede ser inferior a 0.6 m/min.

Para un tubo de 4",

Área	=	0.00785 m <sup>2</sup>
Velocidad	=	0.6 m/min = 0.6/60 = 0.01 m/s
Caudal mínimo de lavado	=	0.01*0.00785= 0.785x 10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> /s= 0.0785 l/s
Tiempo de lavado	=	20 min = 1200 s
Volumen de agua requerido para lavado	=	0.0785*1200= 94.2 M <sup>3</sup>

Este volumen se deja de suministrar a la comunidad y se toma del tanque de almacenamiento.

En el siguiente cuadro se presentan las características del filtro y la Hidráulica durante la filtración.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

	<p>El flujo entra al filtro mediante una tubería de orificios que descarga libremente sobre el lecho filtrante.</p>
	<p>Las dimensiones del filtro son 1.65 x 2.25 *1.05 de altura del lecho.</p>

**Tabla 5-19 Evaluación De La Filtración Año actual 2017**

<b>EVALUACION PROCESO UNITARIO - FILTRO</b>		
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>	<b>FILTRO DE ALTA TASA DECLINANTE</b>	
<b>NUMERO DE UNIDADES</b>	un	<b>1</b>
<b>Caudal de operación</b>	l/s	<b>2.40</b>
<b>Caudal de operación</b>	m3/s	<b>0.002</b>
Caudal	lps	<b>2.40</b>
Número de Unidades	un	<b>1.00</b>
Longitud	m	<b>1.65</b>
Ancho	m	<b>2.25</b>
Altura lamina	m	<b>2.50</b>
Área superficial	m2	<b>3.71</b>
Tasa de filtración	m3/m2.dia	<b>55.85</b>
Caudal por unidad	m3/s	<b>0.002</b>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Falso fondo	m	0.10	Viguetas
Grava	m	0.20	
Arena	m	0.25	
Antracita	m	0.35	
Expansión	m	0.70	Distancia del lecho a la batea del tubo de salida
Altura Total	m	1.60	

**EVALUACION DE LAS PERDIDAS DURANTE LA FILTRACION**

**Ramal de Salida**

Caudal :	m <sup>3</sup> /s	0.0024	
Diámetro	m	0.10	
Área	m <sup>2</sup>	0.01	
Velocidad	m/s	0.31	
Perdida	m	0.007	Km = 1.5 <b>0.007 m</b>

**Filtro**

**Ecuación General de pérdidas**      **m**

$$ho = 0.178 * \frac{LV^2}{g * e^4} * \frac{\alpha}{\beta} * \sum CDi * \frac{Pi}{Di}$$

Donde:

ho

ho es la perdida en el lecho de arena o antracita según corresponda

L

L es la profundidad del lecho

V velocidad de filtración en m/s  
g aceleración de la gravedad

$\alpha$ ,  $\beta$  y  $\psi$  son coeficientes de forma que varían según el medio filtrante.

e es la porosidad del lecho

$Pi/di$  fracción de peso de partículas de tamaño  $di$

Cd es el coeficiente de arrastre que se calcula según la ecuación:

$$C_D = \frac{24}{N_{RE}} + \frac{3}{\sqrt{N_{RE}}} + 0,34$$

Coeficiente de perdidas

$$N_{RE} = \frac{\rho V d}{\mu}$$

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Numero de Reynolds

Viscosidad dinámica	Pa s	1.005.E-03
Viscosidad cinemática	m2/s	1.0.E-06
Velocidad de filtración	m/s	0.0006

Característica asumidas del lecho

Medio	Arena	Antracita	Unidad
Altura	0.25	0.35	m
TE	0.45	0.8	mm
CV	(1,6 - 1,7)	(1,35 - 1)	
e	0.45	0.5	

Tipo de arena	$\beta$	$\alpha/\beta$	$\Psi$
Angular	0.64	6.9	0.81
Afilada	0.77	6.2	0.85
Erosionada	0.86	5.7	0.89
Redondeada	0.91	5.5	0.91
Esférica	0.52	6	1

**Evaluación de Perdidas en el lecho de arena** (Se asume una granulometría para la arena)

N tamiz	Di	% Retenido	Nre	Cdi	Pi/Di	Cdi*(Pi/Di)
40 - 35	0.046	10	0.296	86.970	217.391	18907
35 - 30	0.054	21	0.347	74.520	388.889	28980
30 - 25	0.065	16	0.418	62.380	246.154	15355
25 - 20	0.082	15	0.527	49.970	182.927	9141
20 - 18	0.092	18	0.592	44.790	195.652	8763
18 - 17	0.109	20	0.701	38.150	183.486	7000
						Suma <b>88146</b>

Para la arena

$\beta$
$\alpha/\beta$
$\Psi$

0.52                          Forma esférica  
6                              Forma esférica  
1                              Forma esférica

**Perdida en el lecho de arena**                           $h_o$                           **0.024 m**

## **PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO Poblado TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Evaluación de Perdidas en el lecho de antracita** (Se asume una granulometría para la antracita)

N tamiz	Di	% Retenido	Nre	Cdi	Pi/Di	Cdi*(Pi/Di)
20 – 18	0.092	10	0.592	44.790	108.696	4868
18 – 16	0.109	21	0.701	38.150	192.661	7350
16 – 14	0.13	16	0.836	32.320	123.077	3978
14 – 22	0.154	15	0.991	27.580	97.403	2686
12 – 10	0.184	18	1.184	23.380	97.826	2287
10 – 08	0.219	20	1.409	19.900	91.324	1817
<b>Suma</b>						<b>22986</b>
$\beta$		0.64				
$\alpha/\beta$		15.4				
$\psi$		24.0625				

<b>Perdida en el lecho de antracita</b>	$hf = \frac{L * v_a}{3}$	ho	0.023	m
---	--------------------------	----	-------	---

## **Perdida en el Lecho de Grava**

Caudal=	2.40 l/s	Caudal por filtro
Au=	3.71 m <sup>2</sup>	Área de filtro
L =	0.20 m	Altura lecho de grava
v <sub>a</sub> =	0.04 m/s	Velocidad ascensional
hf=	0.00 m	Pérdidas en la grava filtrando

Pérdidas en la grava **ho** **0.003** m

## Perdidas en el falso fondo

<b>Múltiple de agua filtrada</b>	Diámetro orificios	1/2	pulg
	Numero de orificios por ramal	12	Por cada lateral (asumidos)
	Numero de ramales	10	Ramal es
	Total orificios por filtro	120	Orifici os
	Caudal de paso	2.40	l/s
	Caudal por orificios	0.02	l/s

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Área del orificio	0.0001	m2
Velocidad de paso	0.16	m/s
<b>Perdida en el orificios</b>	<b>ho</b>	<b>0.00</b> m

<b>Perdidas en la filtración</b>	<b>Ht</b>	<b>0.06</b> m
----------------------------------	-----------	---------------

**EVALUACION DE LAS PERDIDAS DURANTE  
EL LAVADO**

Qlavado	m3/min.m2	0.60	Vasc >= a 0,6 m/min = 0.01 m/s
Au	m2	3.71	
Qlavado	m3/s	0.04	
Qlavado	l/s	37.13	
Qtratado	l/s	2.40	

Velocidad válvula de  
Salida:

Qlavado	l/s	37.13	Caudal necesario para el lavado de un filtro
Diámetro tubería	Pulg	4	Diámetro de la tubería en pulgadas
Diámetro tubería	m	0.10	Diámetro de la tubería en metros
Velocidad	m/s	4.58	Velocidad de paso por la tubería lavando

Perdidas Por accesorios:	Km Válvula	0.3
	Km Niples	1.5
	Total Km	1.8

Perdida en la salida	1.93	m
----------------------	------	---

Perdida en el múltiple del filtro	<b>Perdida en viguetas</b>	<b>0.46</b> m
-----------------------------------	----------------------------	---------------

Perdida en el ramal	Diámetro orificios	1/2	pulg
	Total orificios	120	Orificios
	Caudal de lavado	37.13	l/s
	Caudal por orificios	0.31	l/s
	Área del orificio	0.00	m2
	Velocidad de paso	2.44	m/s
	<b>Perdida en el orificios</b>	$h_L = (s_S - 1) \cdot (1 - p_{\varnothing}) \cdot L_{\varnothing}$	

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

b) Pérdidas en el lecho filtrante

$$h_{lg} = \frac{v_a \cdot L_o}{3}$$

Perdida en la arena y en la antracita m

Perdida en la grava m

Donde:

Ss es la densidad relativa de los granos sumergidos

Po es la porosidad del medio

Lo es la altura de la arena o antracita según corresponda en m

Va es la velocidad ascensional en m/min

Valores	Ss	Po	Lo
Antracita	1.5	0.5	0.35
Arena	2.65	0.45	0.25

Pérdidas arena 0.23 m Pérdidas en la arena

Pérdidas antracita 0.09 m Pérdidas en la antracita

Va= 0.60 m/min Velocidad ascensional de lavado

Pérdidas grava 0.04 m Pérdida en la grava

**Pérdidas durante el lavado 0.81 m**

**Tabla 5 20 verificación requisitos resolución 330 de 2017**

Parámetro de evaluación	unidad	Valor	Observación
Tasa de filtración	m3/m2/día	de 180-350	
Profundidad del medio Arena	m	de 0.4 a 0.6	ARTÍCULO 114. Filtración convencional. Debe desarrollarse un estudio de alternativas multicriterio, con el fin de definir el tipo de tecnología de filtración que se utilizará. Teniendo en cuenta la turbiedad objetivo de salida, el dimensionamiento de las unidades deberá tener como referencia los criterios de la tabla 10 y la tabla 11
Profundidad del medio Antracita	m	de 0.15 a 0.3	
<b>Observación:</b> El filtro tiene una carga superficial muy baja, menor a la requerida para una estructura de esta característica. Así mismo, los espesores de los lechos filtrantes no se corresponden con lo mínimos establecidos en la resolución.			

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

La pérdida de carga durante el lavado,  $h_l$  es de:  $H_l = 81 \text{ cm}$ , es mayor a  $70 \text{ cm}$ , que es la altura disponible hasta la tubería de descarga del lavado. Y la expansión total del lecho de arena y antracita alcanza  $17.6 \text{ cm}$ , equivalente al 29.3% del espesor de las capas filtrantes. La expansión del lecho es de  $17.61 \text{ cm}$ , valor inferior a los  $70 \text{ cm}$  que hay entre el lecho en reposo y la tubería de lavado, luego no hay posibilidad de pérdida del material filtrante a través de esa tubería de lavado.

A la luz del título C del RAS-2000 el sistema de filtración tampoco presenta condiciones adecuadas para su funcionamiento.

**Tabla 5-20 Filtración Chequeo de recomendaciones – RAS 2000 Título C**

Recomendaciones título C RAS-2000	Unidad	Recomendadas	Utilizadas	Chequeo
Tasa de filtración	$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$	200-300	55.89	No cumple
Profundidad de la arena	m	0.4 a 0.6	0.250	No cumple
Profundidad de la antracita	m	0.15 a 0.30	0.350	No cumple

Fuente: Consultoría

De otra parte, la resolución vigente indica los siguientes parámetros para plantas convencionales, INDICA

Puede observarse que el sistema de tratamiento no presenta condiciones mínimas que aseguren la tratabilidad del agua, pues en general los períodos de retención en las estructuras no corresponden a lo estipulado en la bibliografía para este tipo de estructuras.

También es posible observar que es muy difícil desde el punto de vista hidráulico adecuar esta estructura para que opere en condiciones hidráulicas aceptables sin llegar a comprometer la forma de la estructura,

#### *5.2.5.4 Evaluación de la PTAP para el caudal al horizonte de diseño 2044*

En los siguientes apartes se evalúa la capacidad de cada uno de los procesos unitarios descritos con anterioridad (ver ANEXO 5.1).

**Cámara de arietamiento y aforo:** La estructura en donde se realiza la aplicación de coagulante es utilizada para efectuar el proceso de mezcla y se evalúa su funcionalidad para este proceso. La estructura existente de entrada del agua a la planta no cumple las funciones de mezcla rápida, para aplicación de los productos químicos coagulantes. Es decir que solamente se comporta como una cámara de paso, más no como mezcla rápida. Es necesario entonces implementar una estructura que cumpla con esta función en la PTAP.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Floculación:** En los siguientes cuadros se muestran los cálculos de velocidades, pérdidas de carga, tiempos de retención y gradientes de velocidad, para cada cámara y el total, para el caudal de diseño 3.40 l/s.

**Tabla 5-21 Floculación – Evaluación para el caudal al periodo de diseño – 2044**

<b>EVALUACION PROCESO UNITARIO - FLOCULADOR</b>					
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>		<b>FLOCULADOR TIPO ALABAMA</b>			
<b>NUMERO DE UNIDADES</b>		<b>4</b>			
<b>Caudal de operación</b>	l/s	<b>3.40</b>	<b>3.40</b>	<b>3.40</b>	<b>3.40</b>
<b>Caudal de operación</b>	m3/s	<b>0.003</b>	<b>0.003</b>	<b>0.003</b>	<b>0.003</b>
<b>DIMENSION DE LAS UNIDADES</b>		<b>UNIDAD</b>			
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Largo	m	1.05	1.05	1.05	1.05
Ancho	m	1.02	1.02	1.02	1.02
Profundidad	m	2.21	2.21	2.21	2.21
Volumen de la cámara	m3	2.37	2.37	2.37	2.37
Área superficial	m2	1.07	1.07	1.07	1.07
<b>Caudal de operación</b>	<b>m3/s</b>	<b>0.003</b>	<b>0.003</b>	<b>0.003</b>	<b>0.003</b>
Velocidad de flujo en la cámara	m/s	0.003	0.003	0.003	0.003
Tiempo de retención en la cámara	seg	696.1	696.15	696.15	696.15
Tiempo de retención en la cámara	min	11.60	11.60	11.60	11.60

<b>Parámetro de evaluación</b>	<b>unida d</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
Volumen total del floculador	m3	9.468	
Tiempo de retención del floculador	min	46.41	Excede los tiempos recomendados

**EVALUACION DE PERDIDAS EN LA UNIDAD**

<b>DIMENSION DE LAS UNIDADES - TRAMOS RECTOS</b>	<b>UNIDAD</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
Rugosidad de las paredes (Concreto) (n de Manning)	0.016	0.016	0.016	0.016	
Área de flujo	m2	1.071	1.071	1.071	1.071
Perímetro mojado	m	4.140	4.140	4.140	4.140
Radio Hidráulico	m	0.259	0.259	0.259	0.259
Velocidad de flujo	m/s	0.003	0.003	0.003	0.003

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Perdida en cámaras $Hf = l \left( \frac{V_n}{R^{2/3}} \right)^2$	m	3.E-08	3.E-08	3.E-08	3.E-08
Agua a 20 grados centígrados	γ N/m3	9.E+03	9.78.E+03	9.78.E+03	9.78.E+03
	μ Ns/m2	1.0E-03	1.005.E-03	1.005.E-03	1.005.E-03
Gradiente Hidráulico $G = \sqrt{\gamma Hf / \mu T}$	s-1	22	22	22	22

DIMENSION DE LAS UNIDADES – PASES	UNIDAD			
	1	2	3	4
Diámetro del orificio	Plg	3.000	3.000	3.000
Área del orificio	m <sup>2</sup>	0.005	0.005	0.005
Velocidad de paso	m/s	0.746	0.746	0.746
Perdida de carga	m	0.014	0.014	0.014
Gradiente Hidráulico $G = \sqrt{200 V_o^3 / \mu D_o}$	s-1	104	104	104

**VERIFICACION REQUISITOS RESOLUCION 330 DE 2017**

Parámetro de evaluación	unidad	Valor	Observación
Gradiente Hidráulico			Artículo 112: Las unidades de mezcla rápida y mezcla lenta deben ubicarse lo más cerca posible. Para caudales menores de 250 l/s, el tipo de floculador podrá ser hidráulico o mecánico, mientras que para caudales mayores o iguales a 250 l/s será mecánico; en todos los casos de proyectos nuevos se deberán garantizar mínimo tres zonas de floculación, para alcanzar una disminución de los gradientes de velocidad de mezcla entre 70 s' y 10 s' y cuyo gradiente medio del proceso deberá ser 40 s'. Se requieren tiempos de retención hidráulica de 20 a 40 minutos, en total, para el proceso. El responsable del proyecto deberá realizar un análisis multivariable para la escogencia del tipo de agitación óptimo, en función de la eficiencia de remoción, tiempo de retención hidráulica, superficie de ocupación, y costos de operación de energía y productos químicos.
Tramos rectos	s-1	22	
Pases	s-1	104	
Tiempo de retención	Min	20-40	

**Observación:** El floculador, no cumple con los gradientes hidráulicos requeridos para asegurar la mezcla del coagulante y los tiempos de retención requeridos

Recomendaciones título C RAS-2000	Unidad	Recomendadas	Utilizadas	Chequeo
Numero de cámaras	un	9	4.000	No cumple
Velocidad en los codos	m/s	0.2-04	0.746	No cumple
Gradiente de velocidad	s-1	20-70	22-104	No cumple
Tiempo de tención	min	20-40	46.41	No cumple
Carga superficial por cámara	l/s/m <sup>2</sup>	25-50	3.175	No cumple

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Dimensiones Longitud	m	0.75-1.50	1.050	Cumple
Dimensiones Ancho	m	0.50-1.25	1.020	Cumple
Profundidad del agua	m	1.50-300	2.210	Cumple
Relación Largo Ancho		1.00-1.33	1.029	Cumple

De acuerdo con los resultados obtenidos se deduce que el gradiente de velocidad - 22 S<sup>-1</sup>- está dentro del rango de 20 a 70 S<sup>-1</sup> dispuesto en la Resolución 330 de 2017 del MVCT, mientras el tiempo de retención - 46 min- excede el rango de 20 a 40 minutos. De igual manera que en el caso anterior, el floc puede romperse a través del paso de los orificios. La Norma prescribe además que se deben garantizar mínimo tres (3) zonas de gradiente de velocidad, en forma decreciente. En este caso el gradiente se mantiene constante en todas las cámaras.

**Sedimentador de alta tasa:** Se presenta en el siguiente cuadro el diagnóstico del sedimentador existente para las condiciones futuras de operación, período de diseño, con el caudal del año 2043, de 3.40 l/s

**Tabla 5-22 Evaluación Sedimentador Con Módulos Plásticos Año 2044**

EVALUACION PROCESO UNITARIO - SEDIMENTADOR			
CARACTERISTICAS GENERALES		SEDIMENTADOR DE ALTA TASA CON PANELES TIPO COLMENA	
NUMERO DE UNIDADES	un	1	
Caudal de operación	l/s	3.40	
Caudal de operación	m3/s	0.003	
Longitud	m	4.06	
Ancho	m	2.25	
Altura lamina	m	2.50	
Área superficial	m2	9.14	
Parámetro de evaluación	unidad	Valor	Observación
Velocidad de flujo V = Q/Af	cm/s	0.06	Se recomienda menor a 1.5 ok
Tubos cuadrados de 5 x 5 cm L = 0.6 m			Para tubos cuadrados
Sc (Para conductos cuadrados)		11/8	Factor de forma
Longitud relativa Lc		12.20	
Vo velocidad media Vo = Q/(AtSenθ)	m/min	0.03	Se recomienda menor a 1.2 ok
Carga superficial CS = Q/At	m/día	32.16	Recomendada entre 120-300
Viscosidad cinemática a 20 grados	m <sup>2</sup> /s	1.05E-06	
No de Reynolds. Re = Vod/v		73.40	Se recomienda menor a 500
Tiempo de Retención t = Q/V	min	111.95	Se recomienda menor a 15 min
Velocidad critica de sedimentación	cm/s	0.01	Vsc = ScVo/(Senθ + Lccosθ)

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**VERIFICACION REQUISITOS RESOLUCION 330 DE 2017**

Parámetro de evaluación	Unidad	Valor	Observación
Carga superficial	m3/m2/día	de 200-300	
Tiempo de retención	Min	de 10 a 20	
Velocidad critica de sedimentación	cm/s	de 15 -30	ARTÍCULO 113. Sedimentación. Unidad de sedimentación, de manera que se garantice la distribución equitativa de éste, desde el inicio hasta el final del sistema de entrega. Las unidades deben considerarse teniendo en cuenta como referenciarlos criterios de la tabla 8 y la tabla 9

**Observación:** El sedimentador, no cumple con la carga superficial, el tiempo de detención y la velocidad crítica de sedimentación

**Tabla 5-23 Sedimentador Chequeo de recomendaciones – RAS 2000 Título C**

Recomendaciones título C RAS-2000	Unidad	Recomendadas	Utilizadas	Chequeo
Tiempo de detención	min	10 a 15	26.868	
Profundidad	m	4-5.5m	2.500	
Carga superficial	m3/m2/día	200-300	6.347	
Sistema de salida		Orificios	sí	
Número de Reynolds	100 a 500	63.805	63.805	
Inclinación de las placas	grados	45 a 60	60.000	
Longitud de las placas	m	1 a 2	1.600	
Espacio entre placas	m	0.050	0.050	
Nivel del agua sobre las placas	m	0.5 a 1.5	0.080	
velocidad promedio	m/min	0.05 a 0.13	0.022	
Número de unidades	Unidad	2.000	1.000	

Fuente: Consultoría

De la evaluación mostrada se deduce que la estructura del sedimentador actual es de un tamaño superior al requerido, inclusive para el caudal futuro y por tal motivo la carga superficial es muy baja. Por consiguiente, la velocidad crítica también es muy baja  $3.03 \times 10^{-3}$  cm/s.

**Filtro Rápido:** En el siguiente cuadro se presentan las características del filtro existente y la Hidráulica durante la filtración, con el caudal de diseño para el año 2043, que corresponde al período de diseño.

**Tabla 5-24 Evaluación De La Filtración Año 2044**

EVALUACION PROCESO UNITARIO - FILTRO		
CARACTERISTICAS GENERALES	FILTRO DE ALTA TASA DECLINANTE	
NUMERO DE UNIDADES	Un	1
Caudal de operación	l/s	3.40

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>Caudal de operación</b>	m3/s	<b>0.003</b>
Caudal	Lps	<b>3.40</b>
Número de Unidades	Un	1.00
Longitud	M	1.65
Ancho	M	2.25
Altura lamina	M	2.50
Área superficial	m2	3.71
Tasa de filtración	m3/m2.dia	79.13
Caudal por unidad	m3/s	0.002

Falso fondo	M	0.10	Vigueta s
Grava	M	0.20	
Arena	M	0.25	
Antracita	M	0.35	
Expansión	M	0.70	Distancia del lecho a la batea del tubo de salida
Altura Total	M	1.60	

**EVALUACION DE LAS PERDIDAS DURANTE LA FILTRACION**

**Ramal de Salida**

Caudal :	m3/s	0.0024	
Diámetro	m	0.10	
Área	m2	0.01	
Velocidad	m/s	0.31	
Perdida	m	0.007	Km = 1.5 <b>0.007 m</b>

**Filtro**

**Ecuación General de pérdidas**      m      
$$ho = 0.178 * \frac{LV^2}{g * e^4} * \frac{\alpha}{\beta} * \sum CDi * \frac{Pi}{Di}$$

Donde:	ho	ho es la perdida en el lecho de arena o antracita según corresponda
	L	L es la profundidad del lecho
		V velocidad de filtración en m/s g aceleración de la gravedad

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

$\alpha$ ,  $\beta$  y  $\psi$  son coeficientes de forma que varían según el medio filtrante.

$e$  es la porosidad del lecho

$P_i/d_i$  fracción de peso de partículas de tamaño  $d_i$

$C_d$  es el coeficiente de arrastre que se calcula según la ecuación:

$$C_d = \frac{24}{N_{RE}} + \frac{3}{\sqrt{N_{RE} + 0,34}}$$

Coeficiente de perdidas

$$N_{RE} = \frac{\rho V d}{\mu}$$

Número de Reynolds

Viscosidad dinámica	Pa s	1.005.E-03
Viscosidad cinemática	m <sup>2</sup> /s	1.0.E-06
Velocidad de filtración	m/s	0.0006

Característica asumidas del lecho

Medio	Arena	Antracita	Unidad
Altura	0.25	0.35	m
TE	0.45	0.8	mm
CV	(1,6 - 1,7)	(1,35 - 1)	
e	0.45	0.5	

Tipo de arena	$\beta$	$\alpha/\beta$	$\psi$
Angular	0.64	6.9	0.81
Afilada	0.77	6.2	0.85
Erosionada	0.86	5.7	0.89
Redondeada	0.91	5.5	0.91
Esférica	0.52	6	1

**Evaluación de Perdidas en el lecho de arena** (Se asume una granulometría para la arena)

N tamiz	Di	% Retenido	Nre	Cdi	Pi/Di	Cdi*(Pi/Di)
40 - 35	0.046	10	0.296	86.970	217.391	18907
35 - 30	0.054	21	0.347	74.520	388.889	28980
30 - 25	0.065	16	0.418	62.380	246.154	15355

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

25 - 20	0.082	15	0.527	49.970	182.927	9141
20 - 18	0.092	18	0.592	44.790	195.652	8763
18 - 17	0.109	20	0.701	38.150	183.486	7000
Suma						<b>88146</b>

Para la arena	$\beta$	0.52	Forma esférica
	$\alpha/\beta$	6	Forma esférica
	$\psi$	1	Forma esférica

**Perdida en el lecho de arena**  $h_o$  **0.024 m**

**Evaluación de Perdidas en el lecho de antracita** (Se asume una granulometría para la antracita)

N tamiz	Di	% Retenido	Nre	Cdi	Pi/Di	Cdi*(Pi/Di)
20 - 18	0.092	10	0.592	44.790	108.696	4868
18 - 16	0.109	21	0.701	38.150	192.661	7350
16 - 14	0.13	16	0.836	32.320	123.077	3978
14 - 22	0.154	15	0.991	27.580	97.403	2686
12 - 10	0.184	18	1.184	23.380	97.826	2287
10 - 08	0.219	20	1.409	19.900	91.324	1817
Suma						<b>22986</b>

$\beta$	0.64
$\alpha/\beta$	15.4
$\psi$	24.0625

**Perdida en el lecho de antracita**  $h_o$  **0.023 m**

$$hf = \frac{L * v_a}{3}$$

**Perdida en el Lecho de Grava**  $m$

Caudal=	3.40 l/s	Caudal por filtro
Au=	3.71 m <sup>2</sup>	Área de filtro
L =	0.20 m	Altura lecho de grava
va =	0.05 m/s	Velocidad ascensional
hf=	0.00 m	Pérdidas en la grava filtrando

Pérdidas en la grava  $h_o$  **0.004 m**

Perdidas en el falso fondo

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>Múltiple de agua filtrada</b>	Diámetro orificios	1/2	pulg
	Numero de orificios por ramal	12	Por cada lateral (asumidos)
	Numero de ramales	10	Ramales
	Total orificios por filtro	120	Orificios
	Caudal de paso	3.40	l/s
	Caudal por orificios	0.03	l/s
	Área del orificio	0.0001	m <sup>2</sup>
	Velocidad de paso	0.22	m/s
	<b>Perdida en el orificios</b>	ho	<b>0.00</b> m
<b>Perdidas en la filtración</b>		Ht	<b>0.06</b> m

**EVALUACION DE LAS PERDIDAS DURANTE  
EL LAVADO**

Qlavado	m <sup>3</sup> /min.m <sup>2</sup>	0.60	Vasc >= a 0,6 m/min = 0.01 m/s
Au	m <sup>2</sup>	3.71	
Qlavado	m <sup>3</sup> /s	0.04	
Qlavado	l/s	37.13	
Qtratado	l/s	3.40	

Velocidad válvula de Salida:

Qlavado	l/s	37.13	Caudal necesario para el lavado de un filtro
Diámetro tubería	Pulg	4	Diámetro de la tubería en pulgadas
Diámetro tubería	m	0.10	Diámetro de la tubería en metros
Velocidad	m/s	4.58	Velocidad de paso por la tubería lavando

Perdidas Por accesorios:	Km Válvula	0.3
	Km Niples	1.5
	Total Km	1.8

Perdida en la salida 1.93 m

Perdida en el múltiple del filtro **Perdida en viguetas** **0.46** m

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Perdida en el ramal	Diámetro orificios	1/2	pulg
	Total orificios	120	Orificios
	Caudal de lavado	37.13	l/s
	Caudal por orificios	0.31	l/s
	Área del orificio	0.00	m <sup>2</sup>
	Velocidad de paso	2.44	m/s
	<b>Perdida en el orificios</b>	<b>0.46</b>	<b>m</b>

b) Pérdidas en el lecho filtrante

$$\text{Perdida en la arena y en la antracita} \quad m \quad h_L = (s_s - 1) \cdot (1 - p_o) \cdot L_o$$

$$\text{Perdida en la grava} \quad m \quad h_{lg} = \frac{v_a \cdot L_o}{3}$$

Donde:

S<sub>s</sub> es la densidad relativa de los granos sumergidos  
 P<sub>o</sub> es la porosidad del medio  
 L<sub>o</sub> es la altura de la arena o antracita según corresponda en m  
 V<sub>a</sub> es la velocidad ascensional en m/min

Valores	S <sub>s</sub>	P <sub>o</sub>	L <sub>o</sub>
Antracita	1.5	0.5	0.35
Arena	2.65	0.45	0.25

Pérdidas arena 0.23 m Pérdidas en la arena

Pérdidas antracita 0.09 m Pérdidas en la antracita

V<sub>a</sub>= 0.60 m/min Velocidad ascensional de lavado

Pérdidas grava 0.04 m Pérdida en la grava

**Pérdidas durante el lavado** **0.81 m**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**VERIFICACION REQUISITOS RESOLUCION 330 DE 2017**

Parámetro de evaluación	unidad	Valor	Observación
Tasa de filtración	m3/m2/día	de 180-350	
Profundidad del medio Arena	m	de 0.4 a 0.6	
Profundidad del medio Antracita	m	de 0.15 a 0.3	ARTÍCULO 114. Filtración convencional. Debe desarrollarse un estudio de alternativas multicriterio, con el fin de definir el tipo de tecnología de filtración que se utilizará. Teniendo en cuenta la turbiedad objetivo de salida, el dimensionamiento de las unidades deberá tener como referencia los criterios de la tabla 10 y la tabla 11
<b>Observación:</b> El filtro posee una carga superficial muy inferior a la requerida.			

Recomendaciones título C RAS-2000	Unidad	Recomendadas	Utilizadas	Chequeo
Tasa de filtración	m3/m2/día	200-300	3.400	
Profundidad de la arena	m	0.4 a 0.6	0.250	
Profundidad de la antracita	m	0.15 a 0.30	0.350	

Fuente: Consultoría

La expansión total del lecho de arena y antracita alcanza 17.605 cm, equivalente al 29.3% del espesor de las capas filtrantes. Como la altura reportada de agua sobre el lecho es de 0.55 m, y la tubería de lavado se encuentra a 1.75 m, o sea, hay un margen de 0.70 m para lograr el nivel mínimo del filtro.

**Desinfección:** La desinfección del agua tratada se realiza mediante la aplicación de cloro gaseoso, para lo cual se dispone de cilindros metálicos de 68 Kg de capacidad y clorador montado sobre el cilindro. El agua que se utiliza para la preparación de la solución se extrae del agua filtrada. La dosificación se realiza mediante una tubería de  $\Phi 1/2"$  en PVC, directamente en el tanque de almacenamiento.

Se realiza la aplicación del cloro en la tapa de acceso del tanque de almacenamiento, aproximadamente a 1,0m de las tuberías de entrada del agua que viene de los filtros y no hay una estructura de tanque de contacto, siendo el tanque de almacenamiento la estructura que cumple esa función.

La dosis óptima para la aplicación de cloro es de 2.5 mg/lit, de acuerdo con el ensayo de demanda de cloro practicado por el laboratorio ANALQUIM en el año 2017.

#### *5.2.5.5 Conclusiones acerca de los hallazgos en el sistema de tratamiento*

##### *5.2.5.5.1 Calidad Del Agua Tratada*

El resumen del análisis de calidad del agua tratada en la PTAP se muestra en el Anexo 5.3 de este documento y a continuación se presentan los resultados que se obtuvieron.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR	VALOR DE REFERENCIA LÍMITE	CUMPLIMIENTO NORMATIVO	VALOR DE RIESGO REFERENCIA	PUNTAJE DE RIESGO (IRCA)
<b>Características Físicas</b>						
Color aparente	UPC	12	15	CUMPLE CON LÍMITE	6	0
Conductividad	µS/cm	666	1000	CUMPLE CON LÍMITE	N.E.	N.A.
Temperatura	°C	19,9	N.E.	N.A.	N.E.	N.A.
pH	Unidades	7,87	6,5 a 9,0	CUMPLE CON EL RANGO	1,5	0
Turbiedad	UNT	0,30	2	CUMPLE CON LÍMITE	15	0
<b>Características Químicas - Implicaciones sobre la salud humana</b>						
Carbono Orgánico Total	mg/L COT	3,3	5,0	CUMPLE CON LÍMITE	3	0
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0,5	0,1	CUMPLE CON LÍMITE	3	0
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<1,0	10	CUMPLE CON LÍMITE	1	0
Fluoruros	mg/L F <sup>-</sup>	0,21	1,0	CUMPLE CON LÍMITE	1	0
<b>Características Químicas - Consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana</b>						
Calcio	mg/L Ca	111,2	60	NO CUMPLE CON LÍMITE	1	1
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	157	200	CUMPLE CON LÍMITE	1	0
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	2,00	250	CUMPLE CON LÍMITE	1	0
Aluminio	mg/L Al <sup>3+</sup>	0,11	0,2	CUMPLE CON LÍMITE	3	0
Hierro Total	mg/L Fe	<0,10	0,3	CUMPLE CON LÍMITE	1,5	0
Magnesio	mg/L Mg	14,58	36	CUMPLE CON LÍMITE	1	0
Manganoso	mg/L Mn	<0,03	0,1	CUMPLE CON LÍMITE	1	0
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	256,00	250	NO CUMPLE CON LÍMITE	1	1
Zinc	mg/L Zn	<0,02	3	CUMPLE CON LÍMITE	1	0
Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	<0,20	0,5	CUMPLE CON LÍMITE	1	0
<b>Características Químicas - Otras sustancias</b>						
Cloro residual libre	mg/L Cl <sub>2</sub>	<0,30	0,3 - 2,0	NO CUMPLE CON EL RANGO	15	15
Cloro residual combinado	mg/L Cl <sub>2</sub>	0,00	N.E.	N.A.	N.E.	N.A.
<b>Características Microbiológicas</b>						
Coliformes Totales	UFC/100 mL	680	0	NO CUMPLE CON LÍMITE	15	15
Escherichia Coli	UFC/100 mL	11	0	NO CUMPLE CON LÍMITE	25	25
<b>Otros parámetros analizados</b>						
Fosforo Total	mg/L P	<0,1	N.E.	N.A.	N.E.	N.A.
Nitrogeno Ammoniacal - Amonio	mg/L N	<0,05	N.E.	N.A.	N.E.	N.A.
Nitrogeno Total Kjeldahl	mg/L N	<3,3	N.E.	N.A.	N.E.	N.A.
Sólidos Totales	mg/L	384,0	N.E.	N.A.	N.E.	N.A.

Se observa que el agua tratada presenta altos contenidos de sulfatos, de otra parte, se observa la presencia de coliformes.

En conclusión, aunque el agua tratada presenta buenas características organolépticas, no se considera potable. No es apta para consumo y requiere de aplicación adicional de cloro a la salida de la Planta. Se aprecia que la aplicación de CAL hidratada sea responsable de los altos contenidos de calcio en el agua y el alto valor del PH que se observa en los resultados de la muestra.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

5.2.5.5.2 Resultados del análisis de las unidades de tratamiento

Criterio	unidad de tratamiento	Hallazgo
Operación	Cámara de aquietamiento y aforo	No existe. La cámara no corresponde a un sistema de mezcla rápida y si a una cámara de aquietamiento.
	Floculación	El floculador es de 4 módulos de dimensiones de 1 x 1 m. Se presenta un único gradiente de mezcla y los tiempos de retención en la cámara exceden los requeridos para la unidad de tratamiento. Para que exista mezcla lenta y se forme un floc que sea de fácil remoción en el sedimentador, es necesario facilitar la reacción química mediante la agitación del agua mezclada desde un valor alto a un valor bajo lo cual asegura que se forme el floc para remover las impurezas del agua, Teniendo en cuenta que el tiempo de retención de la estructura existentes supera los límites establecidos por la norma y por la referencia bibliográfica esto conlleva a la sedimentación del floc en el flechador, lo cual no permite una correcta operación tanto del floculador como del sedimentador.
	Sedimentación	No existe una adecuada repartición de flujo en el sedimentador para la división de la estructura. No cumple con la carga superficial y también presenta tiempos de retención muy largos. Tiempos de retención largos en el sedimentador implican perdida en la eficiencia en el proceso y valores bajos de la carga superficial impiden la remoción del floc.
	Filtración	La carga superficial del filtro es muy baja . Lo anterior, implica una carrera de filtración más amplia que determina la disminución vida útil del filtro. Los tiempos de lavado de la estructura son muy largos, y no se podrá garantizar la remoción de partículas como el hierro u otras similares, pues la eficiencia en la remoción depende de la tasa de filtración.
	Desinfección	No existe tanque de contacto de cloro, La dosificación se realiza mediante una tubería de $\Phi 1/2"$ en PVC, directamente en el tanque de almacenamiento
Hidráulico	PTAP	Los resultados de la evaluación hidráulica demuestran que la PLANTA no cumple con los parámetros requeridos en las unidades de proceso, razón por la cual el agua tratada <b>NO CUMPLE</b> con los requerimientos para consumo humano, se puede observar la ineficiencia de los procesos de tratamiento. De otra parte, también se pudo establecer que <b>NO ES POSIBLE HACER FUNCIONAL</b> la planta hidráulicamente puesto que las posibles modificaciones no aseguran la funcionalidad de los procesos.
Calidad	PTAP	Para la PTAP del centro poblado Tobia se obtuvo un IRCA con un nivel de riesgo <b>ALTO</b> , indicando un <b>AGUA NO APTA PARA CONSUMO HUMANO</b> , debido a que se presenta una falencia en la desinfección del agua. Por lo anterior, la Consultoría realizó un ensayo de tratabilidad al agua de la quebrada La Berbería, para determinar la dosificación de cloro, donde el laboratorio recomendó, lo siguiente: "Dosis de 2,5 mg/L de cloro como cloro con un tiempo de contacto de 1 hora"
Estructural	PTAP	Se encuentran afectaciones por materia orgánica en el muro posterior. Se encuentran aceros expuestos en la losa de entrepiso. Se encuentran daños en los elementos no estructurales causados por la deformación de la losa de entrepiso. Durante el diagnóstico estructural se comprueba que el piso superior tiene una rigidez mayor que el piso inferior, lo cual de acuerdo con la tabla A.3-5 no es aceptable como solución estructural para la NSR-10.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Criterio	unidad de tratamiento	Hallazgo
		<p>Se observa que la sección de las columnas es insuficiente para la interacción de los momentos y las cargas axiales requeridas por la estructura.</p> <p><b><i>La PTAP tiene un sistema estructural que se encuentra por fuera de lo permitido en la NSR-10 y debido a las dimensiones de la estructura, el dar continuidad al sistema estructural superior es inviable desde el punto de vista económico pues implicaría rehacer la cimentación y el piso 1, sin tener en cuenta que el piso 2 hay que reacomodarlo de acuerdo con los nuevos requerimientos hidráulicos</i></b></p>

**5.2.5.6 Observaciones y recomendaciones finales con respecto al sistema de tratamiento**  
De acuerdo con los análisis realizados para condiciones actuales y futuras y teniendo en cuenta que no es posible lograr una optimización de la PTAP se recomienda la construcción de una nueva PTAP ajustada a los requerimientos de caudal (actuales y futuros) y desechar el sistema existente teniendo en cuenta su inoperatividad y su difícil recuperación (Ver diagnostico hidráulico y estructural).

Finalmente, y como complemento a lo anterior, es evidente que las instalaciones no cuentan con los requerimientos mínimos para operar correctamente, pues las operaciones unitarias de tratamiento son inefficientes o no existen como es el caso de la mezcla rápida.

De otra parte, el sistema de tratamiento no cuenta con componentes complementarios al tratamiento (lechos de secado de lodos) y no se efectúa una adecuada dosificación y almacenamiento de químicos lo cual genera condiciones de riesgo para el personal que labora en la planta.

Teniendo en cuenta lo anterior, es indispensable que además de reemplazar la PTAP por una nueva se diseñen y construyan los elementos complementarios al tratamiento como la estructura para el tratamiento de lodos, caseta de operación, cloración, dosificación. de agua potable para el municipio y además el cumplimiento de la norma.

#### **5.2.6 Tanques De Almacenamiento**

El sistema de Acueducto del centro poblado Tobia cuenta con dos (2) tanques de almacenamiento que genera una capacidad total de 155 metros cúbicos

Los tanques están localizados en el predio de la planta de tratamiento contiguo al colegio del centro poblado, la capacidad del almacenamiento es la siguiente:

##### **5.2.6.1 Tanque No 1**

El tanque 1 es de sección cuadrada de 5.00 metros internos de lado con una altura útil de 2.80 metros para un volumen de almacenamiento de 70 metros cúbicos

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

El agua tratada ingresa al tanque mediante una tubería en PVC de Ø 3", la estructura cuenta con una tubería de lavado de Ø 8" PVC, una válvula de lavado de 8" en HF, esta se acciona mediante una rueda de manejo.

El tanque presenta dos (2) ductos de ventilación de 11/2" en HF con un codo en PVC sanitario, que permiten la entrada y salida de aire para evitar la entrada de material fino e insectos, por otro lado, permitir la aireación; pero estos ductos no cuentan con una malla protectora para impedir los sucesos anteriormente descritos. El numeral B.9.6.2 de la norma RAS como manual de buenas prácticas de ingeniería recomienda una malla de 5 mm para evitar el ingreso de insectos, malla que debe ser implementada para garantizar la calidad del agua para consumo. Para el acceso al interior del tanque, la estructura cuenta con una tapa metálica cuadrada, la boca de acceso para la inspección al interior de la estructura tiene una base en HF de 1x1, además, existen unas escaleras internas tipo gato de 1/2", para el proceso de mantenimiento y limpieza del tanque.

El sistema de rebose se utiliza en los tanques para evacuar los posibles caudales de exceso. Para el Tanque el sistema de rebose se realiza por medio de la utilización de una tubería de 3" en PVC.

La tubería de salida del tanque a la red de distribución, tiene un diámetro de 4" en PVC

**Fotografía 5-27 Tanque De Almacenamiento 1**



**Fuente: Consultoría**

**5.2.6.2 Tanque No 2**

El tanque 2 es de sección cuadrada de 5.50 metros de lado con una altura útil de 2.80 metros para un volumen de almacenamiento de 85 metros cúbicos

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

El agua tratada ingresa al tanque mediante una tubería en PVC de Ø 3", la estructura cuenta con una tubería de lavado de Ø 8" PVC, una válvula de lavado de 8" en HF, esta se acciona mediante una rueda de manejo.

El tanque presenta dos (2) ductos de ventilación de 3" en HF con un codo en PVC sanitario, que permiten la entrada y salida de aire para evitar la entrada de material fino e insectos, por otro lado, permitir la aireación; pero estos ductos no cuentan con una malla protectora para impedir los sucesos anteriormente descritos. El numeral B.9.6.2 de la norma RAS recomienda una malla de 5 mm para evitar el ingreso de insectos, malla que debe ser implementada para garantizar la calidad del agua para consumo. Para el acceso al interior del tanque, la estructura cuenta con una tapa metálica cuadrada, la boca de acceso para la inspección al interior de la estructura tiene una base en HF de 1x1, además, existen unas escaleras internas tipo gato de 1/2", para el proceso de mantenimiento y limpieza del tanque.

El sistema de rebose se utiliza en los tanques para evacuar los posibles caudales de exceso. Para el Tanque 2 el sistema de rebose se realiza por medio de la utilización de una tubería de 3" en PVC, la cual descarga en la caja de la tubería de salida hacia la red de distribución.

La tubería de salida del tanque a la red de distribución, tiene un diámetro de 4" en PVC

**Fotografía 5-28 Tanque De Almacenamiento 2**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

#### 5.2.6.3 *Capacidad hidráulica*

El RAS como manual de buenas prácticas exige un almacenamiento de 1/3 de la demanda máxima diaria del final del período de diseño, o un volumen equivalente a dos horas de almacenamiento con la demanda teórica de incendio, utilizando una antigua fórmula americana, cuya expresión se presenta a continuación; el volumen mayor obtenido, debe ser el adoptado para almacenamiento y regulación, también se permite evaluar la vulnerabilidad del sistema y en consecuencia aumentar el volumen de reserva.

En el sistema de acueducto existen dos tanques de almacenamiento que se localizan en la PTAP y operan en paralelo; la capacidad total como se mostró en la descripción es de 155 m<sup>3</sup> que indican un déficit de almacenamiento de 53. m<sup>3</sup>.

En la salida de los tanques de almacenamiento no se cuenta con macro medidor

#### 5.2.7 Redes De Distribución

Este capítulo presenta los análisis realizados por la consultoría para determinar el comportamiento hidráulico de la red de distribución.

La red de distribución está conformada por tuberías de PVC en su totalidad, en diámetros comprendidos entre 2 y 4 pulgadas. No se tiene un registro de la relación diámetro-espesor de los tubos instalados. La siguiente tabla muestra las longitudes instaladas para cada diámetro nominal.

La red de distribución de agua potable del centro poblado Tobia no tiene una sectorización definida

La red cuenta con 13 válvulas o registros de cierre temporal, ubicados en las siguientes coordenadas:

**Tabla 5-25 Válvulas en red de distribución**

Label	X (m)	Y (m)	Elevation (m)
1	958,695.29	1,058,319.50	640.63
2	958,735.90	1,058,262.29	644.22
3	958,744.70	1,058,257.95	645.06
4	958,746.23	1,058,362.03	646.68
5	958,751.20	1,058,356.53	647.28
6	958,856.61	1,058,413.20	660.16
7	958,839.99	1,058,374.19	661.91
8	958,788.17	1,058,310.62	652.50
9	958,588.24	1,058,208.95	638.00
10	958,582.78	1,058,211.41	638.01
11	958,861.30	1,058,447.58	655.94
12	958,865.17	1,058,450.44	656.00

Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

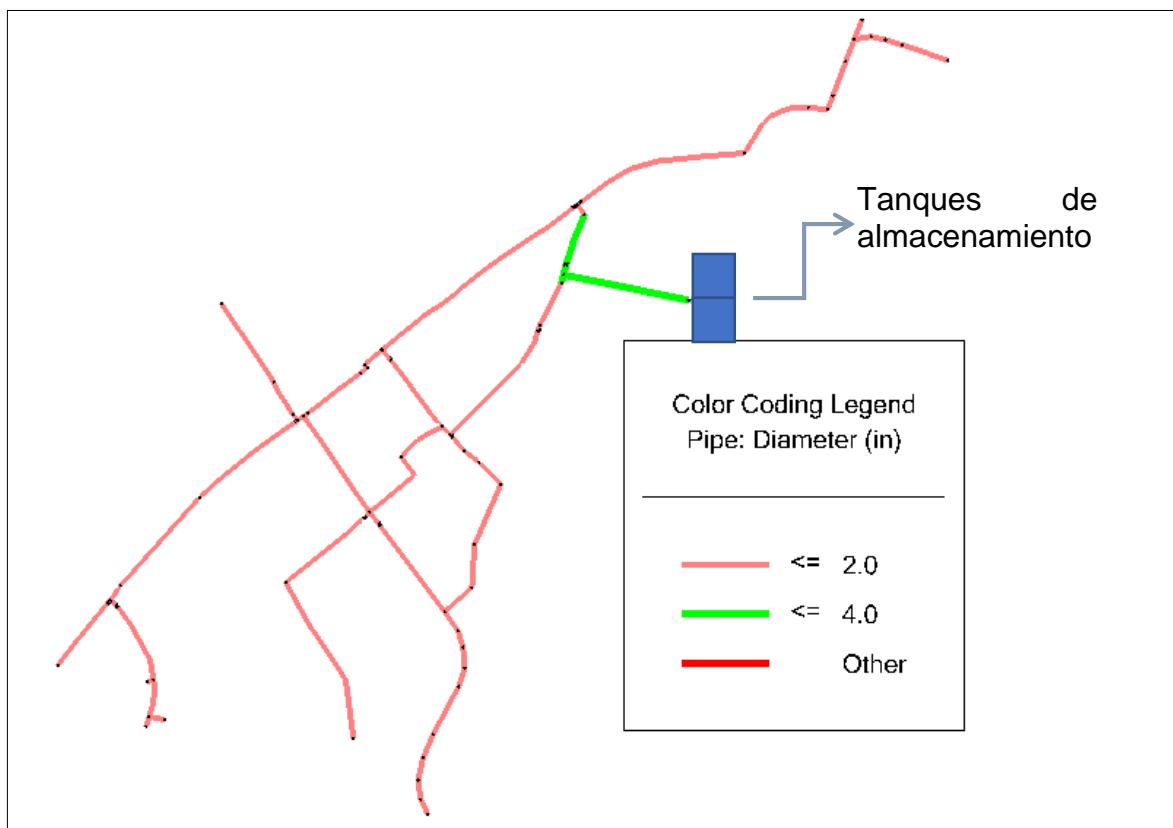
Adicionalmente, la red de distribución cuenta con un hidrante instalado sobre derivaciones de tuberías de 2 pulgadas, instalado en la zona de la vía férrea

El abastecimiento se da desde 2 tanques, ubicados aguas abajo de la planta de tratamiento sale una tubería de 4 pulgadas la cual alimenta todo el centro poblado, la tubería de conducción de agua tratada baja por la entrada al cementerio hasta la calle 2 donde se bifurca en dos tuberías de 4 pulgadas las cuales tienen una reducción a 2 pulgadas las cuales alimentan el norte y sur del centro poblado por medio de tres ramales principales.

De acuerdo a lo manifestado por la junta prestadora del servicio de acueducto del centro poblado no se presentan problemas operativos en la red y esta cumple con los diámetros mínimos establecidos por la resolución 0330 de 2017

De acuerdo con el diagnóstico de la infraestructura de acueducto del centro poblado Tobia la red presenta una cobertura del servicio de acueducto del 100%. La siguiente ilustración muestra gráficamente la configuración de la red.

**Figura 5-14. Red De Distribución Por Diámetro Nominal**



Fuente: Consultoría

El modelo incluyó 56 tramos de tubería, 59 nodos, 13 válvulas, 1 hidrante analizado como nodo sin consumo, un reservorio que abastece el sistema representando los tanques de almacenamiento.

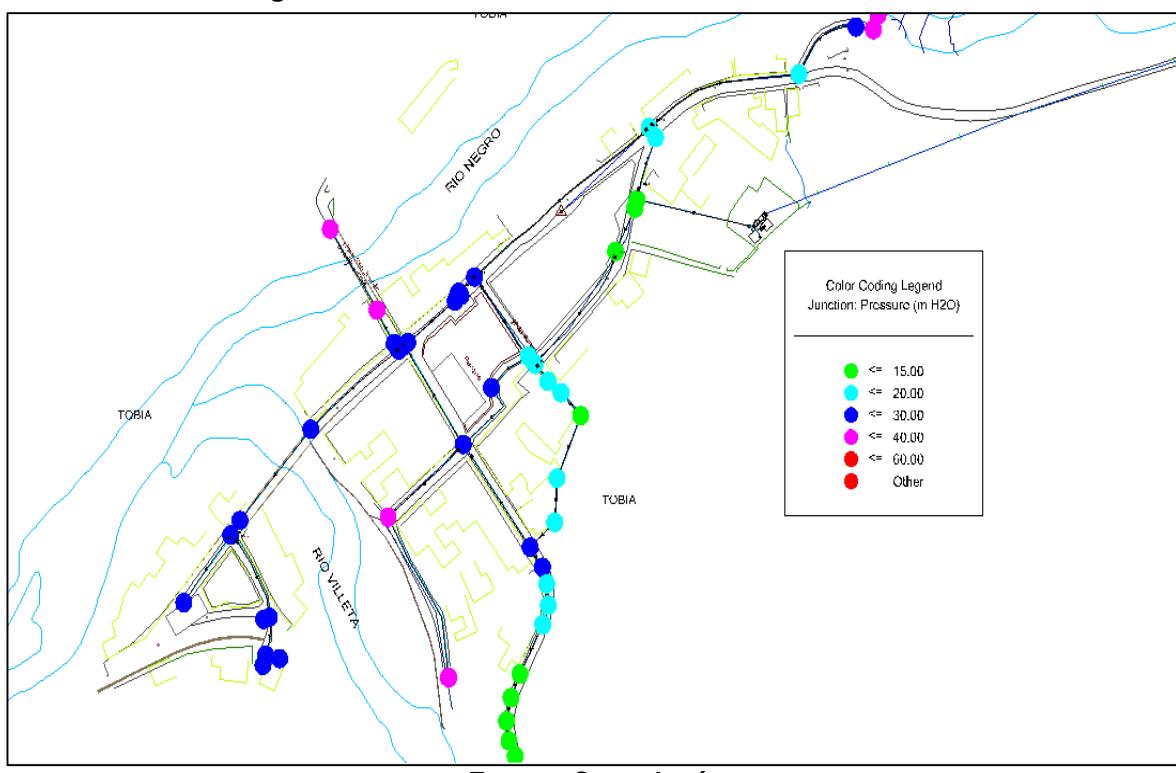
**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

#### 5.2.7.1 Capacidad hidráulica

Para la simulación matemática de la red se consideró la ecuación de Darcy-Weisbach para estimación de las pérdidas por fricción. Dado que la red está instalada en PVC, el coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach considerado fue de 0.0030 mm.

**Figura 5-15 Presión En Los Nodos Red De Distribución**

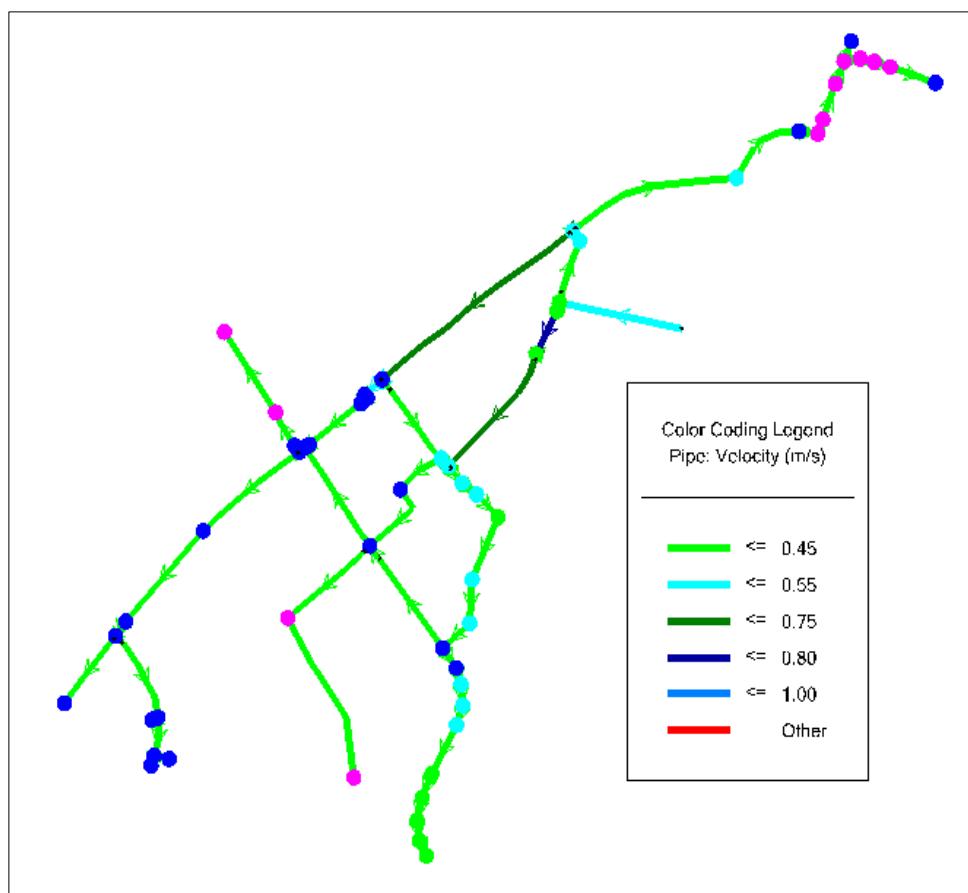


La red de distribución tiene presiones normales de acuerdo a lo establecido en la norma se presenta presiones por debajo de 15 metros columna de agua en la parte alta del centro poblado, sin embargo no afectan la operación del sistema ya que son muy cercanas al mínimo establecido.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 5-16 Presión En Los Nodos Red De Distribución**



Fuente: Consultoría

En cuanto a velocidades para el caudal máximo horario se encuentra que la velocidad máxima es de 0.87 m/s y que el 91.84 % de las tuberías que conforman el modelo presentan velocidades menores a 0.45 m/s.

En el ANEXO 4 se presenta el modelo hidráulico de la red de distribución

### **5.3 DIAGNOSTICO ESTRUCTURAL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA**

#### **5.3.1 Planta De Tratamiento De Agua Potable**

La estructura consta de dos niveles; el primer nivel consiste en 8 columnas de dimensiones 0.30 m x 0.30 m aproximadamente localizadas en dos ejes paralelos separados 2.55 m entre sí.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-29 Vista General Planta De Tratamiento**



**Fuente: Consultoría**

Sobre el Segundo nivel se encuentra una estructura metálica en celosía, que sostiene un tejado liviano.

**Fotografía 5-30 Estructura Y Tejado Planta De Tratamiento**

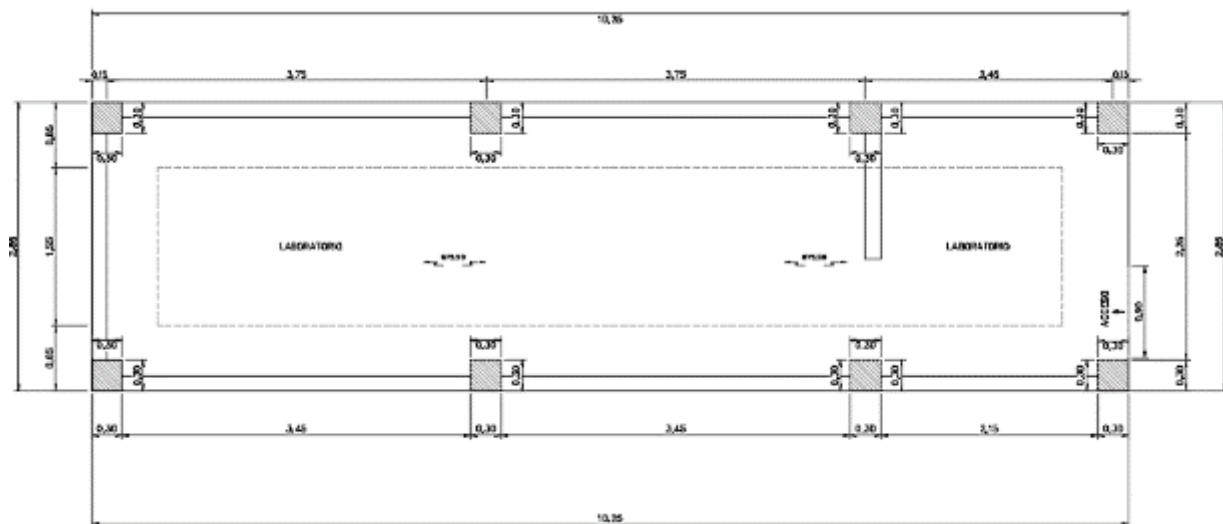


**Fuente: Consultoría**

## **PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

## ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO Poblado TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 5-17 Vista En Planta Primer Nivel Planta De Tratamiento**



**Fuente:** Consultoría

**Fotografía 5-31 Dimensiones De Las Columnas Del Primer Nivel**



Fuente: Consultoría

En el Segundo nivel, se encuentra una losa maciza de 0.25 m en toda el área de la estructura, la cual amarra las columnas y desde la cual nacen los muros perimetrales y los tabiques centrales que conforman la planta de tratamiento.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-32 Espesor De La Losa De Segundo Nivel**



**Fuente: Consultoría**

Se evidencian las dilataciones entre la losa del Segundo nivel y las columnas y los muros superiores.

Se evidencia que los muros divisorios y perimetrales son en mampostería simple sin confinamiento.

**Fotografía 5-33 Muros Divisorios En Mampostería Simple**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Patologías encontradas:** Se encuentran afectaciones por materia orgánica en el muro posterior.

**Fotografía 5-34 Materia Orgánica En Muro Posterior**



**Fuente: Consultoría**

Se encuentran aceros expuestos en la losa de entrepiso.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-35 Aceros Expuestos En Losa De Entrepiso**



Fuente: Consultoría

**Fotografía 5-36 Aceros Expuestos En Losa De Entrepiso**



Fuente: Consultoría

Se encuentran daños en los elementos no estructurales causados por la deformación de la losa de entrepiso.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-37 Afectación De Elementos No Estructurales Y Acero Expuesto**



**Fuente: Consultoría**

**Recomendaciones:** Esta estructura, desde el punto de vista hidráulico debe ser reemplazada, por lo tanto, no se ahonda en el estudio de alternativas para su adecuación.

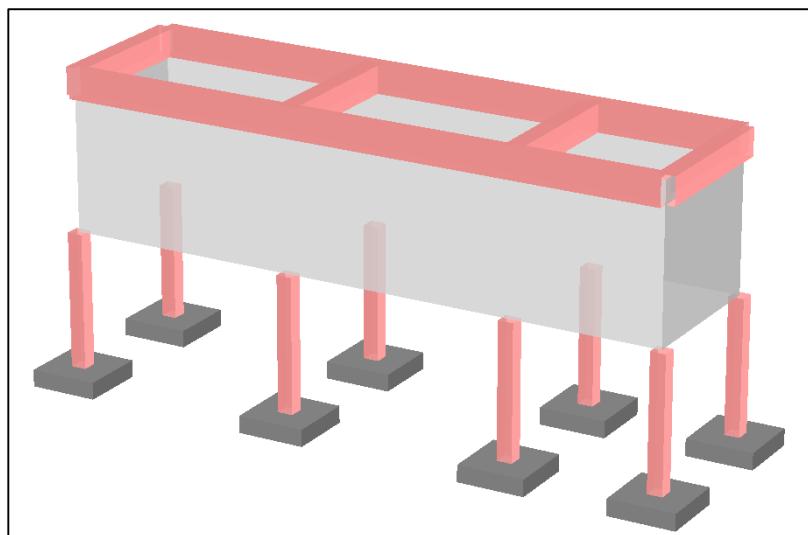
**Análisis estructural SIN SISMO:** Se realiza un modelo\* considerando las principales características de la estructura con el ánimo de diagnosticar su desempeño y vulnerabilidad.

\* Este modelo es teórico y únicamente busca evaluar estáticamente el comportamiento de la estructura, no es válido sísmica ni normativamente debido a problemas que se discuten en el numeral siguiente.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 5-18 Vista Tridimensional Del Modelo**



Fuente: Consultoría

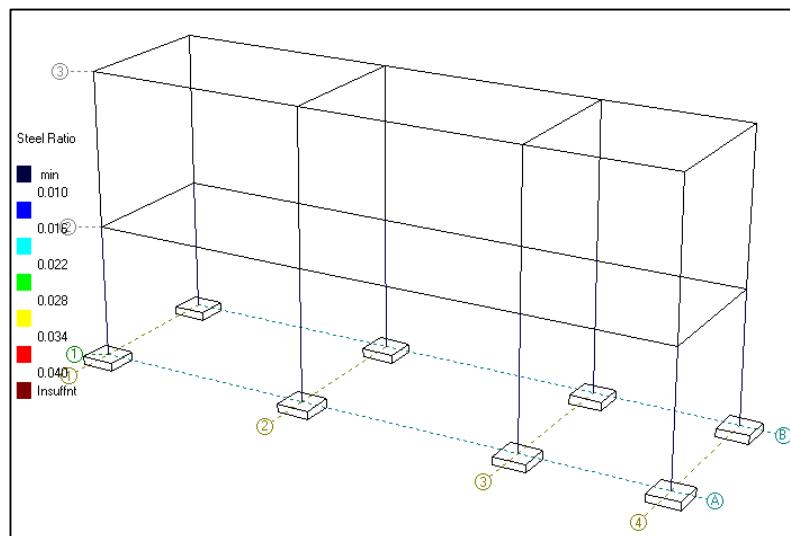
Avalúo de carga de agua:

$$\text{Densidad del agua} = 1 \text{ ton/m}^2 \times \text{hlámina} = 1 \text{ ton/m}^2 \times 2.05\text{m} = 2.05 \text{ ton/m}^2$$

(Se considera que la carga de agua hace parte de la masa que se excita por el sismo)

Para el peso propio y considerando la estructura SIN SISMO y con concreto de 21MPa se encuentra que las columnas requieren cuantía mínima.

**Figura 5-19 Diseño De Columnas Para Carga Vertical Sin Sismo**

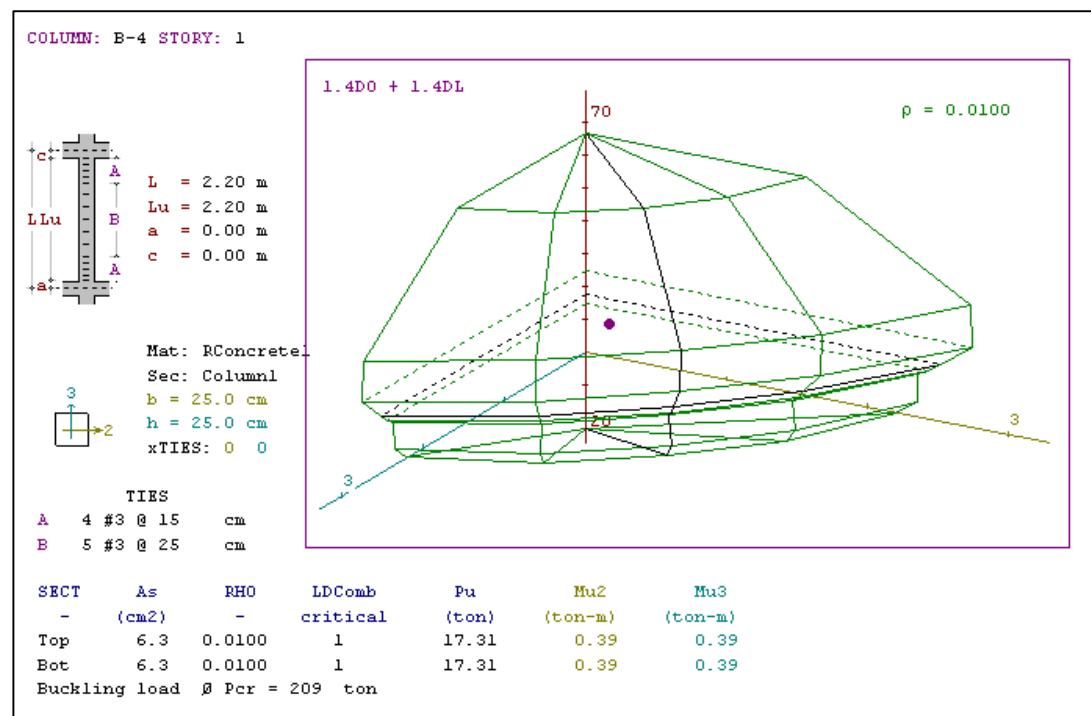


Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

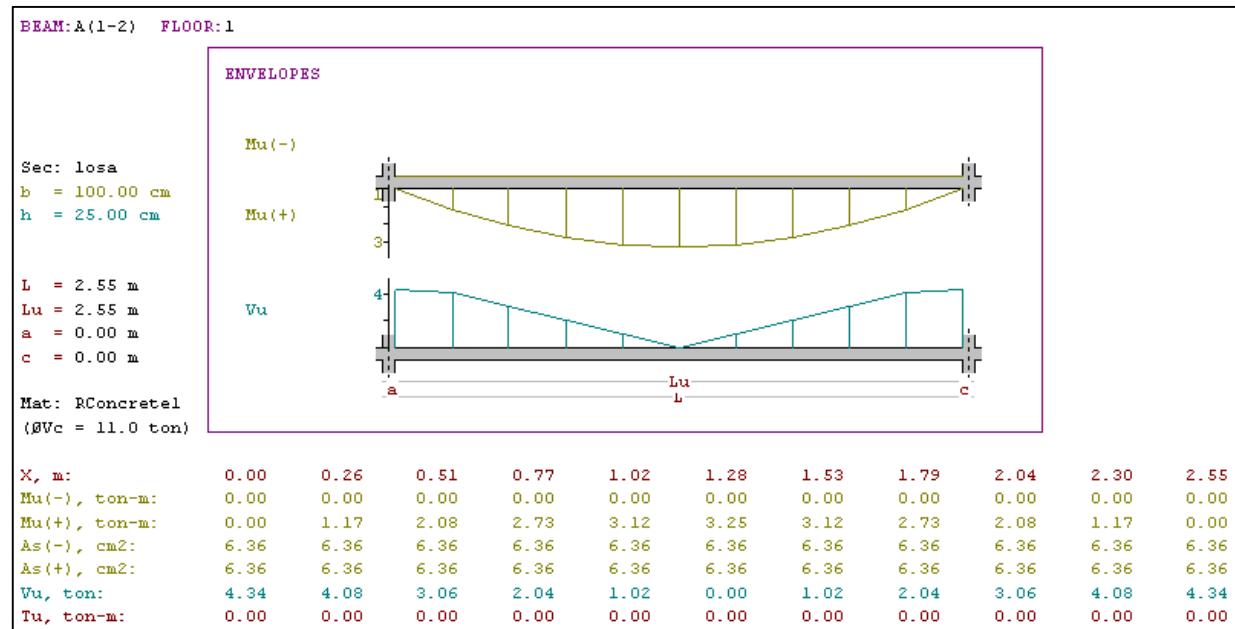
**Figura 5-20 Diseño Detallado Columnas Para Carga Vertical Sin Sismo**



Fuente: Consultoría

La losa de entrepiso se calcula para las cargas de agua y peso propio:

**Figura 5-21 Diseño De Losa De Entrepiso**



Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Se encuentra que, para las cargas verticales, se requiere cuantía mínima, sin embargo, se evalúan las deflexiones en búsqueda encontrar si la deflexión encontrada, además de un problema en la fundida, corresponde con un inadecuado control de deflexiones.

**LONG-TERM BEAM DEFLECTIONS**

**PERMISSIBLE DEFLECTIONS**

Immediate deflection due to Live Load . . . . . = L/360  
Long-term deflection due to Sustained loads . . . = L/480

**TYPE OF DEFLECTION**

Immediate due to Dead load (DLs)	DO
Immediate due to Live load (LLs)*	LL
Immediate due to Sus. load (SLds)	DO + .25LL
Long-term due to Sus. load (SLds)	DO + .25LL

\* Computed as Defl(DLs + LLs) - Defl(DLs)

Units: Defl: Max. deflection (cm), L: Beam length (m), h: Beam depth (cm)

Beam	Floor	h	L	L/h	Beam Type	IMMEDIATE DEFLECTIONS			ADDITIONAL LONG-TERM DEFLEC. Sus.Lds		
						DLs	Live	Sut.Lds	5 months	1-year	5-years
						Deflc	Deflc	Deflc	Deflc	Deflc	Deflc
A(1-2)	1	25	2.55	10	SimpSupprt	0.012	0.518	0.051	0.053	0.051	0.068

NOTE: All beam deflections are smaller than maximum permissible deflection  
Depth, H, of all beams is larger than that recommended in Table 9.5(a)

Immediate deflections are computed according to 9.5.2.3 with:

Effective stiffness:  $E \cdot I_e = E_c \cdot I_e$   
 $I_e = (Mc_r/M_a)^3 \cdot I_g + [1 - (Mc_r/M_a)^3] \cdot I_{cr}$   
 $Mc_r = f_r \cdot I_g / Y_t$   
 $I_{cr} = b(kd)^3/3 + n \cdot A_s(d-kd)^{1+(n-1)/s} (kd-d)^2$   
 $n = E_s/E_c$

Long-term deflections are computed according to 9.5.2.5

Luego de analizar las deflexiones a largo plazo de la losa en una dirección, se encuentra que en efecto la losa se encuentra dimensionada adecuadamente de acuerdo con lo indicado en C.9.5; la deflexión encontrada en la estructura, por lo tanto, corresponde con un problema de construcción resultante de la no separación de los elementos no estructurales, fallos en las formaletas, posible falta de resistencia del concreto, defectos en la cimentación, inadecuado detallado del refuerzo, etc.

**Análisis estructural CON SISMO:** El sistema se clasifica preliminarmente y únicamente para efectos teóricos, de acuerdo con la tabla A.3-3 como un sistema de pórticos losa columna con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) lo cual implica que debe analizarse considerando un R=2.5 y un coeficiente de sobrerresistencia de 2.5. Teniendo en cuenta el primer piso, debido a que el segundo piso tiene un sistema de muros en concreto reforzado.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**SEISMIC PARAMETERS - NSR-10**

Effective peak acceleration,  $A_a$  . . . . . = 0.15  
Effective peak velocity coeff,  $A_v$  . . . . . = 0.20  
Importance coefficient,  $I$  . . . . . = 1.50  
Site profile type,  $S$  . . . . . = D  
Amplification coefficient,  $F_a$  . . . . . = 1.50  
Amplification coefficient,  $F_v$  . . . . . = 2.00  
Limit period,  $T_0$  (sec) . . . . . = 0.17  
Limit period,  $T_c$  (sec) . . . . . = 0.83  
Long-period transition period,  $T_1$  (sec) . . . = 4.80  
Amplified peak acceleration  $A_a F_a$  . . . . . = 0.23  
Amplified peak veloc. coefficent  $A_v F_v$  . . . = 0.40  
Effective Building Weight . . . . . = 128.1 ton  
Seismic base level . . . . . = 1

	X - DIRECTION	Y - DIRECTION
Seismic Force-resisting system	= B: Combined	B: Combined
Fundamental period, $T$	= 0.202	0.202
Energy Dissipation Coefficient, $R_o$	= 2.50	2.50
Reduced Energy Dissipation Coefficient, $R$	= 1.52	1.52
Design base shear, $V$	= 110.5	110.5

Con las fuerzas de sismo, se realiza el análisis de las rigideces de cada piso obteniendo:

**DESIGN-SHEAR BASED STORY STIFFNESS**

Story	X - D I R E C T I O N			Y - D I R E C T I O N		
	Shear X	$\Delta cm$ X	$K_x$	Shear Y	$\Delta cm$ Y	$K_y$
2	71.0	0.0213	3337.0	71.0	0.4453	159.5
1	110.5	1.9109	57.6	110.5	2.0583	53.4

Shear: Design Shear, in ton  
 $\Delta cm$ : Drift at center of mass, in cm  
K: Story stiffness, in ton/cm

**STIFFNESS-BASED FLEXIBLE-STORY CHECK - NSR-10**

Story	E A R T H Q U A K E - X				E A R T H Q U A K E - Y			
	$K_n$	$K_n/K_{n+1}$	$K_n/K_{avg3}$	Irregular	$K_n$	$K_n/K_{n+1}$	$K_n/K_{avg3}$	Irregular
2	3337.0	-	-	-	159.5	-	-	-
1	57.6	0.017	-	EXT	53.4	0.335	-	EXT

$K_n$ : Stiffness of story n, in ton/cm  
 $K_n/K_{n+1}$ : Ratio between stiffness of story n and that of store above n  
 $K_n/K_{avg3}$ : Ratio between stiffness of story n and average stiffness of three stories above n

Stiffness-soft story irregularity is considered to exist if  $K_n/K_{n+1} < 0.7$  or  $K_n/K_{avg3} < 0.6$   
Stiffness-EXTreme soft story irregularity is considered to exist if  $K_n/K_{n+1} < 0.7$  or  $K_n/K_{avg3} < 0.8$

**STIFFNESS-SOFT STORY IRREGULARITY (1aA) EXIST !!!**

**STIFFNESS-EXTREME SOFT STORY IREGULARITY (1bA) EXIST !!!**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Con este resultado, se comprueba que el piso superior tiene una rigidez mayor que el piso inferior, lo cual de acuerdo con la tabla A.3-5 **no es aceptable como solución estructural para la NSR-10.**

Aun teniendo en cuenta que el sistema NO es permitido, se realiza el diseño de los elementos en búsqueda de una medición de la vulnerabilidad que pueden tener las columnas:

**Figura 5-22 Combinaciones De Diseño Considerando Sobre Resistencia**

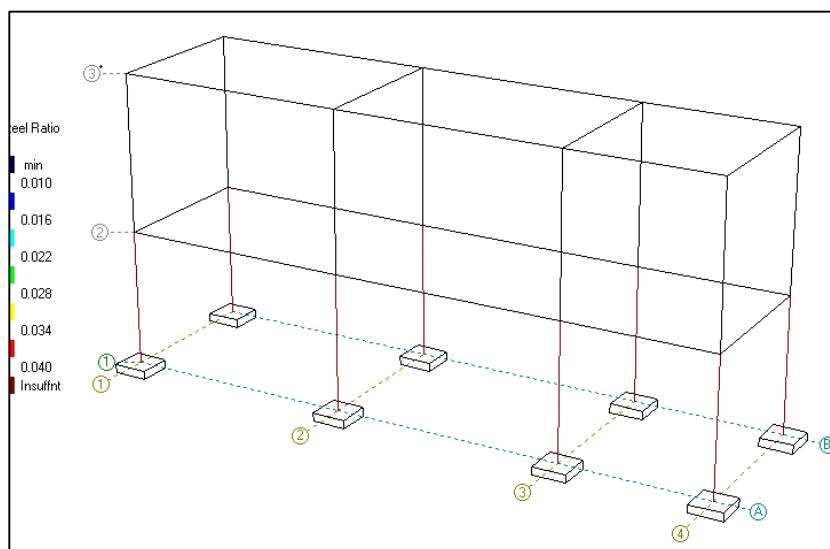
Load Factors					
	SELFW	DEAD	LIVE	EQK X	EQK Y
1	1.4	1.4	0.	0.	0.
2	1.2	1.2	1.6	0.	0.
3	1.315	1.315	0.5	2.5	0.75
4	1.315	1.315	0.5	-2.5	-0.75
5	1.315	1.315	0.5	2.5	-0.75
6	1.315	1.315	0.5	-2.5	0.75
7	1.315	1.315	0.5	0.75	2.5
8	1.315	1.315	0.5	-0.75	-2.5
9	1.315	1.315	0.5	-0.75	2.5
10	1.315	1.315	0.5	0.75	-2.5
11	0.785	0.785	0.	2.5	0.75
12	0.785	0.785	0.	-2.5	-0.75
13	0.785	0.785	0.	2.5	-0.75
14	0.785	0.785	0.	-2.5	0.75
15	0.785	0.785	0.	0.75	2.5
16	0.785	0.785	0.	-0.75	-2.5
17	0.785	0.785	0.	-0.75	2.5
18	0.785	0.785	0.	0.75	-2.5

Selected load combination No. : 3  
 $1.315D0 + 1.315DL + .5LL + 2.5EQX + .75EQY$

Remove Add Save All OK Cancel

Fuente: Consultoría

**Figura 5-23 Diseño De Columnas Considerando Sismo**



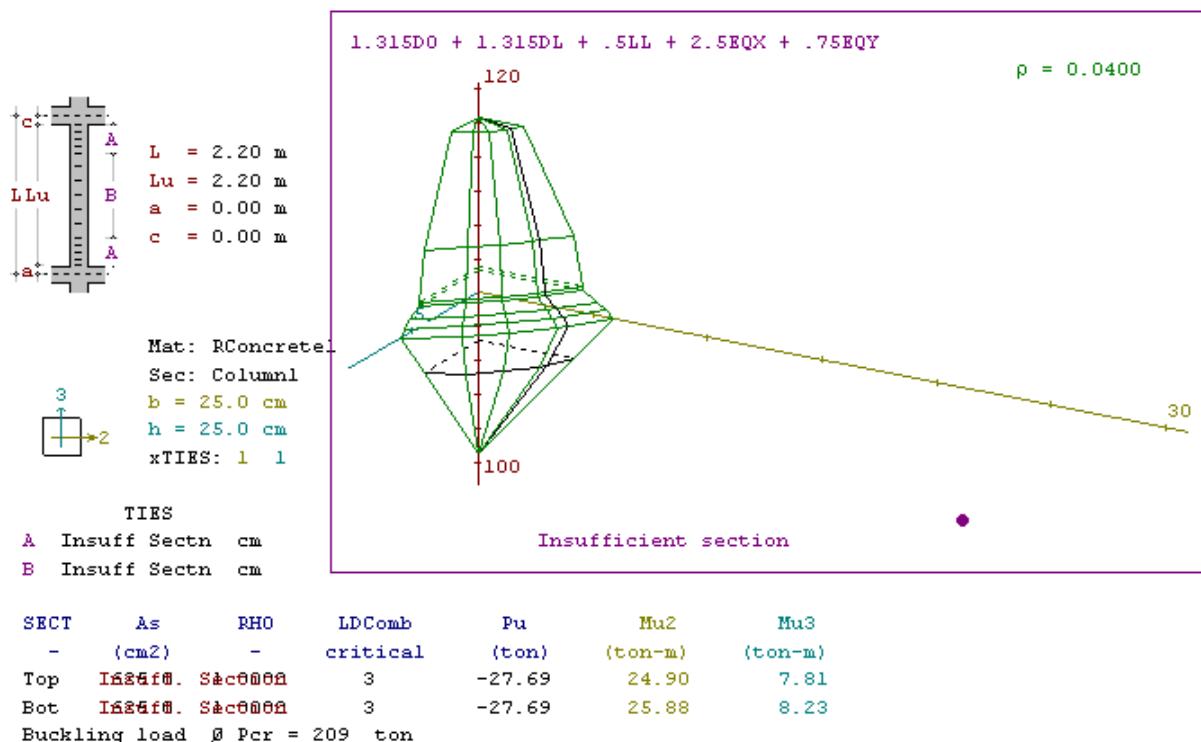
Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 5-24 Diseño Detallado De Columnas Considerando Sismo**

COLUMN: B-4 STORY: 1



Fuente: Consultoría

Design Results - Columns (DMO)

Column	Story	L (m)	Lu (m)	Sec Mat	bxh (cm)	TRANSVERSE REINFORCEMENT		LONGITUDINAL REINFORCEMENT						
						TIES	xTIES	Sec	LdCmb critc	Pu (ton)	Mu2 (ton-m)	Mu3 (ton-m)	RHO	As (cm <sup>2</sup> )
B-4	1	2.20	2.20	1	25x25	Insuff Sectn cm (end) Insuff Sectn cm (ctr)	1 (b) 1 (h)	Top Bot	3 3	-27.69 -27.69	24.90 25.88	7.81 8.23	Insuff. Section Insuff. Section	
A-4	1	2.20	2.20	1	25x25	Insuff Sectn cm (end) Insuff Sectn cm (ctr)	1 (b) 1 (h)	Top Bot	3 3	15.66 15.66	24.65 25.55	7.11 Insuff. Section 7.52 Insuff. Section		
B-3	1	2.20	2.20	1	25x25	Insuff Sectn cm (end) Insuff Sectn cm (ctr)	1 (b) 1 (h)	Top Bot	3 3	6.50 6.50	25.02 25.99	6.92 Insuff. Section 7.67 Insuff. Section		
A-3	1	2.20	2.20	1	25x25	Insuff Sectn cm (end) Insuff Sectn cm (ctr)	1 (b) 1 (h)	Top Bot	3 3	23.53 23.53	24.70 25.59	6.59 Insuff. Section 7.34 Insuff. Section		
B-2	1	2.20	2.20	1	25x25	Insuff Sectn cm (end) Insuff Sectn cm (ctr)	1 (b) 1 (h)	Top Bot	3 3	24.85 24.85	25.29 26.20	6.97 Insuff. Section 7.78 Insuff. Section		
A-2	1	2.20	2.20	1	25x25	Insuff Sectn cm (end) Insuff Sectn cm (ctr)	1 (b) 1 (h)	Top Bot	3 3	36.32 36.32	24.62 25.53	7.17 Insuff. Section 8.00 Insuff. Section		
B-1	1	2.20	2.20	1	25x25	Insuff Sectn cm (end) Insuff Sectn cm (ctr)	1 (b) 1 (h)	Top Bot	3 3	21.59 21.59	25.36 26.24	8.57 Insuff. Section 8.98 Insuff. Section		
A-1	1	2.20	2.20	1	25x25	Insuff Sectn cm (end) Insuff Sectn cm (ctr)	1 (b) 1 (h)	Top Bot	3 3	66.63 66.63	24.54 25.44	9.42 Insuff. Section 9.82 Insuff. Section		

Se observa que la sección de las columnas es insuficiente para la interacción de los momentos y las cargas axiales requeridas por el proyecto.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Recomendaciones:** Esta estructura, desde el punto de vista hidráulico debe ser reemplazada y/o rehabilitada, por lo tanto, no se ahonda en el estudio de alternativas para su adecuación, en adición a esto tiene un sistema estructural que se encuentra por fuera de lo permitido en la NSR-10 y debido a las dimensiones de la estructura, el dar continuidad al sistema estructural superior es inviable desde el punto de vista económico pues implicaría rehacer la cimentación y el piso 1, sin tener en cuenta que el piso 2 hay que reacomodarlo de acuerdo con los nuevos requerimientos hidráulicos

#### 5.3.2 Tanques De Almacenamiento

El sistema de Acueducto del centro poblado Tobia cuenta con dos (2) tanques de almacenamiento que genera una capacidad total de 155 metros cúbicos

**Tanque No 1:** El tanque 1 es de sección cuadrada de 5.50 metros de lado con una altura útil de 2.80 metros para un volumen de almacenamiento de 85 metros cúbicos, de acuerdo con la información recopilada, dicho tanque fue ampliado, manteniendo parte de la losa de fondo. El tanque se encuentra parcialmente enterrado.

**Tanque No 2:** El tanque 2 es de sección cuadrada de 5.00 metros de lado con una altura útil de 2.80 metros para un volumen de almacenamiento de 70 metros cúbicos. El tanque se encuentra parcialmente enterrado.

**Patologías encontradas:** En cubierta, se encuentra que no hay un adecuado manejo de las aguas lluvias, lo cual genera empozamiento en algunas zonas permite la presencia de materia orgánica en la cubierta y algunos tramos de los muros.

**Fotografía 5-38 Empozamiento En Cubierta De Tanque Nº1**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-39 Zona De Descenso De Agua Tanque №1**



**Fuente: Consultoría**

**Fotografía 5-40 Zona De Descenso De Agua Tanque №2**



**Fuente: Consultoría**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-41 Zona De Descenso De Agua Tanque №2**



Fuente: Consultoría

**Fotografía 5-42 Empozamiento Y Daño En Impermeabilización Tanque №2**



Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Se encuentra que la estructura ha sido pintada y resanada en algunas zonas debido a que la calidad de la formaleta no fue la adecuada y se generan zonas no homogéneas en el concreto; este resane ha venido deteriorándose con el tiempo y la humedad.

**Fotografía 5-43 Zona Resanada Y Pintada Por Defectos De Fundida**



Fuente: Consultoría

**Fotografía 5-44 Zona Resanada Y Pintada Por Defectos De Fundida**



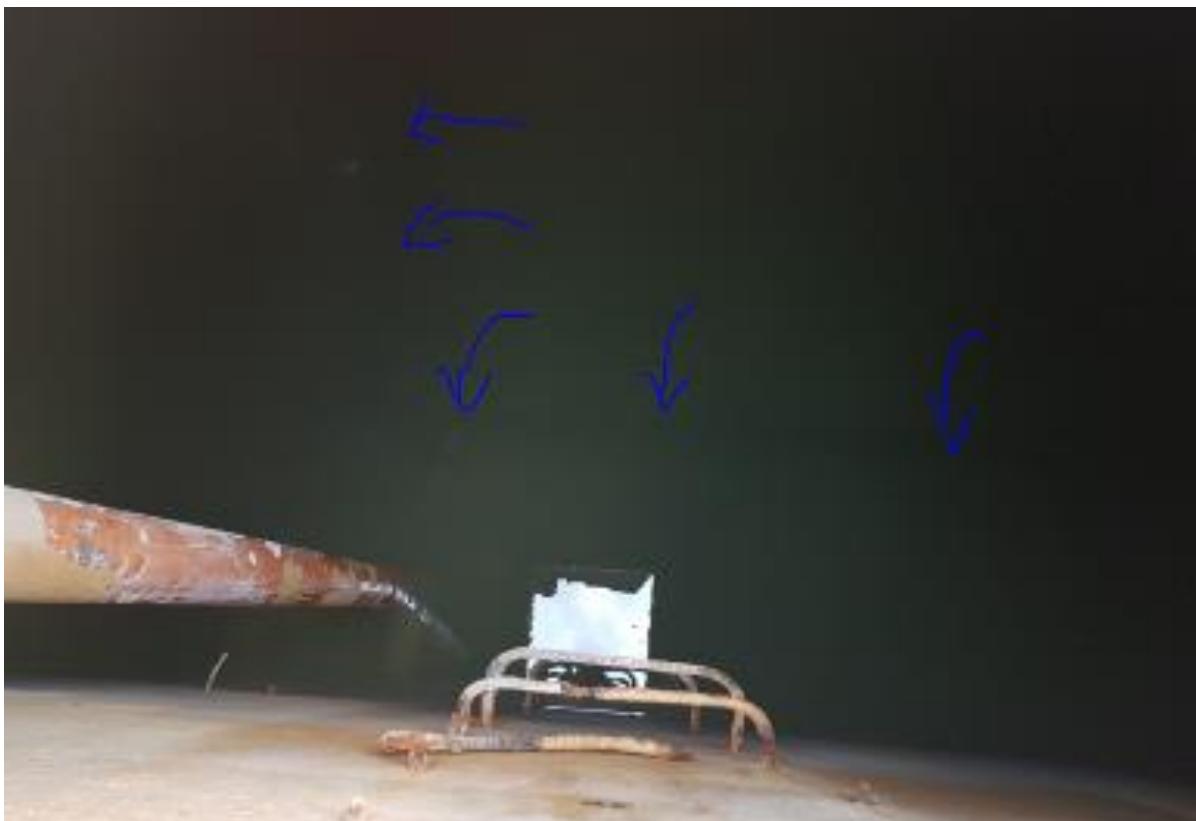
Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Se encuentra que en el tanque 1 la junta de la losa de fondo generada en la ampliación puede estar presentando fugas.

**Fotografía 5-45 Junta En Losa De Fondo Por Ampliación Tanque 2**



**Fuente: Consultoría**

Se evidencian aceros expuestos los cuales deben ser protegidos para evitar daños por corrosión del mismo en la zona que se encuentra embebida.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-46 Aceros Expuestos En Tanques**



**Fuente: Consultoría  
Fotografía 5-47 Aceros Expuestos En Tanques**



**Fuente: Consultoría**

Se evidencia oxidación en los elementos metálicos, tanto en las tapas de acceso como en las escaleras externas.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

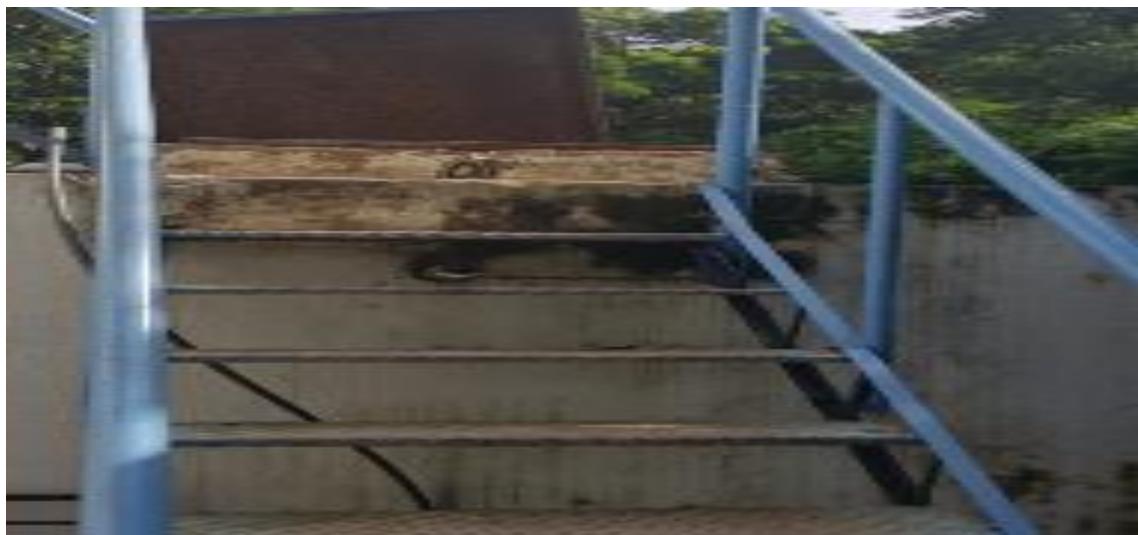
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-48 Oxidación Escalera De Planta A Tanque**



Fuente: Consultoría

**Fotografía 5-49 Oxidación Escalera Y Acceso A Tanque Nº2**



Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Fotografía 5-50 Oxidación Acceso A Tanque Nº1**



**Fuente: Consultoría**

Se evidencia que las escaleras internas son metálicas sin recubrimiento, esto no es recomendable para este tipo de tanques.

## **6 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS**

### **6.1 CRITERIOS GENERALES**

Para la formulación de las alternativas, se tuvo en cuenta el diagnóstico del Sistema de Acueducto actual, de acuerdo a las necesidades presentadas, se proponen las siguientes alternativas para el sistema de Acueducto.

Para el planteamiento de las alternativas se tiene a consideración lo estipulado en la resolución 330 de 2017, en donde se especifica lo siguiente:

**ARTÍCULO 13. Formulación y análisis de alternativas de proyectos.** Se deberán formular las alternativas de proyectos, que permitan dar solución a los problemas, objetivos y metas identificados en el artículo anterior, desde el punto de vista técnico, a nivel de pre dimensionamiento. El análisis debe tener en cuenta la gestión de riesgos y la gestión ambiental, revisar los aspectos financieros, económicos y sociales que permitan determinar la viabilidad del respectivo proyecto. Como resultado se obtendrá como mínimo el documento de pre-diseño acompañado de los planos y memorias respectivas de los proyectos de infraestructura.

Como lo indica, el artículo 13, en este documento se presentan las evaluaciones y pre dimensionamiento de los componentes del sistema de distribución de agua potable del centro poblado de Tobia y se presentan los esquemas y cálculos que permiten establecer el costo aproximado de las obras, que están encaminadas al objetivo de lograr el suministro continuo de agua potable a la población, el cual no se tiene en la actualidad.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**ARTÍCULO 14. Comparación de alternativas y selección de alternativa viable.** La comparación de alternativas deberá considerar los aspectos económicos, técnicos, sociales, ambientales, financieros, de riesgo y permisos. La selección de alternativas deberá estar soportada como mínimo en los siguientes criterios:

**Criterios de sostenibilidad económica.** Se deberá analizar la disponibilidad de recursos y/o el análisis de viabilidad para la operación y el mantenimiento de los proyectos, con el fin de garantizar la utilización de los mismos. De igual forma, deberá tenerse en cuenta los costos ambientales asociados a los proyectos, valores a cancelar a la autoridad ambiental competente por concepto de estudios de evaluación y seguimiento de permisos o licencias ambientales, inversiones para la recuperación, conservación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica que alimenta la fuente hídrica, tasas retributivas, compensatorias y por utilización del agua y por vertimientos a las fuentes hídricas, costos del manejo de lodos y otros sub-productos resultantes del tratamiento de aguas, entre otros.

Aunque se desconoce la disponibilidad de recursos, la evaluación se encamina a obtener el costo mínimo en las inversiones y en las alternativas que se proponen se tiene en cuenta el costo de los procesos de tratamiento y costos energéticos que se asocien. Se aclara que si estos costos son similares en las alternativas estos costos no se consideran en la evaluación.

**Criterios de sostenibilidad técnica.** Deberá considerarse la capacidad técnica de la entidad responsable de la ejecución e implementación del proyecto, así como la disponibilidad de recursos, materiales, mano de obra, repuestos y demás elementos para el funcionamiento de los sistemas.

Los parámetros establecidos para la evaluación de alternativas que se presentan más adelante en este documento tienen en cuenta estas recomendaciones del MVCT.

**Criterios de sostenibilidad ambiental.** Durante la planeación de los proyectos del sector deberá buscarse su sostenibilidad ambiental, mediante la implementación de medidas que permitan armonizar la ejecución de los proyectos con el medio ambiente. Para esto, deberá implementarse como mínimo las medidas de sostenibilidad ambiental tales como:

- *Protección de las fuentes hídricas: La selección de las fuentes hídricas a utilizar para proyectos del sector deberá realizarse teniendo en cuenta lo establecido en el plan de ordenamiento del recurso hídrico expedido por la autoridad ambiental competente, vigente para el área de influencia del proyecto.*
- *Optimización de recursos y minimización de contaminantes: La comparación de alternativas deberá realizarse teniendo en cuenta el análisis del ciclo de vida de los proyectos, de tal forma que pueda escogerse la alternativa de mejor desempeño en término de demanda de recursos naturales y de generación de contaminantes.*
- *Los proyectos de tratamiento de aguas residuales deberán buscar la optimización en el manejo y/o aprovechamiento de sub-productos. Criterios de gestión de riesgos. Identificación de amenazas y vulnerabilidad, tales como inundaciones, deslizamientos, sismicidad, para plantear las medidas o las obras de mitigación de riesgos correspondientes.*

Los parámetros establecidos para la evaluación de alternativas que se presentan más adelante en este documento tienen en cuenta estas recomendaciones del MVCT.

**Criterios de sostenibilidad social.** El desarrollo de los proyectos del sector deberá contar con estudios relacionados con la aceptabilidad del proyecto, incluyendo el análisis de los patrones socio-culturales de las

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

*poblaciones involucradas frente a las alternativas planteadas. Para esto deberá involucrarse a las poblaciones atendidas durante la etapa de planteamiento del proyecto, con el fin de obtener información oportuna que pueda incidir en la toma de decisiones del proyecto.*

*Metodología de selección de la alternativa más favorable. El planificador deberá seleccionar la mejor alternativa con base en criterios de sostenibilidad, a partir de la evaluación de los aspectos económicos, técnicos, ambientales y sociales mencionados en el presente artículo; para lo cual deberá emplear metodologías que impliquen la mínima subjetividad de valoración y el menor costo de inversión, operación y mantenimiento. La definición de variables y los valores de ponderación en la selección de la alternativa más favorable deberá evaluarse mediante el empleo de matrices de selección multicriterios.*

En este aspecto en particular, la consultoría ha socializado el proyecto con la gestora del proyecto, la empresa de servicios públicos y en general con la comunidad interesada, es decir que dentro del planteamiento de las alternativas se ha tenido en cuenta el requerimiento de las partes involucradas, especialmente el de la comunidad.

**ARTÍCULO 15.** *Elaboración del plan de obras. La solución de ingeniería que se desarrolle para responder a la problemática detectada en el inmediato, corto, mediano y largo plazo, tendrán que ser llevados a la formulación, cálculo y dimensionamiento de una serie de proyectos y obras, de las cuales se determinarán las características y los costos de los permisos, concesiones, predios, construcción, operación y mantenimiento. Los elementos que se propongan, se detallarán a nivel de pre-diseño, cumpliendo con los requisitos mínimos establecidos en la presente resolución y demás normativa vigente.*

En atención a los requerimientos de la resolución se plantean a continuación las alternativas que cumplen los citados requisitos y su evaluación conforme a estas recomendaciones.

Se tienen en cuenta los siguientes criterios:

Prima el aprovechamiento de la infraestructura existente que es compatible con los aspectos de sostenibilidad técnica, económica, ambiental y social.

## 6.2 ALTERNATIVA 1

La alternativa 1 contempla la optimización del sistema existente desde la quebrada la Berbería, sin embargo, teniendo en cuenta los resultados del estudio hidrológico y lo manifestado por la junta prestadora del servicio de acueducto la fuente de suministro en época de verano no tiene la capacidad suficiente para abastecer el centro poblado por tanto se contempla optimizar el refuerzo de alimentación desde el Río Negro desde el puente del sector de Hungría

A continuación, se realiza una descripción de la optimización a realizar en el sistema:

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Tabla 6-1 Descripción Alternativa 1**

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
BOCATOMA	Para la alternativa 1 se contempla la optimización de la estructura de captación, como se evidencio en el diagnóstico, la bocatoma de la quebrada la BERBERÍA requiere cambio del tramo de tubería que conecta la rejilla de captación con la cámara de derivación de caudal, de igual forma requiere la construcción de un sistema para evacuar el caudal de excesos en la cámara de derivación, por otro lado se debe construir un sistema de captación en el Rio Negro ya que el actual no cumple con las especificaciones dadas por las normas y es un sistema improvisado.
ADUCCIÓN	La tubería de aducción requiere ser cambiada, porque presenta fugas en su recorrido, por esta razón se optimizará con tubería PEAD.
DESARENADOR	La estructura actual requiere la instalación de un sistema de by pass o paso directo para no sacar de servicio la línea de conducción de agua cruda hacia la PTAP, lo cual en la actualidad genera traumatismo en la operación del sistema.
ADUCCIÓN D-PTAP	Se propone el cambio total de la tubería de conducción de agua cruda, ya que actualmente presenta fugas reparaciones hechizas mezcla de diferentes materiales y se presentan fallas constantemente. Adicionalmente se requiere la construcción de una línea de conducción desde el Rio Negro hasta la PTAP
PTAP	Como la alternativa contempla el refuerzo de abastecimiento desde el rio Negro se requiere el reemplazo de la PTAP actual por un nuevo sistema de tratamiento.
TANQUE	Para el sistema de almacenamiento se propone una única alternativa la cual es la adecuación operativa de los tanques existentes y la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento de 55 metros cúbicos.
CONDUCCIÓN	La conducción hacia el centro poblado no requiere optimización
REDES DE DISTRIBUCIÓN	La red de distribución del centro poblado no requiere optimización

Fuente: Consultoría

### 6.3 ALTERNATIVA 2

La segunda alternativa contempla la construcción de un nuevo sistema de abastecimiento desde el Rio Negro hasta la planta de tratamiento, para dicha alternativa se debe construir un nuevo sistema de captación, una línea de conducción que tenga la capacidad para transportar el caudal actual y futuro del sistema, dicho sistema debe estar dotado de un sistema de bombeo para llevar el agua desde el rio hasta la PTAP.

**Tabla 6-2 Descripción Alternativa 2**

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
BOCATOMA	Bocatoma nueva desde el Rio negro.
ADUCCIÓN	Aducción del Rio Negro a la PTAP

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
DESARENADOR	Desarenador en el Rio Negro.
ADUCCIÓN	Desde el Rio Negro
PTAP	Nueva PTAP
TANQUE	Adecuación operativa de los tanques existentes y la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento de 55 metros cúbicos.
CONDUCCIÓN	La conducción hacia el centro poblado no requiere optimización
REDES DE DISTRIBUCIÓN	La red de distribución del centro poblado no requiere optimización

Fuente: Consultoría

## 6.4 PRE-DIMENSIONAMIENTO DE ALTERNATIVAS

En este numeral, se presentan las obras propuestas, el planteamiento, análisis y selección de alternativas, dando solución a los problemas encontrados en el diagnóstico de la situación actual del centro poblado Tobia

- Fuente de abastecimiento
- Captación
- Desarenador
- Alternativas del trazado de la línea de aducción y conducción
- Alternativas Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)
- Tanque de Almacenamiento
- Alternativas Redes de Distribución

### 6.4.1 Fuente de Abastecimiento

El sitio de captación actual del acueducto, en la quebrada La Berbería, presenta problemas de capacidad en algunos meses del año por tanto se plantean las mantener la fuente de abastecimiento y la construcción de un refuerzo al abastecimiento desde el Rio Negro.

Teniendo en cuenta los términos de referencia del presente contrato se realizó el análisis físico químico y de trazabilidad de las fuentes de abastecimiento del sistema

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-1 Informe de resultados de laboratorio Berbería 1/2**



<u>INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO</u>				CÓDIGO: 147298
				PÁGINA: 1 de 2
SEÑOR(ES):	CONSORCIO CONSULTORIA CUNDINAMARCA 007			
DIRECCIÓN:	---			TELÉFONO:---
MUESTRA PROCEDENTE DE :	NO ESPECIFICA	DEPARTAMENTO: NO ESPECIFICA		
LUGR TOMA DE LA MUESTRA:	Q. TOBIA CUNDINAMARCA			
PUNTO DE CAPTACIÓN:	QUEBRADA BERBERIA AGUA CRUDA			
TIPO DE MUESTRA :	AGUA SUPERFICIAL			
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:	26-OCT-2017	HORA TOMA DE LA MUESTRA:	09:25H	
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	26-OCT-2017			
<b>RESULTADOS</b>				
ENSAYO	FEC-ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO
a. ACIDEZ TOTAL	26-OCT-2017	Volumétrico	SM 2310 B	6,0 mg/L CaCO3
a. ALCALINIDAD TOTAL	26-OCT-2017	Volumétrico	SM 2320 B 22 th. Edition. 2012.	173 mg/L CaCO3
CALCIO	30-OCT-2017	Volumétrico	SM 3500-Ca B 22 th. Edition. 2012.	84,0 mg/L Ca
a. CLORUROS	27-OCT-2017	Volumétrico	SM 4500-Cl B 22 th. Edition. 2012.	<2,0 mg/L Cl
CO2	26-OCT-2017	Volumétrico	SM 2310 B	10,56 mg/L CO2
COLIFORMES TOTALES	26-OCT-2017	Filtración por membrana	SM 9222 B, H	3,4X10E3 UFC/100 mL
COLOR APARENTE	26-OCT-2017	Comparación visual	SM 2120 B 22 th. Edition. 2012.	11 UPC
a. CONDUCTIVIDAD	26-OCT-2017	Conductividad eléctrica	SM 2510 B	711 $\mu$ S/cm a 25 $^{\circ}$ C
a. D.B.O. 5	27-OCT-2017	Incubación 5 días y Electrodo de membrana	SM 5210 B, 4500-O G	<2 mg/L O2
a. D.Q.O.	28-OCT-2017	Reflujo abierto y titulación	SM 5220 B	<10 mg/L O2
a. DUREZA TOTAL	30-OCT-2017	Volumétrico	SM 2340 C B 22 th. Edition. 2012.	270 mg/L CaCO3
a. FOSFORO TOTAL	27-OCT-2017	Colorímetrico	SM 4500-P B, E	<0,1 mg/L P
a. GRASAS Y ACEITES	31-OCT-2017	Partición - Infrarrojo	SM 5520 C	<1,2 mg/L
a. HIERRO	31-OCT-2017	Especrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B 22 th. Edition. 2012.	0,20 mg/L Fe
a. MAGNESIO	30-OCT-2017	Cálculo	SM 3500-Mg B 22 th. Edition. 2012.	14,59 mg/L Mg
a. MANGANEZO	31-OCT-2017	Especrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B 22 th. Edition. 2012.	<0,03 mg/L Mn
a. NITROGENO AMONIACAL - AMONIO	30-OCT-2017	Colorímetrico Fenato	SM 4500 NH3-B, F	<0,05 mg/L N
a. NITRÓGENO ORGÁNICO	30-OCT-2017	Diferencia NKT y Nitrógeno Amoniacal	SM 4500 N ORG C, SM 4500-NH3 B, C	<3,3 mg/L N
a. NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	30-OCT-2017	Volumétrico	SM 4500 N ORG C, 4500-NH3 B, C	<3,3 mg/L N
a. OXÍGENO DISUELTO	26-OCT-2017	Electrodo de membrana	SM 4500-O G	5,56 mg/L O2
PH	26-OCT-2017	Electrométrico	SM 4500-H B 22 th. Edition. 2012.	7,80 Unidades
a. SÓLIDOS DISUELtos TOTALES	30-OCT-2017	Gravimétrico - Secado a 180 $^{\circ}$ C	SM 2540 C	1250 mg/L
a. SÓLIDOS SEDIMENTABLES	26-OCT-2017	Volumétrico - Cono Imhoff	SM 2540 F	<0,1 ml/L
a. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	30-OCT-2017	Gravimétrico - Secado a 105 $^{\circ}$ C	SM 2540 D	13 mg/L
<b>OBSERVACIONES:</b> Muestra puntual recolectada por el cliente.				
Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.				
a. Ensayos de laboratorio acreditados en Analquim Ltda. Res. No.1215 , 2147, 2828 de 2016 y 1722 de 2017. IDEAM.				
El parámetro de tensoactivos es reportado como SAAM calculado como LSS. (peso 288,38 g/mol).				
El presente documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente y es válido únicamente si tiene el sello seco.				
 Qca. MAGDA JULIETH CASTAÑO ANGEL DIRECTOR DE LABORATORIO		<b>NOTA:</b> Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada. Bogotá, 14-NOV-2017 <b>FECHA DE EXPEDICIÓN</b> <b>FIN DE FIRMAS</b> El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe, es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo.		
ANQ-PL-071-1 - Versión 2				

Cra. 25 No. 73 - 60/66 • Tel.: 630 9945 - 329 1873 - 329 3417 • Administrativa: 703 8006 • Cotizaciones 329 1884 • Contabilidad: 231 6293 • Cel.: 315 771 8638  
315 860 2196 • E-mail: gerenciacomercial@analquim.com - calidad@analquim.com - gerencia@analquim.com • [www.analquim.com](http://www.analquim.com) • Bogotá, D.C. - Colombia

**Fuente: Analquim LTDA**

**CONSORCIO CONSULTORÍA CUNDINAMARCA 007**

**MAYO 2019**

**PÁGINA 145**

## **PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO Poblado TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Figura 6-2 Informe de resultados de laboratorio Berbería 2/2



# **ANALQUIM LTDA.**



# INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

CÓDIGO: 147298

PÁGINA: 2 de 2

SEÑOR(ES): **CONSORCIO CONSULTORIA CUNDINAMARCA 007**

DIRECCIÓN: ---

TELÉFONO: ---

MUESTRA PROCEDENTE DE :

NO ESPECIFICA

DEPARTAMENTO: NO ESPECIFICA

LUGAR TOMA DE LA MUESTRA:

Q. TOBIA CUNDINAMARCA

PUNTO DE CAPTACIÓN:

QUEBRADA BERBERIA AGUA CRUDA

TIPO DE MUESTRA :

AGUA SUPERFICIAL

FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:

26-OCT-2017

HORA TOMA DE LA MUESTRA:

09:25H

FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:

26-OCT-2017

## RESULTADOS

ENSAYO	FEC-ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO
a. SÓLIDOS TOTALES	30-OCT-2017	Gravimétrico - Secado a 105 °C	SM 2540 B	1266 mg/L
SÓLIDOS TOTALES FIJOS	30-OCT-2017	Gravimétrico - Calcinación 550°C	SM 2540 B, E	448 mg/L
SÓLIDOS TOTALES VOLÁTILES	30-OCT-2017	Gravimétrico - Calcinación 550 °C - Cálculo	SM 2540 B, E	818 mg/L
b. SULFATOS	27-OCT-2017	Turbidimétrico	SM 4500-SO4 E 22 th. Edition. 2012.	230,4 mg/L SO4
a. TENSOACTIVOS ANIÓNICOS - SAAM	26-OCT-2017	Colorimetría	SM 5540 C	<0,07 mg/L SAAM
a. TURBIEDAD	26-OCT-2017	Nefelométrico	SM 2130 B 22 th. Edition. 2012.	4,25 UNT

No ANALISIS 30 --- FIN DEL REPORTE

**OBSERVACIONES:** Muestra puntual recolectada por el cliente.

Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.

a. Ensayos de laboratorio acreditados en Analquim Ltda. Res. No.1215 , 2147, 2828 de 2016 y 1722 de 2017. IDEAM.

El parámetro de tensoactivos es reportado como SAAM calculado como LSS. (peso 288,38 g/mol).

El presente documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente y es válido únicamente si tiene el sello seco.

Qca. MAGDA JULIETH CASTAÑO ANGEL  
DIRECTOR DE LABORATORIO

**NOTA:**

Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada.

Bogotá, 14-NOV-2017

**FECHA DE EXPEDICIÓN**

**FIN DE FIRMAS**

ANQ-PL-071-1 - Versión 2

El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe, es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo.

Cra. 25 No. 73 - 60/66 • Tel.: 630 9945 - 329 1873 - 329 3417 • Administrativa: 703 8006 • Cotizaciones 329 1884 • Contabilidad: 231 6293 • Cel.: 315 771 8638  
315 860 2196 • E-mail: gerenciacomercial@analquim.com - calidad@analquim.com - gerencia@analquim.com • [www.analquim.com](http://www.analquim.com) • Bogotá, D.C. - Colombia

Fuente: Alalquim LTDA

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-3 Informe de resultados de laboratorio Rio Negro 1/2**



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



<b>INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO</b>					<b>CÓDIGO: 147297</b>
					<b>PÁGINA: 1 de 2</b>
SEÑOR(ES):	<b>CONSORCIO CONSULTORIA CUNDINAMARCA 007</b>				
DIRECCIÓN:	---				TELÉFONO:---
MUESTRA PROCEDENTE DE :	NO ESPECIFICA				DEPARTAMENTO: NO ESPECIFICA
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA:	RIO NEGRO TOBIA				
PUNTO DE CAPTACIÓN:	RIO NEGRO TOBIA AGUA CRUDA				
TIPO DE MUESTRA :	AGUA SUPERFICIAL				
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:	26-OCT-2017				HORA TOMA DE LA MUESTRA: 08:50H
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	26-OCT-2017				
<b>RESULTADOS</b>					
ENSAYO	FEC-ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO	
a. ACIDEZ TOTAL	26-OCT-2017	Volumétrico	SM 2310 B	5,5 mg/L CaCO3	
a. ALCALINIDAD TOTAL	26-OCT-2017	Volumétrico	SM 2320 B 22 th. Edition. 2012.	74 mg/L CaCO3	
a. CALCIO	30-OCT-2017	Volumétrico	SM 3500-Ca B 22 th. Edition. 2012.	52,4 mg/L Ca	
a. CLORUROS	27-OCT-2017	Volumétrico	SM 4500-Cl B 22 th. Edition. 2012.	23,0 mg/L Cl-	
a. CO2	26-OCT-2017	Volumétrico	SM 2310 B	9,68 mg/L CO2	
COLIFORMES TOTALES	26-OCT-2017	Filtración por membrana	SM 9222 B, H	1,65X10E5 UFC/100 mL	
COLOR APARENTE	26-OCT-2017	Comparación visual	SM 2120 B 22 th. Edition. 2012.	20 UPC	
a. CONDUCTIVIDAD	26-OCT-2017	Conductividad eléctrica	SM 2510 B	377 µS/cm a 25°C	
a. D.B.O. 5	27-OCT-2017	Incubación 5 días y Electrodo de membrana	SM 5210 B, 4500-O G	6 mg/L O2	
a. D.Q.O.	28-OCT-2017	Reflujo abierto y titulación	SM 5220 B	85 mg/L O2	
a. DUREZA TOTAL	30-OCT-2017	Volumétrico	SM 2340 C 22 th. Edition. 2012.	155 mg/L CaCO3	
a. FOSFORO TOTAL	27-OCT-2017	Colorimétrico	SM 4500-P B, E	<0,1 mg/L P	
a. GRASAS Y ACEITES	31-OCT-2017	Partición - Infrarrojo	SM 5520 C	<1,2 mg/L	
a. HIERRO	31-OCT-2017	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K; SM 3111 B 22 th. Edition. 2012.	6,74 mg/L Fe	
a. MAGNESIO	30-OCT-2017	Cálculo	SM 3500-Mg B 22 th. Edition. 2012.	5,83 mg/L Mg	
a. MANGANEZO	31-OCT-2017	Espectrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B 22 th. Edition. 2012.	0,20 mg/L Mn	
a. NITROGENO AMONIACAL - AMONIO	30-OCT-2017	Colorímetro Fenato	SM 4500 NH3-B, F	<0,05 mg/L N	
a. NITRÓGENO ORGÁNICO	30-OCT-2017	Diferencia NKT y Nitrógeno Amoniacial	SM 4500 N ORG C, SM 4500-NH3 B, C	<3,3 mg/L N	
a. NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	30-OCT-2017	Volumétrico	SM 4500 N ORG C, 4500-NH3 B, C	<3,3 mg/L N	
a. OXÍGENO DISUELTO	26-OCT-2017	Electrodo de membrana	SM 4500-O G	5,39 mg/L O2	
PH	26-OCT-2017	Electrométrico	SM 4500-H B 22 th. Edition. 2012.	7,53 Unidades	
a. SÓLIDOS DISULGOS TOTALES	30-OCT-2017	Gravimétrico - Secado a 180°C	SM 2540 C	928 mg/L	
a. SÓLIDOS SEDIMENTABLES	26-OCT-2017	Volumétrico - Cono Imhoff	SM 2540 F	2,0 ml/L	
a. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	30-OCT-2017	Gravimétrico - Secado a 105°C	SM 2540 D	21 mg/L	
<b>OBSERVACIONES:</b> Muestra puntual recolectada por el cliente.					
Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.					
a. Ensayos de laboratorio acreditados en Analquim Ltda. Res. No.1215 , 2147, 2828 de 2016 y 1722 de 2017. IDEAM.					
El parámetro de tensoactivos es reportado como SAAM calculado como LSS. (peso 288,38 g/mol).					
El presente documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente y es válido únicamente si tiene el sello seco.					
<p>Qca. MAGDA JULIETH CASTAÑO ANGEL DIRECTOR DE LABORATORIO</p>		<p><b>NOTA:</b> Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada.</p> <p>Bogotá, 14-NOV-2017</p> <p><b>FECHA DE EXPEDICIÓN</b></p> <p><b>FIN DE FIRMAS</b></p> <p>ANQ-PL-071-1 - Versión 2</p>			
El plazo límite para cualquier observación sobre los resultados de este informe, es de 5 días hábiles contados a partir de la fecha de expedición del mismo.					

Cra. 25 No. 73 - 60/66 • Tels.: 630 9945 - 329 1873 - 329 3417 • Administrativa: 703 8006 • Cotizaciones 329 1884 • Contabilidad: 231 6293 • Cel.: 315 771 8638  
315 860 2196 • E-mail: gerenciacomercial@analquim.com - calidad@analquim.com - gerencia@analquim.com • [www.analquim.com](http://www.analquim.com) • Bogotá, D.C. - Colombia

**Fuente: Analquim LTDA**

## **PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO Poblado TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Figura 6-4 Informe de resultados de laboratorio Rio Negro 2/2



Cra. 25 No. 73 - 60/66 • Tel.: 630 9945 - 329 1873 - 329 3417 • Administrativa: 703 8006 • Cotizaciones 329 1884 • Contabilidad: 231 6293 • Cels.: 315 771 8638  
315 860 2196 • E-mail: gerenciacomercial@analquim.com - calidad@analquim.com - gerencia@analquim.com • [www.analquim.com](http://www.analquim.com) • Bogotá, D.C. - Colombia

Fuente: Analquim LTDA

CONSORCIO CONSULTORÍA CUNDINAMARCA 007

MAYO 2019

PÁGINA 148

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA



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



IDEAM Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales  
ACREDITACIÓN  
NTC - ISO / IEC - 17025:2005  
Rec. No. 1335 / 13-06-2018/2019

**INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

CÓDIGO: 171633  
PÁGINA: 1 de 1

SEÑOR(ES):	JHON ALEXANDER SEGURA			
DIRECCIÓN:	CL 101 A 47 A - 43			
MUESTRA PROCEDENTE DE :	BOGOTÁ			
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA:	TOBIA CUNDINAMARCA - RIO NEGRO			
PUNTO DE CAPTACIÓN:	PTE BOCATOMA SECTOR HUNGRIA			
TIPO DE MUESTRA :	AGUA SUPERFICIAL			
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:	2019-02-23			
FECHA RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	2019-02-23			
<b>RESULTADOS</b>				
ENSAYO	FEC-ANALISIS	TECNICA DE ANALISIS	REFERENCIA	RESULTADO
a. CLORUROS	2019-02-24	Volumétrico	SM 4500-CI B	14,0 mg/L Cl-
b. HIERRO	2019-02-28	Especrofotometría de A. A.	SM 3030 K, SM 3111 B	0,23 mg/L Fe

No ANALISIS 2 --- FIN DEL REPORTE

**OBSERVACIONES:** Muestra puntual recolectada por el cliente.

Referencia (SM): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22d Edition. 2012.

a. Ensayos de laboratorio acreditados en Analquim Ltda. Resolución No. 1335 de 2018 IDEAM.

El presente documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente y es válido únicamente si tiene firma original y el sello seco.

**NOTA:** Los resultados del presente informe hacen referencia únicamente a la muestra analizada.

Bogotá, 2019-03-6

**FECHA DE EXPEDICIÓN**

ANQ-PL-071-1 - Versión 2

**FIN DE FIRMAS**

Qca. MAGDA JULIETH CASTAÑO ANGEL  
DIRECTOR DE LABORATORIO

Carrera 25 No. 73 - 60/66 • PBX: 3291873 - 2318149 • Cel. Gerencia: 315 8602196 • Comercial: 7038006 - 2503701 - Cel. Comercial: 315 7718638 - 320 3168350  
Contabilidad: 2316293 • Resultados: 2506645 • E-mail: gerencia@analquim.com - gerenciacomercial@analquim.com - atencioncliente@analquim.com  
[www.analquim.com](http://www.analquim.com) • Bogotá, D.C. - Colombia

Una vez analizados los resultados de laboratorio correspondiente al Rio Negro, se evidencia un alto contenido de hierro para una fuente superficial, por recomendación de la

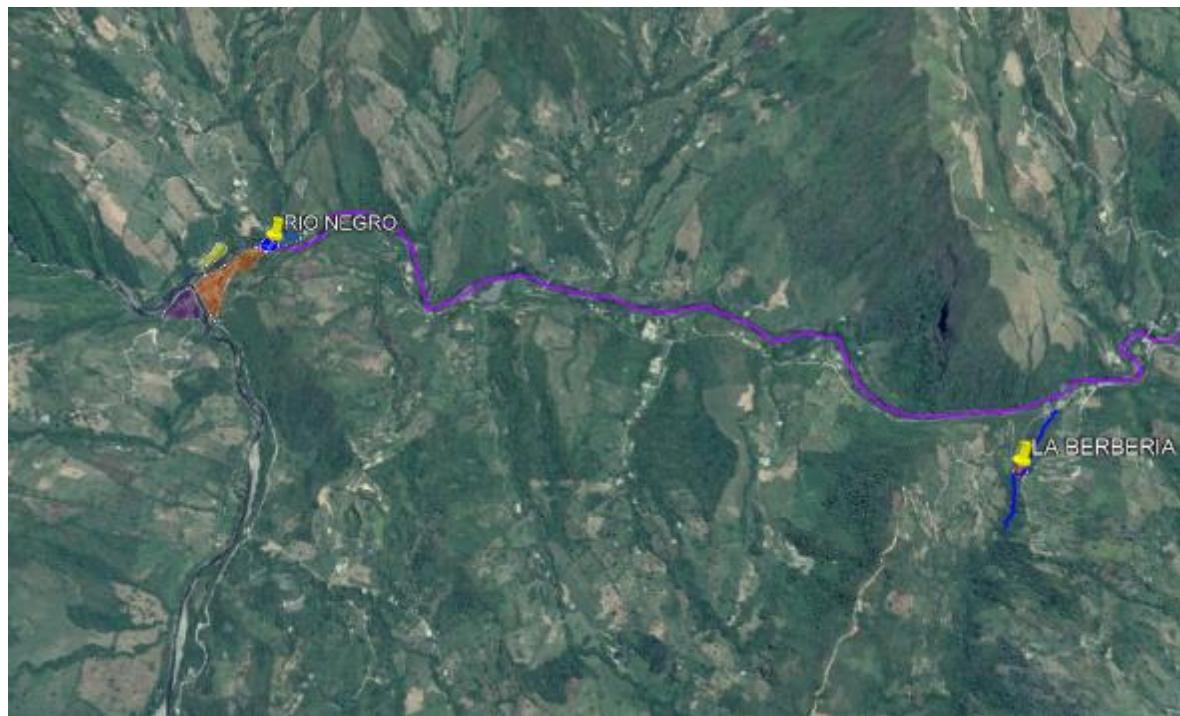
**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

interventoría y con el fin de obtener un dato más coherente, se optó por realizar un nuevo análisis, una vez consultado el laboratorio para conocer las posibles causas del alto valor manifiestan que el error se pudo generar por errores en procedimiento de toma, conservación y transporte de la muestra.

Teniendo en cuenta el nuevo análisis de hierro del agua cruda, cuyo resultado es de 0.23mg/l y la dureza de la misma, se plantea el uso de una torres de aireación con el fin de optimizar el tratamiento.

**Figura 6-5 Alternativas De Fuentes De Abastecimiento**



Fuente: Consultoría

En la Figura anterior se ilustran las alternativas de abastecimiento para el centro poblado Tobia.

#### **6.4.2 Captación**

##### **6.4.2.1 *Captación Quebrada Berbería***

Para la quebrada la Berbería la captación requiere una optimización menor cambiando los 9.0 metros que comunican la rejilla de captación con la cámara de derivación, además de la construcción de un sistema para la evacuación del caudal de excesos en la cámara de derivación.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

#### 6.4.2.2 Captación Rio Negro

Por otro lado, se requiere la construcción de una bocatoma lateral sobre el río Negro la cual aplica tanto para la alternativa 1 como para la alternativa 2 los diseños definitivos se presentan en el siguiente producto “Diseños Definitivos del Componente de Agua Potable”. Sin embargo, se presenta a continuación los planteamientos generales del diseño.

De acuerdo con lo observado, en visitas a campo la captación sobre el río Negro deberá tener la capacidad de abastecer toda la demanda del sistema, para suplir a la quebrada la Berbería en las épocas en que la fuente se seca.

De acuerdo con lo anterior, se escogió un lugar cercano al sitio en donde se toma el agua del río Negro que asegure condiciones de estabilidad para las diferentes condiciones en el Río.

**Fotografía 6-1 Posible sitio de Captación quebrada la Berbería**



En la actualidad la captación del río se efectúa con una bomba ubicada en una caseta detrás del estribo del puente sobre el río Negro

Fuente: Consultoría

De acuerdo con lo anterior, en el mismo sitio de captación se tendrá el sistema de desarenación y una caseta de bombeo que elevará las aguas desarenadas hasta la Planta de tratamiento. El esquema general de la captación se presenta a continuación:

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-6 Captación del Rio Negro**



Fuente: Consultoría

La captación se diseña para captar dos veces el QMD, es decir, un caudal de 6.8 l/s, y en el mismo sitio se tendrá un desarenador, foso de succión y foso de sección del bombeo hacia la PTAP. Por no ser una estructura convencional el tamaño de esta se define por la capacidad del desarenador que pueda acomodarse a las condiciones del sitio.

Para la situación propuesta las dimensiones de la caja desarenadora se evalúan a continuación:

Caudal de diseño

6.800 lps

**Condiciones de Operación**

Tamaño de partículas a remover	0.004 cm
Porcentaje de remoción	75 %
Temperatura del agua	20 grados C
Viscosidad cinemática	0.011 cm <sup>2</sup> /s
Grado del desarenador n	1.000

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Relación ancho /largo 3.000

**Parámetros de sedimentación**

Velocidad de sedimentación Vs	0.126	cm/s
Periodo de retención		
Teta/t Para n = 1 y el 75% eficiencia	3.000	
Profundidad Útil sedimentador H =	1.500	m
Tiempo de sedimentación	1195	seg
Periodo de retención	3584	seg
	0.996	horas

**Verificación del sedimentador**

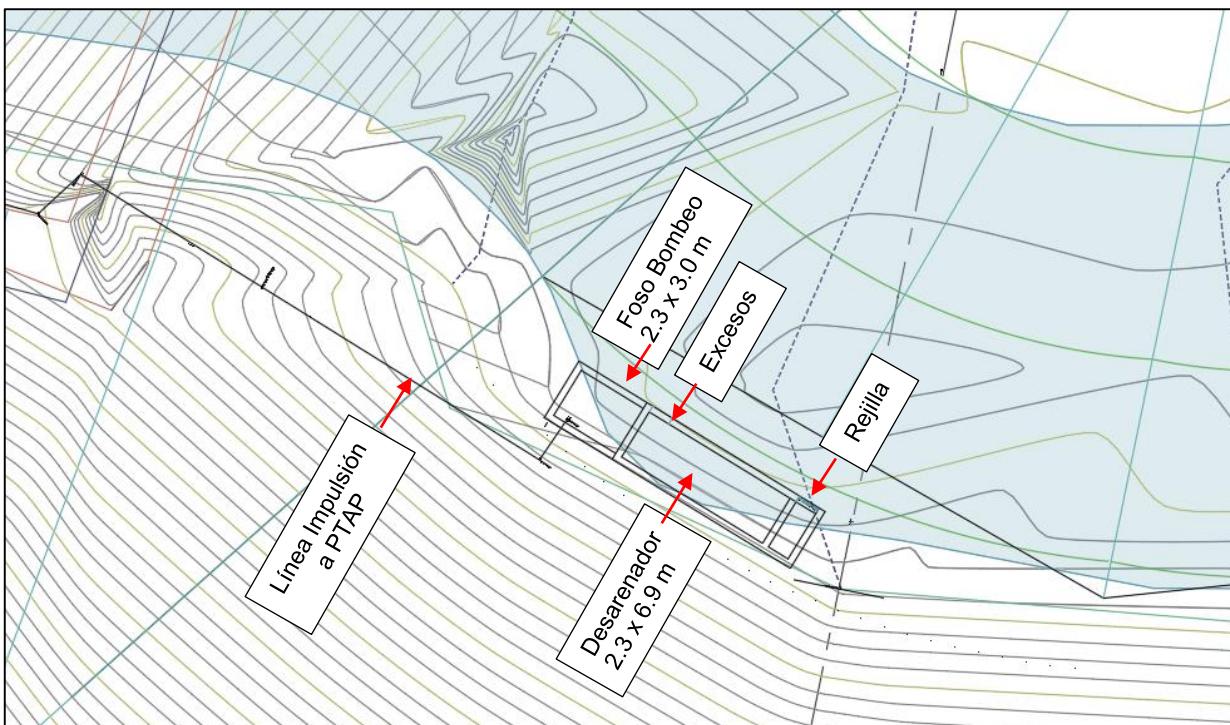
Volumen del Tanque	24.37	m <sup>3</sup>
Área superficial	16.25	m <sup>2</sup>
Ancho del tanque	2.327	m
Largo del Tanque	6.982	m
Área neta superficial	16.249	m <sup>2</sup>
Carga superficial	0.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /seg
	36.158	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día
Velocidad critica de sedimentación V <sub>o</sub>	0.042	cm/seg
Tiempo de retención teta/t	3.000	
Velocidad Horizontal	0.002	m/s
	0.195	cm/s
	0.195	cm/s
Relación V <sub>h</sub> /Vs	1.552	<20
Velocidad de re suspensión	8.310	cm/s

A manea de esquema se muestran las dimensiones del sitio del desarenador, que hará las veces de captación y foso de bombeo.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-7 Captación – Desarenador Rio negro**



Fuente: Consultoría

Como se indicó en la fase de diseño se profundizará en el dimensionamiento de la captación de río negro.

Por otro lado, se requiere la construcción de una bocatoma lateral sobre el Río Negro la cual aplica tanto para la alternativa 1 como para la alternativa 2 los diseños definitivos se presentan en el siguiente producto de esta consultoría “Diseños Definitivos del Componente de Agua Potable”

#### 6.4.3 Línea de Aducción y Conducción

Considerando los resultados de diagnóstico del Componente de Agua Potable del presente proyecto, donde se hace necesario el cambio de la tubería del sistema existente, además de la construcción de una nueva línea de conducción desde el Río Negro hasta la planta de tratamiento de agua potable se presentan las siguientes alternativas de trazado

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-8 Alternativas De Fuentes De Abastecimiento**



Fuente: Consultoría

La alternativa de rehabilitación (reconstrucción de la aducción) de la tubería desde la quebrada La Berbería tiene una longitud de 4787 metros, mientras la aducción desde el Río negro tiene una longitud de 354.01 metros

#### 6.4.4 Sistema de Tratamiento

De acuerdo al diagnóstico realizado a la PTAP del Centro Poblado de Tobia, se determinó:

- Que la demanda actual de agua del Centro Poblado de Tobia, es mayor que la concesionada por la Corporación Autónoma Regional. (Demanda actual= 2,4 L/s y concesión de agua = 1,05 L/s -Quebrada La Berbería-).
- Para cumplir con la demanda actual de agua, el centro Poblado de Tobia por emergencia se utiliza agua del río Negro, para suplir la demanda de agua.
- Como se indicó en el diagnóstico se debe diseñar y construir una Planta de Tratamiento que trate el caudal de la demanda actual y futura.
- Teniendo en cuenta los caudales de tratamiento y las consideraciones para el tratamiento se contemplan en este acápite alternativas para el tratamiento de agua potable del centro poblado Tobia. Es importante aclarar que el resultado de diagnóstico indicó que es necesario **construir un sistema de tratamiento nuevo**,

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

lo cual hace parte de la optimización del sistema de acueducto. De esta forma, la evaluación de las alternativas generales de optimización del sistema de acueducto integral (Incluidos los demás componentes) se plantearán en el numeral 6.7.<sup>7</sup>

Con base en lo anterior, se presenta a continuación el análisis general para determinar el sistema de tratamiento adecuado para el tratamiento del agua para el centro poblado.

#### 6.4.4.1 Tratabilidad Del Agua

**Características del agua de la Quebrada Berberia:** Las características fisicoquímicas del agua cruda reportadas en los análisis 147298, realizado por el laboratorio ANALQUIM LTDA de muestras tomadas el 26 de octubre de 2017, reflejan parámetros que se encuentran dentro del rango aceptable estipulado en la resolución 2115, así como también parámetros que se encuentran fuera de ese rango, es decir No Cumplen con la Norma.

La siguiente tabla resume los valores más altos de los parámetros analizados cuyas mediciones, No Cumplen con la Norma:

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR MEDIDO	RESOLUCION 2115
Coliformes totales	UFC/100ml*	3.4E+3	0
Escherichia Coli	UFC/100ml*	ND	0
Turbiedad	UNT **	4.25	2
Calcio	mg/l de Ca	84	60

\* UFC/100 ml: unidades formadoras de colonia en 100 ml.

\*\* UNT unidades Nefelométricas.

Adicionalmente se encuentran parámetros cuyo valor se presenta muy cercano al límite establecido por la norma, lo que permite suponer que ante un cambio en las condiciones climatológicas dicho parámetro se salga de norma, a saber:

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR MEDIDO	RESOLUCION 2115
Alcalinidad total	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	173	200
Dureza total	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	270	300
Hierro	mg/l de Fe	0.2	0.3
Sulfatos	mg/l de SO <sub>4</sub>	230.4	250

**Características del agua del Rio Negro:** Las características fisicoquímicas del agua cruda reportadas en los análisis 147297, realizado por el laboratorio ANALQUIM LTDA de muestras tomadas en el **Rio Negro**, el 26 de octubre de 2017, reflejan parámetros que se

<sup>7</sup> Se anota que la alternativa correspondiente a la optimización de la PTAP existente fue descartada durante el análisis del funcionamiento de la PTAP existente en razón a que las intervenciones requerirían prácticamente su demolición. De otra parte, del análisis estructural efectuado se encontró que la planta existente no cumple con los requisitos estructurales de una infraestructura considerada indispensable para la comunidad. Por esta razón se recomendó su demolición.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

encuentran dentro del rango aceptable estipulado en la resolución 2115, así como también parámetros que se encuentran fuera de ese rango, es decir No Cumplen con la Norma.

La siguiente tabla resume los valores más altos de los parámetros analizados cuyas mediciones, No Cumplen con la Norma:

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR MEDIDO	RESOLUCION 2115
Coliformes totales	UFC/100ml*	1.65E+5	0
Escherichia Coli	UFC/100ml*	ND	0
Turbiedad	UNT **	185	2
Hierro	mg/l de Fe	6.74	0.3
Manganoso	mg/l de Mn	0.2	0.1

\* UFC/100 ml: unidades formadoras de colonia en 100 ml.

\*\* UNT unidades Nefelométricas.

Adicionalmente se encuentran parámetros cuyo valor se presenta muy cercano al límite establecido por la norma, lo que permite suponer que ante un cambio en las condiciones climatológicas dicho parámetro se salga de norma, a saber:

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR MEDIDO	RESOLUCION 2115
Calcio	mg/l de Ca	52.4	60

El laboratorio certificado ANALQUIM LTDA, ejecutó las labores de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos correspondientes a las dos fuentes con posibilidad de ser usadas, y adicionalmente ejecutó procedimientos de tratabilidad para establecer la ruta química de mejor desempeño que permita potabilizar el agua disponible.

En la búsqueda de establecer información precisa, se ejecutaron procedimientos de tratabilidad independientemente para cada fuente y para mezclas que se definieron como 50/50 es decir mitad y mitad de cada fuente, 70/30 y 30/70, es decir 70% de una fuente y 30% de la otra.

**Tratabilidad agua quebrada Berbería:** El Laboratorio de la Empresa ANALQUIM LTDA, en su oficio N° ANQ 147300 de 14 de noviembre de 2017, reportó un ensayo de Tratabilidad para agua de la Quebrada Berbería, en el cual se utilizan los siguientes reactivos:

Cal hidratada.

Carbonato de sodio

Polímero Kemira Superfloc A130

El ensayo claramente está encaminado a tratar aguas duras y el líquido tratado arroja valores de turbiedad, color, alcalinidad total, hierro, dureza total, y dureza cálcica todos

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

cumpliendo con la norma, el valor de pH reportado (9) está en el límite superior del rango exigido por la norma (6.5 a 9)

El laboratorio también reporta tiempos y gradientes utilizados en condiciones ideales durante el ensayo, así como también la demanda de cloro requerida por el agua clarificada.

**Tratabilidad agua rio negro:** El Laboratorio de la Empresa ANALQUIM LTDA, en su oficio N° ANQ 147299 de 14 de noviembre de 2017, reportó un ensayo de Tratabilidad para agua procedente del Rio Negro, en el cual después de utilizar diferentes reactivos, demostró el mejor resultado Sulfato de Aluminio tipo B.

El mejor resultado utilizando como coagulante el Sulfato de Aluminio tipo B, arroja valores de turbiedad, color, pH, alcalinidad total, hierro, dureza total, y dureza cárquica todos cumpliendo con la norma.

El laboratorio también reporta tiempos y gradientes utilizados en condiciones ideales durante el ensayo, así como también la demanda de cloro requerida por el agua clarificada.

Ensaya de tratabilidad de mezclas de aguas provenientes del rio negro y de la quebrada Berbería.

- ✓ Se realizaron tres ensayos para mezclas, el primero utilizando aporte mitad y mitad (50/50) de cada fuente.
- ✓ El segundo utilizo 30% de agua de la quebrada y 70% de agua del rio
- ✓ El tercero utilizo 70% de agua de la quebrada y 30% de agua del rio.

**Ensaya de tratabilidad de mezcla 50 / 50:** El Laboratorio de la Empresa ANALQUIM LTDA, en su oficio N° ANQ 171020 de 28 de febrero 2019, reportó un ensayo de Tratabilidad para mezcla de agua procedente 50% del Rio Negro y 50% de la quebrada la Berbería, en el cual después de utilizar diferentes reactivos, demostró el mejor resultado utilizando Sulfato de Aluminio tipo B como coagulante y Polímero Kemira Superfloc 496C como ayudante de floculación.

El mejor resultado utilizando como coagulante el Sulfato de Aluminio tipo B, y el polímero descrito, arroja valores de turbiedad, color, pH, alcalinidad total, dureza total, amonio, hierro y conductividad todos cumpliendo con la norma.

El laboratorio también reporta tiempos y gradientes utilizados en condiciones ideales durante el ensayo, así como también la demanda de cloro requerida por el agua clarificada.

**Ensaya de tratabilidad de mezcla 70 / 30:** El Laboratorio de la Empresa ANALQUIM LTDA, en su oficio N° ANQ 171021 de 28 de febrero 2019, reportó un ensayo de Tratabilidad para mezcla de agua procedente 70% del Rio Negro y 30% de la quebrada la Berbería, en el cual después de utilizar diferentes reactivos, demostró el mejor resultado utilizando Sulfato de Aluminio tipo B como coagulante.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

El mejor resultado utilizando como coagulante el Sulfato de Aluminio tipo B, arroja valores de turbiedad, color, pH, alcalinidad total, dureza total, amonio, hierro y conductividad todos cumpliendo con la norma.

El laboratorio también reporta tiempos y gradientes utilizados en condiciones ideales durante el ensayo, así como también la demanda de cloro requerida por el agua clarificada.

**Ensayo de tratabilidad de mezcla 30 / 70:** El Laboratorio de la Empresa ANALQUIM LTDA, en su oficio N° ANQ 171022 de 28 de febrero 2019, reportó un ensayo de Tratabilidad para mezcla de agua procedente 70% del Rio Negro y 30% de la quebrada la Berbería, en el cual después de utilizar diferentes reactivos, demostró el mejor resultado utilizando Sulfato de Aluminio tipo B como coagulante.

El mejor resultado utilizando como coagulante el Sulfato de Aluminio tipo B, arroja valores de turbiedad, color, pH, alcalinidad total, dureza total, amonio, hierro y conductividad todos cumpliendo con la norma.

El laboratorio también reporta tiempos y gradientes utilizados en condiciones ideales durante el ensayo, así como también la demanda de cloro requerida por el agua clarificada.

#### *6.4.4.2 Conceptualización del tratamiento requerido*

De los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, se hacen relevantes las siguientes consideraciones:

- ✓ La alcalinidad del agua de la quebrada está cercana al límite de la norma.
- ✓ La alcalinidad del agua del río es la mitad de la de la quebrada.
- ✓ El calcio del agua de la quebrada es supremamente alto
- ✓ El calcio del agua del río está en el límite de la norma.
- ✓ La dureza del agua de la quebrada está en el límite de la norma.
- ✓ La dureza del agua del río es inferior a la de la quebrada.
- ✓ El color en ambos casos es alto
- ✓ El hierro en la quebrada cumple la norma
- ✓ El hierro en el río es excesivamente alto.
- ✓ El manganeso en la quebrada es bajo.
- ✓ El manganeso en el río es excesivamente alto.
- ✓ El manganeso en la quebrada es muy bajo.
- ✓ En ambos casos hay presencia de oxígeno disuelto.
- ✓ Los sulfatos en la quebrada son muy altos
- ✓ Los sulfatos en el río están dentro de la norma.
- ✓ La turbiedad en la quebrada excede el valor permitido.
- ✓ La turbiedad en el río es excesivamente alta.
- ✓ La contaminación por Coliformes totales es excesivamente alta en ambos casos.

De los Ensayos de tratabilidad, se hacen relevantes las siguientes consideraciones:

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

- ✓ El tratamiento para agua 100% del río puede ejecutarse con sulfato y un acondicionador de pH, la dureza baja a valores aceptables, no se reporta dato final de manganeso, los demás valores quedan en norma.
- ✓ El tratamiento para agua 100% de la quebrada está enfocado a disminuir la dureza utilizando un proceso cal, carbonato y aplicando un polímero ayudante de floculación Aniónico, reportando al final valores cumpliendo norma.
- ✓ El tratamiento para agua con mezcla 50/50 puede ejecutarse con sulfato de aluminio tipo B y un polímero ayudante de floculación Catiónico, reportando al final valores cumpliendo norma.
- ✓ El tratamiento para agua con mezcla 70 río / 30 quebrada, puede ejecutarse con sulfato de aluminio tipo B y un ajustador de pH, reportando al final valores cumpliendo norma
- ✓ El tratamiento para agua con mezcla 30 río / 70 quebrada, puede ejecutarse con sulfato de aluminio tipo B y un ajustador de pH, con dureza más alta comparativamente con la dureza de otras mezclas, reportando al final valores cumpliendo norma.
- ✓ En todos los casos se requiere dosis mínima de 2.5 miligramos por litro de cloro para garantizar la eliminación de microorganismos patógenos.

De las consideraciones anteriores, se establecen premisas que deriven en la definición de las operaciones unitarias necesarias para ejecutar el proceso de potabilización, a saber:

1. La fuente utilizada actualmente (Quebrada Berbería) no tiene la concesión suficiente para abastecer la demanda de la población.
2. La fuente actual (Quebrada Berbería) no es permanente en el tiempo, se seca en verano.
3. La fuente actual (Quebrada Berbería) tiene dureza muy alta y el proceso requerido tiene costo de operación más alto.
4. Necesariamente se debe utilizar la otra fuente (Río Negro) bien sea en su totalidad (100%) o como complemento (Mezclas).
5. Usando solamente el agua del río o mezclas el proceso es el mismo y entrega efluente dentro de la norma.
6. El agua del río tiene hierro y manganeso sustancias que requieren oxidación para poder retirarlas por floculación.
7. Si bien las dos fuentes tienen presencia de oxígeno disuelto, es necesario implementar un paso en el proceso que genere oxidación.
8. Los valores excesivamente altos de turbiedad y color hacen necesario implementar etapas de coagulación y posterior floculación utilizando reactivos que se complementen.
9. Los gradientes hidráulicos en operación, deben permitir subir y bajar con respecto a los reportados por el laboratorio.
10. El laboratorio reporta floc disperso de poco peso, lo que exige tiempos de retención generosos y cargas superficiales muy bajas.
11. Es necesario ajustar pH al final de la clarificación.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Cabe destacar que los procedimientos reportados por el Laboratorio, son todos bajo condiciones totalmente ideales, sin la influencia del medio ambiente, ni de los equipos, ni los efectos generados por el fluido en movimiento y con características fisicoquímicas totalmente fijas.

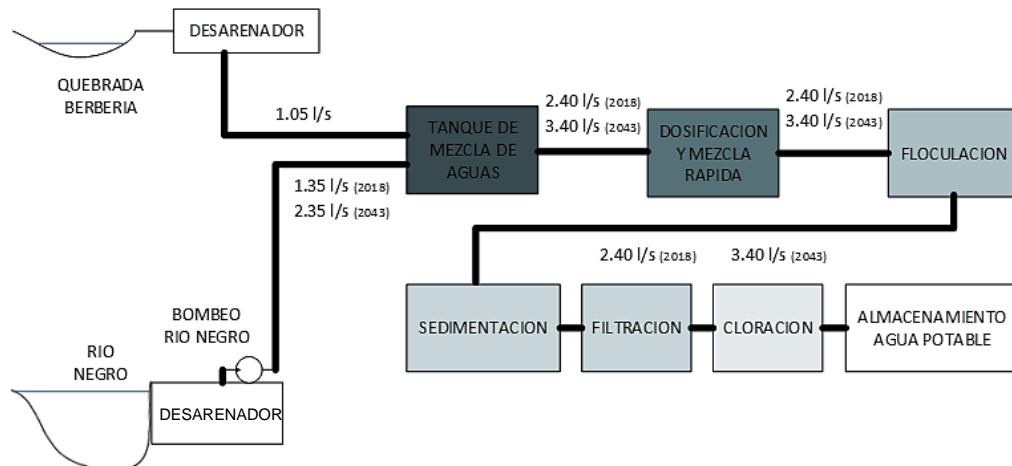
Para ejecutar el proceso de Potabilización, en condiciones de flujo continuo, se establecen operaciones unitarias que garanticen la secuencia viable de etapas, que permitan el desarrollo de fenómenos físicos y químicos que separen los componentes indeseables del agua a utilizar para consumo humano.

Las condiciones de proceso a implementar son las siguientes:

- ✓ Para fomentar la oxidación del material oxidable, se debe implementar la aplicación de un reactivo pre oxidante y/o la utilización de una fase de aireación que adicionalmente permitirá la extracción de gases y olores desagradables, mejorando sustancialmente el sabor del efluente.
- ✓ Es indispensable implementar la aplicación controlada de un coagulante comercial, que permita remover los componentes indeseables básicos presentes en el agua cruda.
- ✓ Una vez clarificada, el agua en proceso de tratamiento, se debe implementar la eliminación de microorganismos patógenos, actividad que garantiza el cumplimiento pleno del proceso de Potabilización.
- ✓ Como paso final se debe aplicar un reactivo que permita corregir el pH sobre el líquido clarificado.

De esta forma, el sistema de tratamiento del centro poblado de Tobia deberá contar con los siguientes componentes:

**Figura 6-9 Esquema General De Tratamiento**



Fuente: Consultoría

#### 6.4.4.3 Alternativas de Tratamiento para el centro poblado de Tobia

Dentro del desarrollo de las alternativas se evaluaran módulos de tratamiento predimencionados con caudales de 1.7 l/s, de esta forma al implementar dos módulos con esta capacidad se obtendrá un caudal máximo de 3.4 l/s, para el horizonte del proyecto, dando flexibilidad operativa en los días entre semana cuando la planta opera solo para la población fija. Con un menor caudal.

##### 6.4.4.3.1 PTAP Convencional

Se propone una PTAP de tipo convencional de funcionamiento hidráulico, para un caudal de 3.40 l/s. A continuación, se presentan los procesos que componen a este tipo de planta.

**Torre De Aireación** La necesidad de oxidar materiales como el hierro y el manganeso y adicionalmente eliminar gases y olores presentes en el agua cruda, hace imperativo el uso del aire como reactivo de costo cero. El dispositivo adecuado es la torre de aireación, la cual, entre otras cosas, ayuda a mejorar el sabor, como consecuencia del aumento del oxígeno disuelto.

Los componentes básicos de la torre son bandejas cuadradas con geometría de pirámide truncada invertida, de las cuales 4 tienen comportamiento para aireación y la inferior funciona como colectora.

##### Bandejas De Aireación

El objetivo de este dispositivo es fragmentar el flujo de agua en la mayor cantidad de gotas posibles, con el fin de tener la máxima área superficial en contacto con el aire.

Área requerida en bandeja aireadora (A)  $345.6 / 90 = 3.84 \text{ m}^2$ .

Dimensiones bandeja cuadrada  $(3.84)^{1/2} = 1.96 \text{ m} \approx 2.0 \text{ m}$  (Facilidad constructiva).

**El tamaño y distribución de orificios corresponde a:**

Altura de lámina de agua en la bandeja 0.03 m.

$$\text{Velocidad de Flujo por orificio (v<sub>o</sub>) } \sqrt{2 * g * h} = \sqrt{2 * 9.8 * 0.03} = 0.76 \text{ m/s}$$

Este valor de velocidad es adecuado para flujo a gravedad y no tiene más condicionamientos.

**Diámetro de los Orificios 3/16" = (0.00476m)**

Diámetro adecuado que permite baja velocidad y sin taponamientos.

**Área de Flujo por Orificio ( $\pi * 0.00476^2 / 4 = 0.000018 \text{ m}^2$ )**

Especificando que los orificios sean distribuidos siguiendo una configuración en cuadricula, la cantidad de filas y columnas será:  $(450)^{1/2} \approx 22 \Rightarrow 484 \text{ Orificios totales reales}$

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Nota: Para efectos de evaluación entre los diferentes tipos de plantas de tratamiento y teniendo en cuenta que los procesos de corresponden a la mezcla rápida, dosificación y desinfección, son comunes a los diferentes tipos de plantas, estos componentes se mencionan, pero no se dimensionan pues no serán elementos diferenciadores de los tipos de tratamiento.

**Mezcla Rápida:** Los coagulantes y ayudantes de coagulación deben mezclarse rápida y homogéneamente con el agua cruda que ingresa a la planta. Las alternativas de unidades de mezcla rápida son: Mezcladores mecánicos, Resalto hidráulico, Vertederos, Mezcladores estáticos, Difusores.

La dosificación de coagulación considera las siguientes alternativas: Dosificadores volumétricos o gravimétricos y dosificadores en solución por bombeo o por gravedad.

En el caso de mezcla rápida, se recomienda en lo posible el no utilizar mezcladores mecánicos. El dimensionamiento de este elemento se realizará en el diseño detallado una vez se tengan las dimensiones, localización distribución y áreas disponibles del tren de tratamiento. En este caso, para el dimensionamiento del vertedero de mezcla rápida se requiere conocer las dimensiones del canal de aproximación, pendientes y detalle de conexión al vertedero.

**Dosificación de coagulantes:** Se propone el uso de dosificadores en solución que incluyen la preparación previa de la solución y dosificación por gravedad o por bombeo en el punto de aplicación. Los dosificadores en solución son de menor costo que los de dosificación en polvo y son más fáciles de operar y mantener.

**Floculación:** La floculación es la lenta agitación del agua, una vez dispersados los coagulantes que permiten la formación de flóculos o racimos de sólidos de peso específico mayor al agua. Los floculadores se clasifican en hidráulicos y mecánicos. Se recomienda evitar el uso de floculadores mecánicos. Los floculadores hidráulicos se clasifican según el sentido de flujo en: de flujo horizontal, de flujo radical y de flujo helicoidal. Los floculadores hidráulicos más utilizados en nuestro país para PTAP'S pequeñas y medianas son los horizontales de tabique, y los de flujo vertical tipo Alabama.

Los floculadores Alabama comprenden tanques generalmente cuadrados, provistos de cámara en serie, cada una de las cuales reciben el agua a través de un orificio o un codo generalmente de fondo y la impulsa para salir por otro orificio generalmente superior, generando ambos orificios condiciones de velocidad cada vez menores. Para el caso del presente proyecto, se proponen floculadores Alabama modificados con cámaras múltiples por tanque dos o más tanques o floculadores en paralelo y orificios de entrada y salida en el fondo de cada cámara, lográndose la deflexión del flujo mediante una cortina intermedia.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Se proyectan dos floculadores hidráulicos del tipo Alabama modificado, cada uno de 1.70 l/s<sup>8</sup>, de nueve (9) cámaras con paso inferior de interconexión entre ellas. Para obtener la deflexión del flujo en cada cámara se coloca una cortina intermedia, con una altura próxima a la mitad de la correspondiente a la lámina de agua

**Tabla 3 Dimensiones de Floculador**

Numero de módulos	un	1	2	3
Caudal por modulo (mínimo por modulo)	l/s	1.7	1.7	1.7
Gradiente de Mezcla (asumido) <sup>9</sup>		70	40	20
Tiempo de detención: 30 minutos (adoptado)	min	8.00	10.00	12.00
Volumen del floculador	m3	0.82	1.02	1.22
Numero de cámaras	un	3.00	3.00	3.00
Volumen de la cámara	m3	0.27	0.34	0.41
<b>Dimensiones de cada cámara:</b>				
Largo	m	0.75	0.75	0.75
Ancho	m	0.60	0.70	0.75
Altura útil promedio	m	0.60	0.65	0.73
Altura total (incluye borde libre)	m	1.00	1.00	1.00

Lo anterior implica 3 unidades por cada gradiente de flujo deseado cada uno con la profundidad requerida para obtener el tiempo de retención esperado. A continuación, se muestra el esquema de la unidad de floculación.

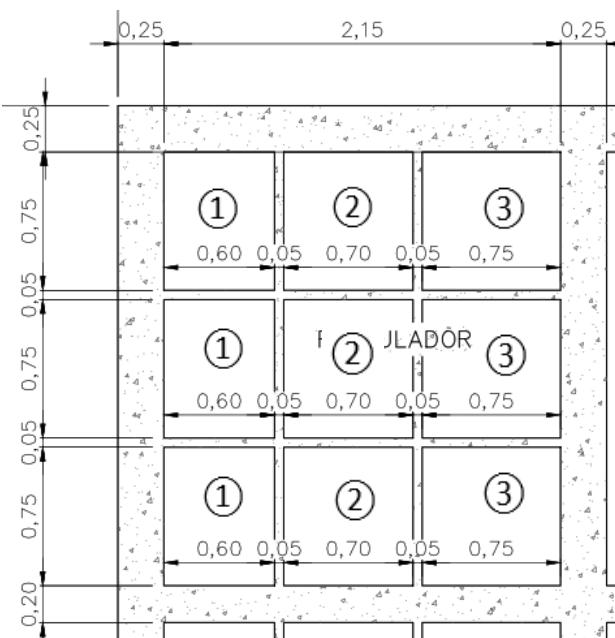
<sup>8</sup> Se adoptan dos unidades de 1.7 l/s para obtener un caudal máximo de 3.4 l/s, de manera que dos unidades funcionando simultáneamente se supera el caudal de 2.4 l/s para periodo inicial de diseño y de 3.4 l/s para el horizonte del proyecto, dando de esta forma flexibilidad operativa en los días entre semana cuando la planta opera solo para la población fija.

<sup>9</sup> El gradiente promedio será de 46 s<sup>-1</sup>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-10 Esquema del floculador convencional**



Floculador tipo Alabama de 3 gradientes. Profundidad mínima de 60 cm y máxima de 73 cm. Tiempo de retención máximo de 20 minutos.

**Fuente: Consultoría**

**Sedimentación:** La sedimentación es la separación mediante el efecto físico de la gravedad de los sólidos presentes en un fluido, en este caso, el agua. Los tipos de sedimentadores utilizados en el país, en plantas de tratamiento de agua son los siguientes:

- a. Sedimentadores de flujo horizontal, hoy en día aplicados solo para remoción de partículas discretas como arenas, caso de los desarenadores de aguas crudas después de su captación, con tasas de 200 a 400 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·dia.
- b. Sedimentadores de flujo vertical, como el caso del tipo manto de lodos, con tasas de 45 a 60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·dia.
- c. Sedimentadores de flujo inclinado como el caso de los de sedimentación acelerada (alta tasa), con módulos o placas inclinadas, con tasas de 200 a 300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> · d.

Se propone el uso de tres sedimentadores de alta tasa de 1.70 l/s, uno por cada tren de floculación con una carga de sedimentación adoptada: 200 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día. Se colocarán 3 sedimentadores para operaciones de lavado y mantenimiento.

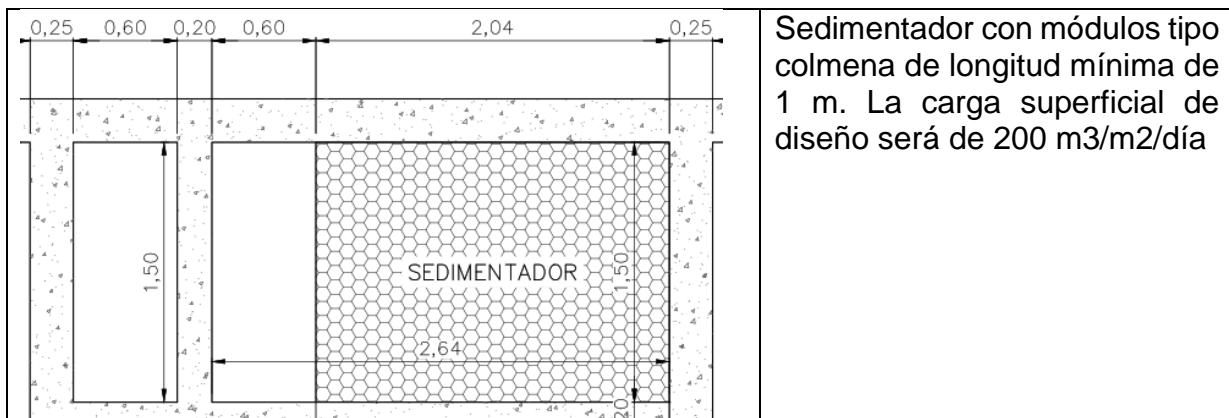
El caudal de flujo por línea es de 0.0017 m<sup>3</sup>/s (146.88 m<sup>3</sup>/día) para lo cual se obtiene:

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

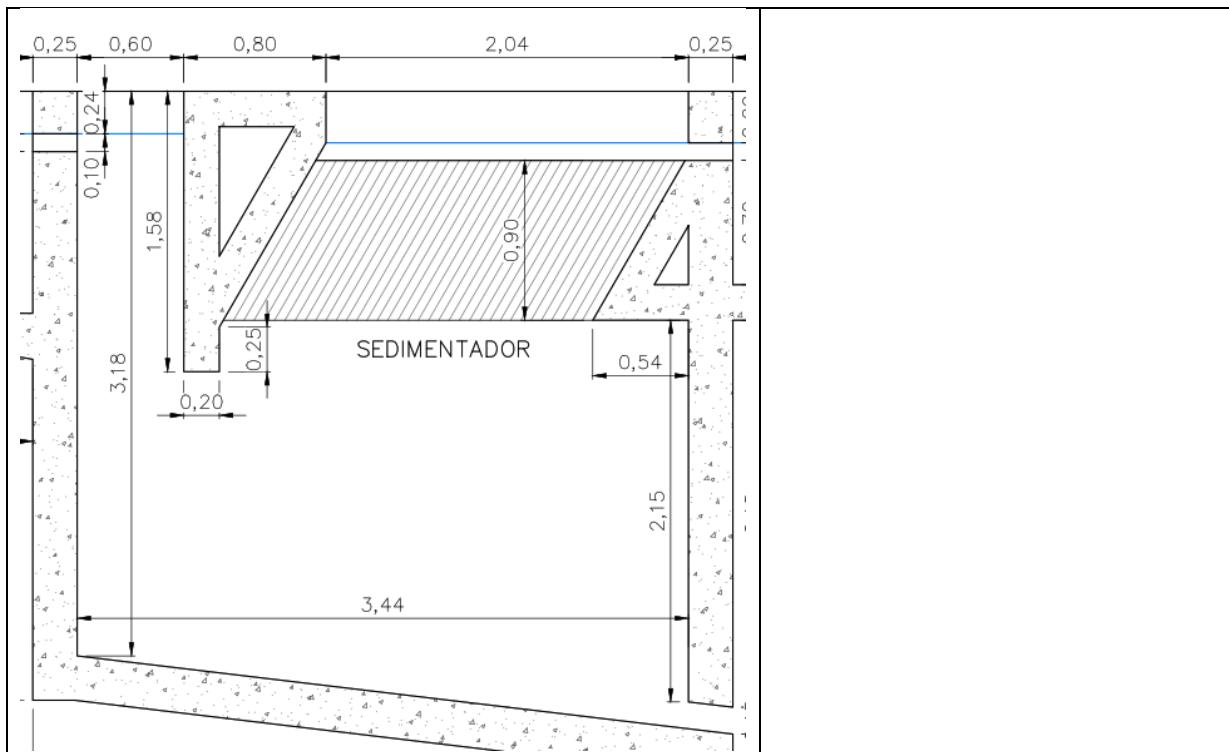
Numero de módulos	2	un
Caudal por modulo	1.7	l/s
Volumen producido por modulo	146.88	m3/día
Tasa de sedimentación	200.00	m3/m2/día
Área requerida de sedimentador	0.73	m2
Ancho de las cámaras	1.50	m
Dimensiones de cada cámara:		
Largo:	2.04	m
Ancho:	1.50	m
Longitud Total del sedimentador	3.24	m

**Figura 6-11 Esquema del sedimentador**



**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA



Fuente: Consultoría

### Lodos producidos

Especial cuidado en la operación de una planta de potabilización de agua, es la evacuación de lodos, producidos en su mayoría en los procesos de sedimentación y filtración.

Según el RAS: En total el flujo de lodos de una planta no debe ser mayor, en promedio del 5% del caudal total tratado, esto es para las actuales condiciones:

Caudal de Operación = 0,0034 m<sup>3</sup>/s,

Tiempo de operación estimado = 12 horas / día, propuesto.

Volumen total de agua producido =  $0,0034 * 60 * 60 * 12 = 146.88$  m<sup>3</sup>/día

Volumen lodos máximo según el RAS =  $146.88 * 0,05 \approx 7.34$  m<sup>3</sup>/día. Planta de 3.4 Ips.

Desde el punto de vista operativo el lodo se acumula por debajo del distribuidor. Dicho lodo debe ser drenado con frecuencia para evitar alta concentración, colmatación, con el consecutivo arrastre y posible crecimiento de microorganismos que afectan la calidad del efluente

**Filtración:** La filtración permite la remoción de partículas y microorganismos que sobrepasan la floculación y sedimentación. De acuerdo a la carga superficial, existen dos tipos de filtros: lentos y rápidos. Los medios filtrantes pueden ser medio poroso y de medio granular. Las capas pueden ser de capa única o de capa múltiples. De acuerdo a la presión ejercida pueden ser de gravedad o de presión. La práctica más común en el país es el uso de filtros rápidos, de medio filtrante mixto de arena y antracita, flujo descendente durante

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

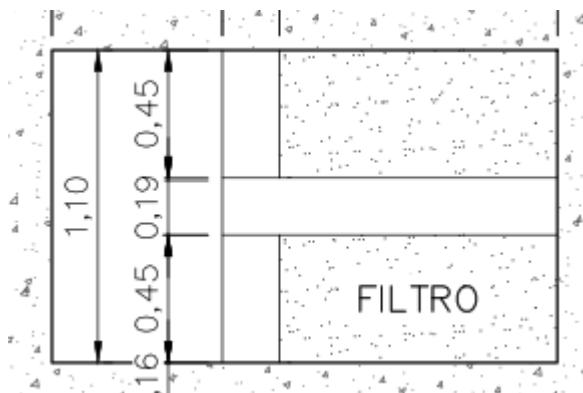
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

operación y ascendente durante lavado (retro lavado). Según la carga sobre el lecho las plantas municipales prefieren filtros a gravedad y la práctica para lavado en plantas pequeñas y medianas es la adopción de filtros múltiples autorizantes en paralelo.

Se adoptan 4 unidades de filtración de auto lavado, con la tasa media de filtración, 150 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup> x día), se calcula el área de filtros:

Caudal de diseño	3.4	l/s
Numero de módulos	3	un
Caudal por modulo	1.7	l/s
Volumen producido por modulo	146.88	m <sup>3</sup> /día
Tasa de Filtración	150.00	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día
Área requerida de filtración	0.98	m <sup>2</sup>
Área requerida por unidad de filtración	2.00	m <sup>2</sup>
Dimensiones de cada cámara:		
Ancho:	1.00	m
Largo:	0.98	m

**Figura 6-12 Esquema del filtro**



Filtro rápido de tasa declinante y auto lavado. Tasa de filtración de 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día

**Fuente: Consultoría**

### **Tanque de desinfección**

El volumen requerido en el tanque de aguas tiene dos condicionamientos, a saber:

- Cumplir con el tiempo requerido para desinfección y/o
- Almacenar el volumen de agua requerido para lavar el filtro.

De acuerdo a las premisas anteriores, las dimensiones del tanque se definirán de acuerdo a mayor volumen requerido para cada una de ellas, el cual generalmente resulta ser el de lavado, así:

Tiempo de lavado 15 minutos

Volumen requerido 15\*60\*3.5 = 3150 litros (3.15 m<sup>3</sup>) para lavar un filtro.

6.3m<sup>3</sup> para lavar dos filtros

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Las dimensiones generales del tanque de aguas claras son:

Longitud tanque = 3.00 m

Ancho tanque = 3.00 m

Altura total interna = 1.20 m

Volumen útil 10.8 m<sup>3</sup>

Ahora, para el caso de tiempo de contacto de cloro se analiza el volumen anterior con el fin de identificar cual sería el tiempo de contacto de cloro en el mismo tanque utilizado para el lavado de filtros y de esta manera proyectar la construcción de una sola estructura que preste las dos funciones, teniendo en cuenta que el lavado de filtros no se realiza permanentemente.

Tiempo total de retención = 10.8 m<sup>3</sup> / 0.004 m<sup>3</sup>/seg = 2700 seg

= 45 minutos, >10 minutos (tiempo de contacto recomendado por el laboratorio)

Para un volumen útil es de 10.8 m<sup>3</sup> suficiente para lavar dos filtros y garantizar el tiempo de retención mínimo de 10 minutos recomendado por el laboratorio.

**Tratamiento de lodos:**

Los lodos producidos por la planta, retirados del floculador y sedimentador mediante purgas, así como el lavado del filtro, deben ser dispuestos finalmente en forma adecuada, y acorde con las disposiciones actuales con respecto a los residuos sólidos, por tal razón el lodo fluido debe ser concentrado y secado, en cámaras dispuestas para tal fin.

El criterio para seleccionar el número de lechos de secado se basa en establecer rutinas prácticas para la operación, y teniendo en cuenta el terreno disponible, se define utilizar tres (3) cámaras de secado de tal manera que un lecho recibe lodo fresco, uno está en percolación uno más deshidratado.

Se definen tres cámaras idénticas, de operación en paralelo, de las siguientes dimensiones:

Largo = 7.00 m

Ancho = 2.50 m

Altura = 1.30 m

Máximo nivel de llenado = 1.15 m

Volumen total = 25.5 m<sup>3</sup>

Volumen de recepción = 22.5 m<sup>3</sup>

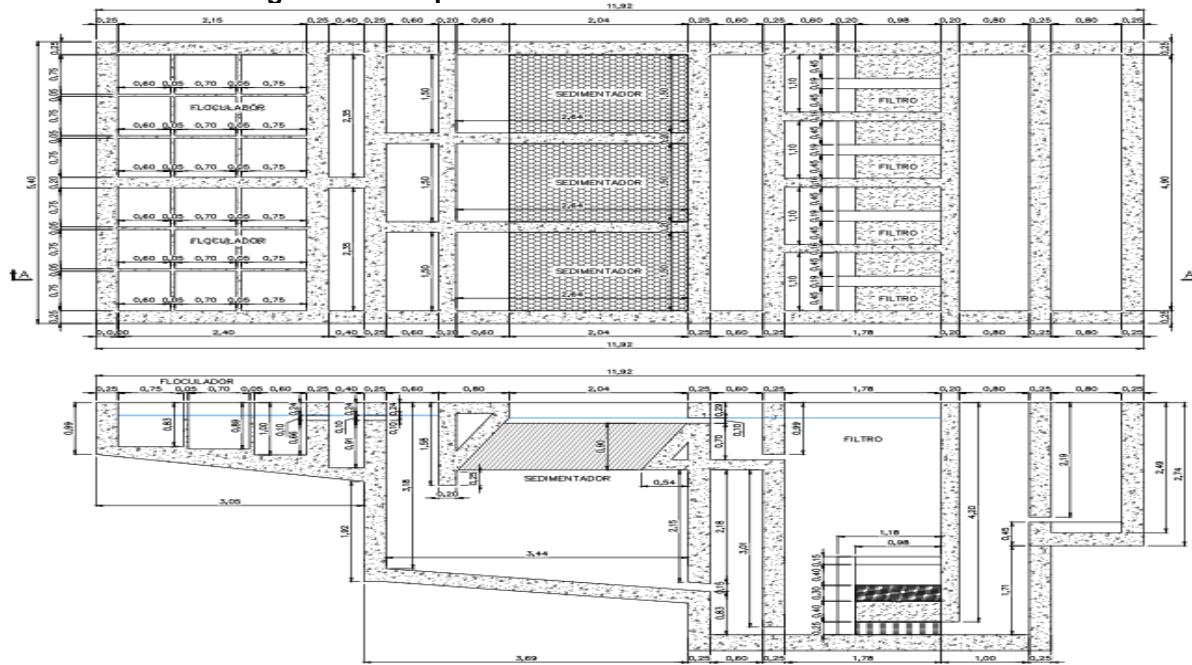
La capacidad de los lechos de secado es bastante mayor a la cantidad de lodos generados por el sedimentado, lo cual garantiza su operación.

Tanto el tanque de contacto para desinfección, como los lechos de secado, son estructuras comunes para todas las alternativas de tratamiento por tanto el dimensionamiento solo se presentara en esta alternativa pero se ubicaran en cada uno de los planos de alternativas.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-13 Esquema De PTAP Convencional En Concreto**



**Fuente: Consultoría**

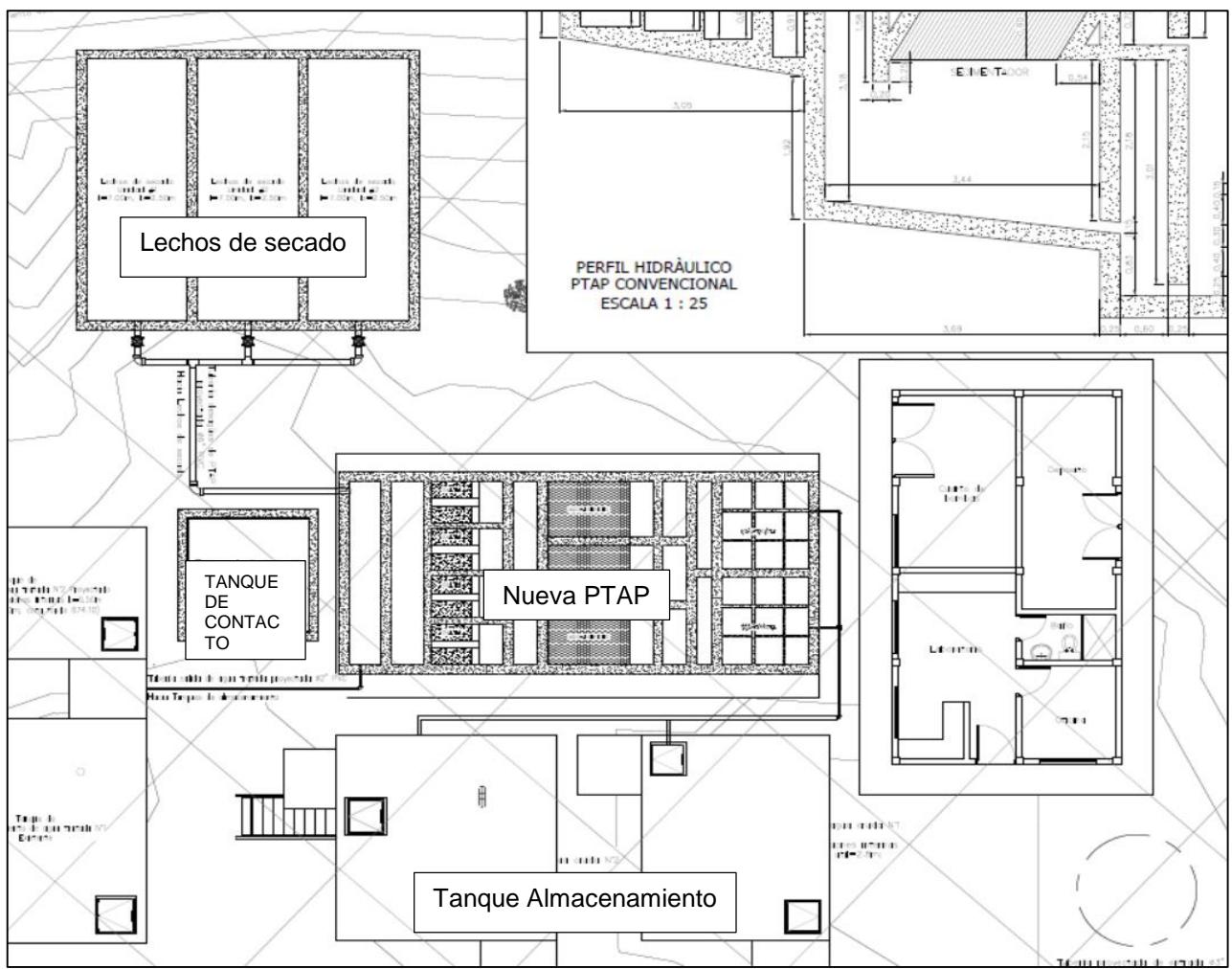
La implementación de un sistema convencional de tratamiento de las aguas de Tobia considera los siguientes aspectos:

- Se puede utilizar el predio actual. Requiere para la PTAP un espacio de 7 m x 14 m el cual es suficiente demoliendo la PTAP existente. Se debe tener en cuenta que se requiere un espacio adicional para la caseta de operación, laboratorios y bodegas.
- Se debe demoler la planta existente para implantar la PTAP convencional.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-14 Ubicación De La PTAP Convencional En Concreto**



Fuente: Consultoría

Teniendo en cuenta que la planta de tratamiento de agua potable de tipo convencional se puede construir tanto en concreto como en acero al carbón, a continuación se realiza una comparación entre los materiales técnicamente viables donde se muestran las ventajas y desventajas de un material sobre el otro, para lograr determinar el material más conveniente

**Tabla 6-4 Evaluación de material PTAP convencional**

Aspecto	Concreto	Acero
Constructivos	El concreto es un material ampliamente conocido por el personal de la zona y no requiere por tanto personal especializado que no se consigue en la zona.	El acero es un material de muy buena resistencia, pero requiere de protección especial como pinturas y epóxicos aprobados para contacto con agua para consumo

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

	<p>El concreto es un material robusto que no requiere protección especial contra ataques por parte del agua. El tiempo de ejecución de las obras es similar al del acero. Los materiales para el concreto tienen facilidad de acceso al sitio de la planta, lo cual facilita y disminuye costos.</p>	<p>humano para evitar corrosión de los elementos metálicos. Esta protección requiere recuperación periódica con el fin de poder asegurar la misma durabilidad del concreto. Tiene flexibilidad constructiva para piezas pequeñas, es factible realizar la construcción de piezas modulares en taller los que acelera la instalación, y reduce los tiempos de intervención. Sin embargo requiere de personal especializado para su montaje, las soldaduras deben ser certificadas para garantizar la estanqueidad. Teniendo en cuenta que las piezas prefabricadas serán de tamaños considerables y el acceso al predio de la planta es restringido la construcción de la planta en este tipo de material no es factible. Se requiere personal especializado que no se encuentra en la zona y por tanto eleva los costos de instalación.</p>
Operación	<p>La alta resistencia de los elementos de concreto permite la aplicación de agua a presión, lavado con elementos metálicos como escobillas sin perder sus propiedades ni sufrir deterioro.</p>	<p>Los elementos metálicos son de perfiles delgados y por tanto se requiere de pasarelas metálicas para poder realizar los recorridos y pruebas durante la operación de la planta.</p>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

		La estructura y sus pinturas de protección pueden sufrir afectación por utilización de elementos metálicos durante la limpieza o por golpes con elementos externos y su reparación requiere de mano de obra calificada que normalmente no se consigue en la localidad.
Mantenimiento	Requiere mantenimiento preventivo mínimo como lavado de paredes y pisos e inspección de estaturas. En caso de requerirse algún tipo de reparación se puede realizar con materiales locales y mano de obra local.	Requiere un mantenimiento preventivo más intensivo como lavado de paredes y pisos con una mayor periodicidad. Adicionalmente se debe realizar periódicamente una aplicación pintura epóxica para proteger el acero de los agentes externos, en caso de requerir reparaciones locativas es necesario que se realicen por personal calificado.

Fuente: Consultoría

Una vez desarrollada la memoria de cálculo hidráulico de la alternativa, de la cual se deriva en forma técnica, el dimensionamiento y geometría correspondientes a la Planta de Tratamiento de Agua Potable, específicamente para el centro poblado de Tobia Cundinamarca, se hace un comparativo en las diferentes características de los materiales comerciales, viables para la construcción de dicha estructura, a saber:

Las premisas establecidas son las siguientes:

- Respeto irrestricto al diseño hidráulico y de proceso.
- Materiales seleccionados Concreto, Acero,
- Dificultad en el acceso al sitio de instalación.
- Utilizar mano de obra local
- Vida útil superior a 25 años
- Facilidad en la operación y supervisión.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

- Se cuantifica cada componente que depende del material seleccionado, con un calificación de 1 a 3, siendo 3 el valor mas favorable y 1 el mas desfavorable, de esta forma el material más adecuado para la construcción de la PTAP convencional el que obtenga la mayor calificación.

<b>Características que pueden afectarse por el tipo de material.</b>	<b>Materiales comerciales posibles</b>	
	<b>Concreto</b>	<b>Acero</b>
Construcción in situ. (3= posible; 2= relativa; 1= prefabricado)	3	2
Facilidad de acceso de materiales (3=manual fácil; 2= grúa y acceso; 1= No disponible)	3	2
Uso mano de obra de la zona (3= posible; 2=técnicos calificados; 1=No)	3	2
Facilidad constructiva (3=muy fácil; 2=requiere supervisión; 1=solo especialistas)	2	1
Tiempo de ejecución (3=corto; 2= mediano; 1=demorado)	1	2
Tiempo de vida útil (3= muy largo; 2= mediano, 1= corto)	3	2
Mantenimiento (3=mínimo; 2=frecuente; 3= riguroso)	3	2
Facilidad en el mantenimiento (3=fácil; 2= dispendioso; 1= difícil)	3	3
Robustez estructural (3= alta; 2=media; 1= baja)	3	3
Resultado en la operación (3=bueno; 2=regular; 1=malo)	3	3
Facilidad en la supervisión (3=fácil; 2= dispendioso; 1=difícil)	3	3
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>25</b>

Teniendo en cuenta lo anterior, la mejor alternativa de material para la construcción de la planta convencional es el concreto por la facilidad de transporte de los materiales, disposición y manejo en obra, adicionalmente a las ventajas operativas, de mantenimiento y vida útil, pues requiere menor infraestructura para su operación, menor mantenimiento preventivo en cuanto a periodicidad y mano de obra calificada. Por tanto la comparación con las demás alternativas propuestas se realizará con una PTAP convencional en concreto.

#### 6.4.4.3.2 PTAP Convencional Prefabricada – Convencional Modular en PRFV

Nota: Al igual que en el pre dimensionamiento de la PTAP Convencional en concreto se

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

adoptan dos módulos de 1.7 l/s de los cuales en los siguientes párrafos se presenta la descripción correspondiente. Cabe anotar, como se indicó con anterioridad que las operaciones unitarias de mezcla rápida, la dosificación, la desinfección y el tratamiento de lodos son comunes a los tres tipos de tratamiento por lo cual no se dimensionan en esta alternativa. Los costos de construcción de estas estructuras no están contémplados dentro del análisis comparativos.

El sistema de tratamiento, también puede construirse con plantas fabricadas industrialmente, con módulos de tratamiento, que tiene la ventaja de la versatilidad y facilidad de montaje.

Como parte de los prediseños se consultaron algunos proveedores de plantas compactas con características que varían según el fabricante, sin embargo, que son dimensionadas por el fabricante para el cumplimiento de los requisitos de tratamiento. (Cabe anotar, que el dimensionamiento de estos equipos corresponde al “know-How” del fabricante y no es posible presentarlo por parte de la consultoría). Se resalta que en las cotizaciones presentadas los proveedores certifican la calidad del agua tratada con los equipos que ellos suministran.

**Tabla 6-5 Pre dimensionamiento de una PTAP Modular prefabricada en PRFV**

	1.70 l/S	3.50 l/s
<b>TANQUE FLOCULADOR</b>		
Cantidad	1 Un	1 Un
Tipo	Cox de seis cámaras	Cox de seis cámaras
Geometría	Cilindro con seis compartimientos de sección tipo porción de pizza	Cilindro con seis compartimientos de sección tipo porción de pizza
Diámetro	1,1 m	1,1 m
Alto	3.50 m	3.50 m
Volumen útil	6.3m <sup>3</sup>	6.3m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	30'	30'
Gradiente de velocidad	90-20s-1 (a lo largo de las 6 cámaras)	90-20s-1 (a lo largo de las 6 cámaras) <sup>10</sup>
Ø de entrada	6"	6"
Salida	Laminar	Laminar
Tipo de flujo	Vertical	Vertical
<b>TANQUE SEDIMENTADOR</b>		
Cantidad	1 Un	1 Un

<sup>10</sup> El proveedor no entrega un gradiente medio para la estructura, ya que esta está diseñada iniciando con un gradiente de 90 s-1 y finalizando con un gradiente de 20 s-1, asegurando a linealidad de disminución del gradiente a lo largo de las 6 cámaras de la estructura, con el fin de garantizar la formación del floc.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Diámetro interno	1.2 m	1.7 m
Alto total incluidas patas	3.5 m	4.0 m
Entrada	8"	10"
Salida	Flujo laminar	Flujo laminar
Tipo de sedimentación	alta tasa con módulos de 1.04m de altura	alta tasa con módulos de 1.04m de altura
Tipo de flujo	Laminar	Laminar
Carga superficial	135 m3/día/m2	135 m3/día/m2
<b>FILTRO</b>		
Cantidad	1 Un	1 Un
Caudal	1.7lps	3.5lps
Diámetro	1.20m	1.70m
Altura filtro	3,0 m	3,0 m
Ø entrada	4"	4"
Ø salida	4"	4"
Altura lecho filtrante	0,80 m	0,80 m
Medio filtrante	Grava, arena y antracita	Grava, arena y antracita
Tipo de filtración	Media	Media
Carrera de filtración	130m3/día/m2	135m3/día/m2
Tipo de flujo	Descendente	Descendente
Tipo de lavado	Manual	Manual
Material	Fibra de Vidrio	Fibra de Vidrio
<b>DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS</b>		
Cantidad	3Un	5Un
Volumen cada tanque	500 L	500 L
Tipo de dosificación	Eléctrica	Eléctrica
Sistema	Diafragma	Diafragma
Marca	Emec o similar	Emec o similar
Caudal	8.0LPH	8.0LPH
Voltaje	<b>110VAC</b>	<b>110VAC</b>
Productos químicos	PAC, CAL e Hipoclorito de calcio	PAC, CAL e Hipoclorito de calcio

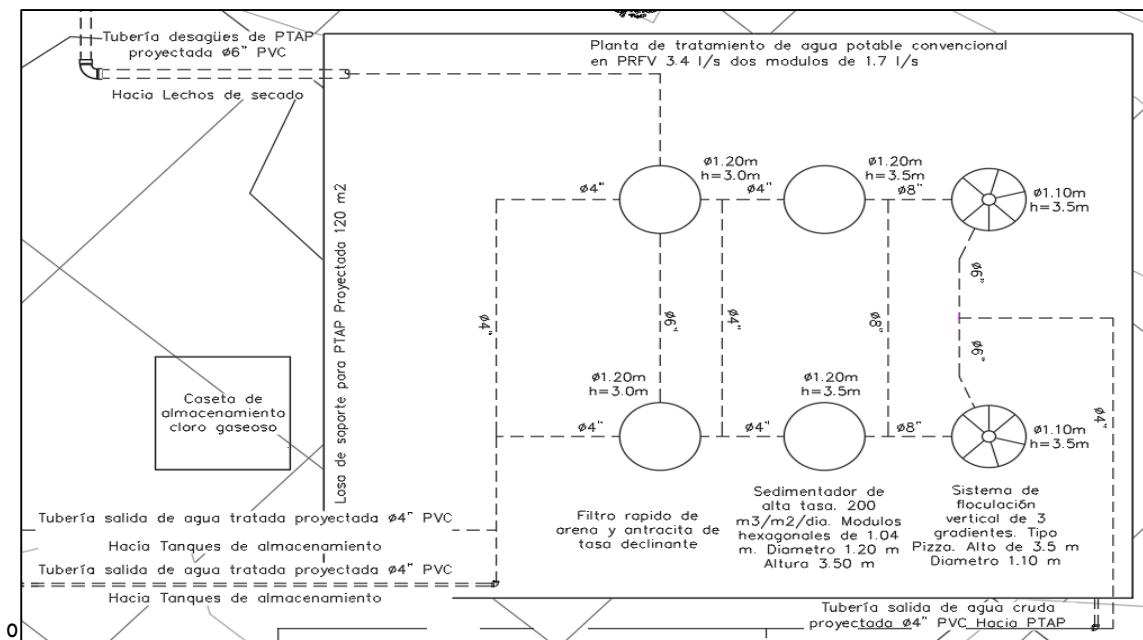
**Fuente: Consultoría**

En el anexo 5.6 se presentan las características de las plantas prefabricadas consultadas a diferentes proveedores.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

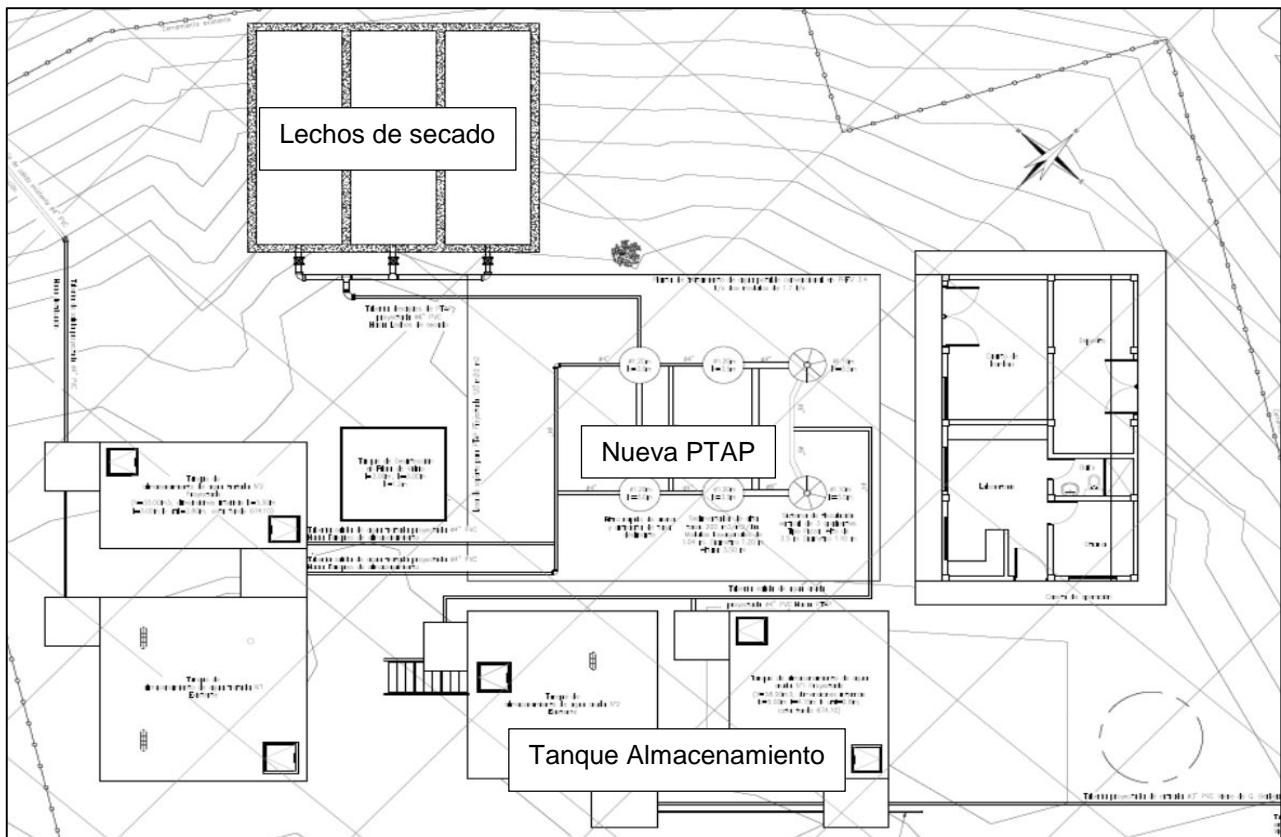
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-15 Esquema De PTAP Convencional En PRFV**



Fuente: Consultoría

**Figura 6-16 Ubicación De La PTAP Convencional Modular en PFRV**



Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Para el dimensionamiento de estas estructuras, se efectuaron cotizaciones a diferentes proveedores las cuales se anexan a este documento. Las dimensiones generales y los procesos unitarios de la PTAP dependen básicamente de la tecnología que el proveedor posea para la construcción de sus módulos. De esta forma se presentan anexos las especificaciones generales de dos proveedores presentan para este tipo de plantas.

#### 6.4.4.3.3 PTAP Prefabricada - COMPACTA

Las plantas compactas, construidas en PRFV permiten efectuar los procesos de tratamiento en módulos compactos que realizan en un solo tanque los procesos unitarios de tratamiento, es decir, puede verse en un solo tanque la mezcla lenta y la floculación y en tanques complementarios la filtración. La filtración puede ser con filtros a presión o filtros cerrados.

Estas plantas compactas se ofrecen en modelos de hasta 2.2 l/s, más pequeños, pero pueden colocarse modularmente para obtener el caudal de tratamiento requerido. En el caso de Tobia, se requerirán tres Plantas compactas de 1.7 l/s cada una en dos trenes de tratamiento (Dos operativos y uno adicional de respaldo), como se muestra en el esquema.

Este tipo de sistemas brinda la posibilidad de obtener agua potable según resolución 2115 de 2007 con gran contabilidad; son ideales para abastecer a comunidades pequeñas, medianas y grandes.

Consiste de manera general en un proceso físico-químico convencional el cual se enfoca en la remoción de sólidos suspendidos y algunos coloides presentes en el agua cruda y una desinfección que garantice eliminación de material patógeno; este tipo de sistemas es capaz de sortear altas variaciones y baja calidad en la fuente de suministro que alimenta el sistema. Para potabilizar a este tipo de aguas, se presenta un sistema de tratamiento que de forma general consiste en:

- Floculación - sedimentación de manto de lodos (FSML)**

Esta unidad es un tanque vertical con una zona inicial que brinda diferencialmente, la mezcla rápida, en la que se lleva a cabo el proceso de coagulación y en donde también se propicia la mezcla suave y lenta, que logra que las partículas diminutas coaguladas, sean puestas en contacto unas con otras y, mediante agitación lenta prolongada, se aglomeren, incrementen su tamaño y adquieran mayor densidad, favoreciendo la sedimentación.

Finalmente posee una zona que favorece la formación de un manto de lodos, proporcionando al agua un proceso dinámico de sedimentación. Este último proceso es maximizado y potenciado en una zona de sedimentación acelerada, que garantiza una alta eficiencia y facilidad en la operación y mantenimiento.

- Filtración descendente**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Se proyecta una batería de filtración descendente, haciendo uso de un lecho filtrante mixto, compuesto de arena y antracita.

**• Desinfección**

Por último, se realiza el proceso de desinfección, éste tiene como finalidad eliminar o inactivar microorganismos tales como bacterias, virus y protozoos. Impidiendo el crecimiento de agentes patógenos. La desinfección tiene como objetivo garantizar la calidad del agua procurando que sea inocua para la salud del consumidor.

Para efectos de diseño, las principales variables de calidad y los valores óptimos de operación de estos sistemas de tratamiento son:

**Figura 6-17 parámetros de diseño PTAP PRFV**

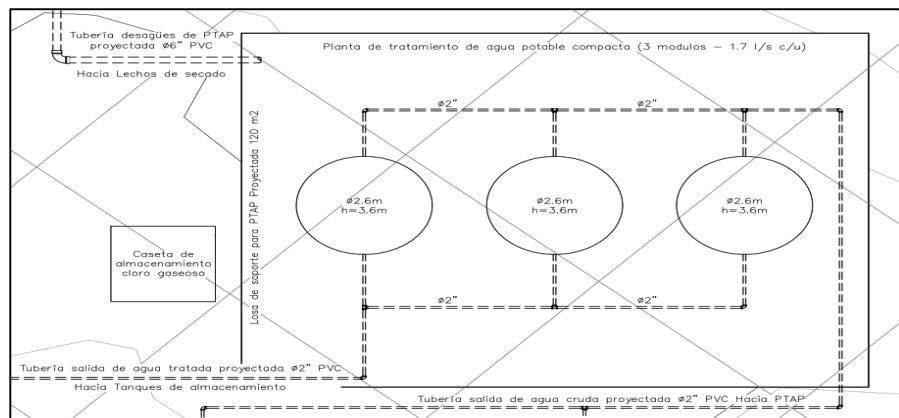
Parámetro	Valor	Valor max. Res 2115	Parámetro	Valor	Valor maxi Res 2115
Turbiedad	<150,0 UNT*	2,0 UNT	pH	5,0 - 9,0	6,5 y 9
Dureza total	<300 mg/L CaCO3	300 mg/L CaCO3	Color real	<40 UPC*	15,0 UPC
Nitratos	<10 mg/L NO3	10 mg/L NO3	Alcalinidad	<200 mg/L CaCO3	200 mg/L CaCO3
DBO5	<4 mg/L	5 mg/L	Sulfatos	<250 mg/L	250,0 mg/L
Cloruros	<150 mg/L	250,0 mg/L	Conductividad	<1000 Us/cm	1000 Us/cm
Hierro	<0,3 mg/L	0,3 mg/L	Nitritos	<0,1 mg/L NO2	0,1 mg/L NO2
Manganesco	<0,1 mg/L	0,1 mg/L	Antimonio	<0,020 mg/L	0,003 mg/L
Arsénico	<0,010 mg/L	0,01 mg/L	Cadmio	<0,003 mg/L	0,003 mg/L
Bario	<0,700 mg/L	300,00 mg/L	Cobre	<1,000 mg/L	1,00 mg/L
Cianuro libre	<0,050 mg/L	0,05 mg/L	Cromo total	<0,050 mg/L	0,05 mg/L
Mercurio	<0,001 mg/L	0,001 mg/L	Niquel	<0,020 mg/L	0,02 mg/L
Plomo	<0,010 mg/L	0,01 mg/L	Selenio	<0,010 mg/L	0,01 mg/L
Trialometanos totales	<0,200 mg/L	0,20 mg/L	Hidrocarburos arómaticos policíclicos	<0,010 mg/L	0,01 mg/L
Cárbono orgánico total	<5,000 mg/L	5,00 mg/L	Floruros	<0,100 mg/L	0,10 mg/L
Calcio	<0,200 mg/L	0,20 mg/L	Aluminio	<0,100 mg/L	0,10 mg/L
Magnesio	<0,100 mg/L	0,10 mg/L	Molibdeno	<0,050 mg/L	0,05 mg/L
Zinc	<3,000 mg/L	3,00 mg/L	Fosfatos	<0,220 mg/L	0,22 mg/L

**Fuente: Consultoría ficha técnica Eduardoño**

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

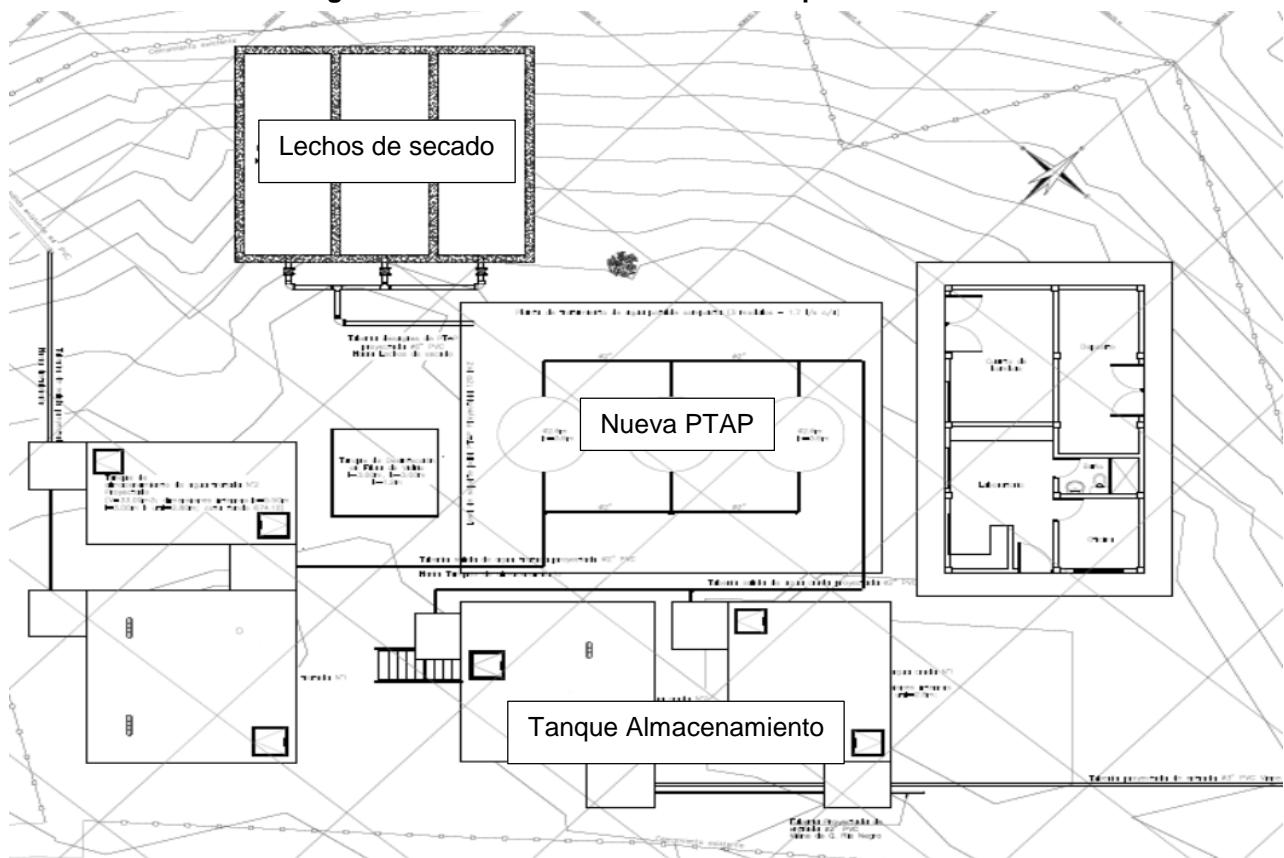
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-18 Esquema De PTAP Compacta En PRFV**



Fuente: Consultoría

**Figura 6-19 Ubicación de La PTAP Compacta en PRFV**



La implementación de este sistema convencional de tratamiento considera los siguientes aspectos:

- Requiere de un espacio de 10 x 12 m en el sitio en donde se ubica la PTAP existente.
- El sistema de tratamiento puede ser construido en fibra de vidrio (PRFV) dada su

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

facilidad de montaje

- La ubicación general en el predio se muestra a continuación:

De igual forma, que para las plantas compactas modulares se presentan en el ANEXO 5.6 las cotizaciones provenientes de los proveedores de este tipo de plantas de tratamiento.

En el anexo 5.5 se presentan los planos del pre dimensionamiento de las alternativas planteadas.

#### *6.4.4.4 Evaluación de la conveniencia y aplicabilidad del Sistema de Tratamiento*

Se considera procedente el análisis comparativo de ventajas y desventajas de las diferentes posibilidades contempladas para implementar en el proyecto, esto con el fin de realizar una depuración de las diferentes posibilidades y proceder posteriormente en la etapa de diseño a desarrollar el sistema que se preseleccione.

Para el planteamiento de las alternativas se tiene a consideración lo estipulado en la resolución 330 de 2017, en donde se especifica lo siguiente:

**ARTÍCULO 13. Formulación y análisis de alternativas de proyectos.** Se deberán formular las alternativas de proyectos, que permitan dar solución a los problemas, objetivos y metas identificados en el artículo anterior, desde el punto de vista técnico, a nivel de pre dimensionamiento. El análisis debe tener en cuenta la gestión de riesgos y la gestión ambiental, revisar los aspectos financieros, económicos y sociales que permitan determinar la viabilidad del respectivo proyecto. Como resultado se obtendrá como mínimo el documento de pre-diseño acompañado de los planos y memorias respectivas de los proyectos de infraestructura.

Como lo indica, el artículo 13, en este documento se presentan las evaluaciones y pre-dimensionamiento de los sistemas de tratamiento disponibles en el mercado los cuales se acompañaron de los esquemas y cálculos necesarios que permiten establecer el costo aproximado de las obras (Ver Numeral 6.4.4.3 de este documento).

**ARTÍCULO 14. Comparación de alternativas y selección de alternativa viable.** La comparación de alternativas deberá considerar los aspectos económicos, técnicos, sociales, ambientales, financieros, de riesgo y permisos. La selección de alternativas deberá estar soportada como mínimo en los siguientes criterios:

**Criterios de sostenibilidad económica.** Se deberá analizar la disponibilidad de recursos y/o el análisis de viabilidad para la operación y el mantenimiento de los proyectos, con el fin de garantizar la utilización de los mismos. De igual forma, deberá tenerse en cuenta los costos ambientales asociados a los proyectos, valores a cancelar a la autoridad ambiental competente por concepto de estudios de evaluación y seguimiento de permisos o licencias ambientales, inversiones para la recuperación, conservación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica que alimenta la fuente hídrica, tasas retributivas, compensatorias y por utilización del agua y por vertimientos a las fuentes hídricas, costos del manejo de lodos y otros sub-productos resultantes del tratamiento de aguas, entre otros.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Aunque se desconoce la disponibilidad de recursos, la evaluación se encamina a obtener el costo mínimo en las inversiones y en las alternativas que se proponen se tiene en cuenta el costo de los procesos de tratamiento y costos operativos (Energía, personal e insumos) que se asocien.

**Criterios de sostenibilidad técnica.** Deberá considerarse la capacidad técnica de la entidad responsable de la ejecución e implementación del proyecto, así como la disponibilidad de recursos, materiales, mano de obra, repuestos y demás elementos para el funcionamiento de los sistemas.

Los parámetros establecidos para la evaluación de alternativas que se presentan más adelante en este documento tienen en cuenta estas recomendaciones del MVCT.

**Criterios de sostenibilidad ambiental.** Durante la planeación de los proyectos del sector deberá buscarse su sostenibilidad ambiental, mediante la implementación de medidas que permitan armonizar la ejecución de los proyectos con el medio ambiente. Para esto, deberá implementarse como mínimo las medidas de sostenibilidad ambiental tales como:

- *Protección de las fuentes hídricas: La selección de las fuentes hídricas a utilizar para proyectos del sector deberá realizarse teniendo en cuenta lo establecido en el plan de ordenamiento del recurso hídrico expedido por la autoridad ambiental competente, vigente para el área de influencia del proyecto.*
- *Optimización de recursos y minimización de contaminantes: La comparación de alternativas deberá realizarse teniendo en cuenta el análisis del ciclo de vida de los proyectos, de tal forma que pueda escogerse la alternativa de mejor desempeño en término de demanda de recursos naturales y de generación de contaminantes.*
- *Los proyectos de tratamiento de aguas residuales deberán buscar la optimización en el manejo y/o aprovechamiento de sub-productos. Criterios de gestión de riesgos. Identificación de amenazas y vulnerabilidad, tales como inundaciones, deslizamientos, sismicidad, para plantear las medidas o las obras de mitigación de riesgos correspondientes.*

Los parámetros establecidos para la evaluación de alternativas que se presentan más adelante en este documento tienen en cuenta estas recomendaciones del MVCT.

**Criterios de sostenibilidad social.** El desarrollo de los proyectos del sector deberá contar con estudios relacionados con la aceptabilidad del proyecto, incluyendo el análisis de los patrones socio-culturales de las poblaciones involucradas frente a las alternativas planteadas. Para esto deberá involucrarse a las poblaciones atendidas durante la etapa de planteamiento del proyecto, con el fin de obtener información oportuna que pueda incidir en la toma de decisiones del proyecto.

*Metodología de selección de la alternativa más favorable. El planificador deberá seleccionar la mejor alternativa con base en criterios de sostenibilidad, a partir de la evaluación de los aspectos económicos, técnicos, ambientales y sociales mencionados en el presente artículo; para lo cual deberá emplear metodologías que impliquen la mínima subjetividad de valoración y el menor costo de inversión, operación y mantenimiento. La definición de variables y los valores de ponderación en la selección de la alternativa más favorable deberá evaluarse mediante el empleo de matrices de selección multicriterios.*

En este aspecto en particular, la consultoría ha socializado el proyecto con la gestora del proyecto, la empresa de servicios públicos y en general con la comunidad interesada, es decir que dentro del planteamiento de las alternativas se ha tenido en cuenta el requerimiento de las partes involucradas, especialmente el de la comunidad.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

De acuerdo con lo anterior se establecieron los criterios de ponderación y evaluación de las alternativas de tratamiento planteadas los cuales se presentan a continuación.

**Tabla 6-6 Ponderación Para La Selección Del Sistema De Tratamiento**

Criterio de evaluación	Descripción	Ponderación del criterio
<b>Complejidad constructiva del sistema de tratamiento</b>	Se planteada desde el punto de vista constructivo la dificultad de construcción, duración de la obra y flexibilidad.	En una escala de 1 a 5. Se asigna el mínimo puntaje a aquella alternativa que presente dificultades de construcción y hasta 5 puntos cuando las facilidades de construcción permiten construir rápidamente.
<b>Confiabilidad del sistema</b>	Referido a la dependencia de elementos electromecánicos, procesos y tecnologías desconocidas y poca flexibilidad para efectuar cambios.	En una escala de 1 a 5. Se asigna el mínimo puntaje a aquella alternativa que presente las condiciones menos favorables en este aspecto.
<b>Facilidad operativa y mantenimiento</b>	Complejidad operativa y requerimientos de mantenimiento.	En una escala de 1 a 5. Se asigna el mínimo puntaje a aquella alternativa que presente las condiciones menos favorables en este aspecto.
<b>Requerimiento costos de operación y mantenimiento</b>	Uso de equipos electromecánicos en inversiones referidas a la inversión inicial y los costos de O&M	En una escala de 1 a 5. Se asigna el mínimo puntaje a aquella alternativa que presente las condiciones menos favorables en este aspecto.
<b>Ambientales y Sociales</b>	Este criterio considera los impactos negativos y/o positivos que la alternativa puede tener sobre el entorno integral de la zona de influencia del proyecto, abarcando los aspectos ambientales y sociales de la solución frente a su formulación final	En una escala de 1 a 5. Se asigna el mínimo puntaje a aquella alternativa que presente las condiciones menos favorables en este aspecto.
<b>Riegos</b>	Este criterio abarca, la sensibilidad de la	En una escala de 1 a 5. Se asigna el mínimo puntaje a

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

	alternativa sobre cualquier eventualidad funcional que pueda ocurrir durante la operación del sistema, el primer punto apunta a la vulnerabilidad frente a daños y colapso del sistema	aquella alternativa que presente las condiciones menos favorables en este aspecto.
--	--	--

Es importante aclarar que, aunque el análisis es altamente subjetivo pero suficiente para descartar aquellas alternativas que no cumplan con los criterios de sostenibilidad requeridos. Esto a nivel de factibilidad de implementación de uno u otro sistema.

Bajo este criterio se evalúan los aspectos generales que contemplan el orden de elegibilidad de las alternativas y permiten acercarse de una manera más objetiva a una solución adecuada. En la tabla se muestra la evaluación de las posibles alternativas que conformaran el sistema de tratamiento de agua para el acueducto de Tobia.

**Tabla 6-7 Evaluación Del Sistema De Tratamiento Para El Acueducto De Tobia**

Aspecto Evaluado	PLANTA CONVENCIONAL EN CONCRETO	PLANTA CONVENCIONAL MODULAR PRFV	PLANTA COMPACTA PRFV
<b>Complejidad constructiva del sistema de tratamiento</b>	La construcción de la planta no presenta dificultades importantes, excepto por el floculador debido a las dimensiones mínimas de dicha estructura. El tiempo de ejecución en comparación de otras alternativas es un poco mayor, sin superar los plazos establecidos.	Representa un bajo nivel de dificultad pues solo se requiere la construcción de la placa base en concreto, donde se montarán las estructuras prefabricadas de fibra de vidrio. Sin embargo, la utilización de este tipo de material requiere profesional especializado taller como en campo.	Representa un bajo nivel de dificultad pues solo requiere la construcción de la placa base en concreto, donde se montarán las estructuras prefabricadas. Sin embargo, el montaje de este tipo de plantas compactas requiere de profesional especializado.
Puntaje complejidad constructiva	3	4	4

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>Confiabilidad del sistema.</b>	<p>La planta es funcionamiento hidráulico por lo que la confiabilidad de operación es alta, excepto en la dosificación ya que se requieren equipos de dosificadores, ante lo cual se plantea el montaje de dos equipos para uno en operación y uno standby.</p> <p>En cuanto al material es el mas resistente a agentes externos y a las condiciones climáticas variables y su diseño monolítico permite tener un factor de seguridad en los eventos naturales. El material es resistente a golpes y su reparación y mantenimiento es fácil y no requiere mano de obra especializada.</p>	<p>La planta de funcionamiento hidráulico por lo que la confiabilidad de la operación es alta. Requiere bombeo para la dosificación de químicos. El sistema es muy versátil puesto que se pueden incorporar o cambiar unidades prefabricadas para cambiar o complementar la operación.</p> <p>En cuanto al material es mas vulnerable a agentes externos y su reparación y mantenimiento requiere mano de obra especializada.</p>	<p>La planta de funcionamiento hidráulico, no muy versátil pues el sistema es compacto y no se presta para modificaciones para su operación. La planta depende de energía para su operación y requiere bombeo en la dosificación de químicos.</p> <p>En el momento de avería de alguna unidad se interrumpe el tratamiento por completo, por lo que el sistema es más vulnerable</p>
<b>Puntaje confiabilidad</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>Facilidad Operativa y mantenimiento.</b>	<p>Únicamente requiere labores propias de lavado periódico de unidades, es de fácil operación, ajustable de acuerdo a la calidad del agua cruda. Es el material mas resistente y requiere poco mantenimiento. Su reparación y mantenimiento es facil y no requiere mano de obra especializada.</p>	<p>Requiere labores propias de lavado de unidades. Es de fácil operación, ajustable de acuerdo a la calidad del agua cruda. En cuanto a mantenimiento, este tipo de material requiere un mantenimiento preventivo para proteger de agentes externos y para reparaciones se requiere de mano de obra especializada.</p>	<p>Requiere labores propias de lavado, y corresponde a un proceso interno dentro del funcionamiento del sistema, por lo que debe realizarse con personal capacitado, lo cual para poblaciones como Tobia puede ser complejo pues la rotación de personal afecta dicha capacitación. Este tipo de plantas no es muy flexible ante las operaciones del sistema y no se puede deshabilitar una parte de los procesos en caso de requerirse, por lo que cualquier operación detiene el tren de tratamiento. Es por esta razón que se debe tener una unidad completa adicional como en los sistemas de bombeo.</p>
<b>Puntaje operación y mantenimiento</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Costos de operación y mantenimiento.	<p>La inversión total para la nueva planta es de \$331.552.000, costo directo.</p> <p>No requiere de energía eléctrica, excepto para los equipos de dosificación.</p> <p>Los costos de operación de la PTAP se consideran iguales para las tres alternativas, sin embargo esta planta por su material no requiere de mantenimiento preventivo, lo cual la hace más económica.</p>	<p>La inversión total para la nueva planta es de \$323.822.919, costo directo.</p> <p>No requiere de energía eléctrica, excepto para los equipos de dosificación.</p> <p>Los costos de operación de la PTAP se consideran iguales para las tres alternativas, sin embargo, este tipo de material requiere inversión posterior para mantenimientos preventivos lo cual eleva los costos de mantenimiento comparada con la convencional en concreto.</p>	<p>La inversión es de \$278.267.055 para una línea, sin embargo este tipo de PTAP requiere de energía para su operación y adicionalmente se recomienda tener un tren de alternancia para su operación, lo cual duplicaría la inversión a \$556.534.110 convirtiéndola en la alternativa más costosa.</p> <p>Requiere de energía eléctrica para su operación, por lo que los costos de operación son mayores a las otras alternativas.</p>
Puntaje Requerimiento costos	4	4	2
Requerimiento Ambientales	<p>Durante la construcción de ésta alternativa se prevee una alta generación de residuos por los materiales a manejar y por el método de construcción, ya que en el proceso quedan sobrantes de material.</p> <p>Debido al tránsito de volquetas se generan emisiones atmosféricas por la actividad de movilización como tal, así como la emisión de material participado por el tránsito sobre las vías de acceso que se encuentran en afirmado, de igual forma se presenta con el manejo de los materiales en la obra a dónde se genera material particulado.</p>	<p>La generación de residuos es menor respecto de la alternativa 1 a pesar de la construcción de la placa genera RCD, ya que para la estructura de la planta se utilizarán piezas para ensamblar lo cual reduce dicha generación.</p> <p>Las emisiones por el tránsito en las vías en afirmado persiste, sin embargo se reduce teniendo en cuenta que el transporte de materiales es menor.</p>	<p>La generación de residuos en esta alternativa es muy baja, teniendo en cuenta que la planta es un tanque de una sola pieza, por lo cual no se encuentran RCD ni residuos de ensamble, los únicos residuos serán los generados en la construcción de la placa, de esta manera las emisiones atmosféricas también se ven reducidas bien sea por el bajo manejo de materiales de construcción como por el poco tránsito de volquetas.</p>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Requerimiento Sociales	Desde el punto de vista social esta alternativa; representa la mayor incidencia de ocurrencia durante la ejecución de las labores constructivas. Es decir, por el aumento en el tráfico de vehículos de la obra y la continuidad del mismo, se pueden ver afectadas las vías o los predios cercanos a la misma	Se presentan los mismos impactos de la alternativa 1 sin embargo, el tiempo de exposición a cada uno de ellos para con la comunidad logra minimizarlos (se proyecta una duración menor del proyecto al de la alternativa anterior).	Debido a que la metodología de construcción proyecta menos tiempo en el sector y las obras se puntuilan en el terreno; representa una valoración menor de todas las variables presentadas. El tránsito de vehículos se haría de forma esporádica; por lo tanto, no se verán afectadas las infraestructuras privadas ni públicas
	Frente a los impactos de tipo positivo también se magnifican de acuerdo con la duración del proyecto, toda vez que la economía de tipo local se ve activada. Adicionalmente, es generadora de empleos directos e indirectos, lo cual favorecería en gran manera a los pobladores.	En cuanto a las variables positivas, se pueden medir en menor escala que la alternativa anterior, ello no implica que no se presenten para la generación de otro tipo de ingresos o activación de la economía de tipo local.	Los impactos positivos, pueden verse minimizados e incluso cambiar su calificativo a negativo, ya que el área técnica aduce que, este tipo de plantas son muy sensibles durante la operación y se puede afectar la continuidad en la prestación del servicio.
Puntaje requerimiento ambientales y sociales	3	4	3
Requerimiento Riegos	La PTAP convencional es la que presenta menos riesgos desde el punto de vista operativo, sus unidades de tratamiento funcionan hidráulicamente, son muy resistentes a factores externos, tales como las inclemencias del clima, los impactos durante la construcción y/o operación.	La PTAP en fibra funciona hidráulicamente sola, sin embargo es más débil a factores externos comparado con el concreto, puesto que la fibra de vidrio es un material frágil, el cual se puede ver afectado por los impactos, y el clima. Su calidad depende del tipo de materiales que el constructor implemente, lo cual está ligado a la supervisión e intervención del contrato de obra.	Es la PTAP con mayor riesgo puesto que su funcionamiento es monolítico y la falla de alguna de sus partes afectaría la prestación del servicio, adicionalmente es débil frente a factores externos es la más vulnerable,
Total Puntaje	5	2	1
	26	21	13

Fuente. El Consultor

Teniendo en cuenta los criterios de sostenibilidad, operación y facilidades constructivas enunciados el orden de elegibilidad de los sistemas de tratamiento a implementar es el siguiente:

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

1. Plantas convencionales en concreto
2. Plantas convencionales modulares de PRFV
3. Plantas compactas en PRFV

**Tabla 6-8 Evaluación de los costos de inversión y operación**

Costo por m3	Energia kW/h	Sulfato	Polímero	Cloro	Operadores	total
Alt 1	67.10	200	7.2	51.5151	396	721.8213
Alt 2	67.10	200	7.2	51.5151	396	721.8213
Alt 3	68.91	200	7.2	51.5151	396	723.6213

Alternativa	Costo suministro
Alt-1 PTAP convencional Concreto	\$ 331 552 000
Alt-1 PTAP convencional PRFV	\$ 323 822 919
Alt-1 PTAP compacta	\$ 278 267 055

La planta compacta presenta unos costos más bajos comparado con las otras dos, sin embargo, no es recomendable su implementación debido a las deficiencias en los demás criterios de evaluación; por otro lado las dos plantas convencionales tiene unos costos cercanos, aunque la PTAP en fibra de vidrio es 8 millones más económica.

Los costos operativos de las plantas muy similares, la única diferencia radica en que la PTAP compacta requiere un poco más de energía debido a los procesos internos con equipos eléctricos, de acuerdo al análisis preliminar realizado, ya que la dosificación de los compuestos químicos depende del tipo de mezcla a realizar (quebrada –Río negro), y teniendo en cuenta los bajos caudales a tratar conllevan a requerimientos energéticos similares para cualquiera de las alternativas analizadas. En la tabla anterior se muestran los costos operativos, pero estos no son decisivos para la selección de la alternativa.

De lo anterior, puede establecerse que de acuerdo con la evaluación efectuada el sistema recomendado para implementar en el centro poblado de Tobia corresponde a la PTAP de tipo convencional, teniendo en cuenta la cercanía de costos y la evaluación de los diferentes parámetros entre las dos alternativas de planta convencional. Se recomienda como material constructivo para la planta el concreto, debido a su durabilidad, además de ser un material de fácil manipulación y flexible.

Dadas las condiciones propias del centro poblado, que se comporta como sitio turístico con probabilidad alta de crecimiento poblacional y que requiere de infraestructura confiable y de larga durabilidad, adicionalmente la dificultad topográfica de implementar equipos prefabricados, se define la construcción de la planta en concreto; dada la facilidad de transportar en bajas cantidades los materiales necesarios a granel.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

#### 6.4.5 Tanque de Almacenamiento

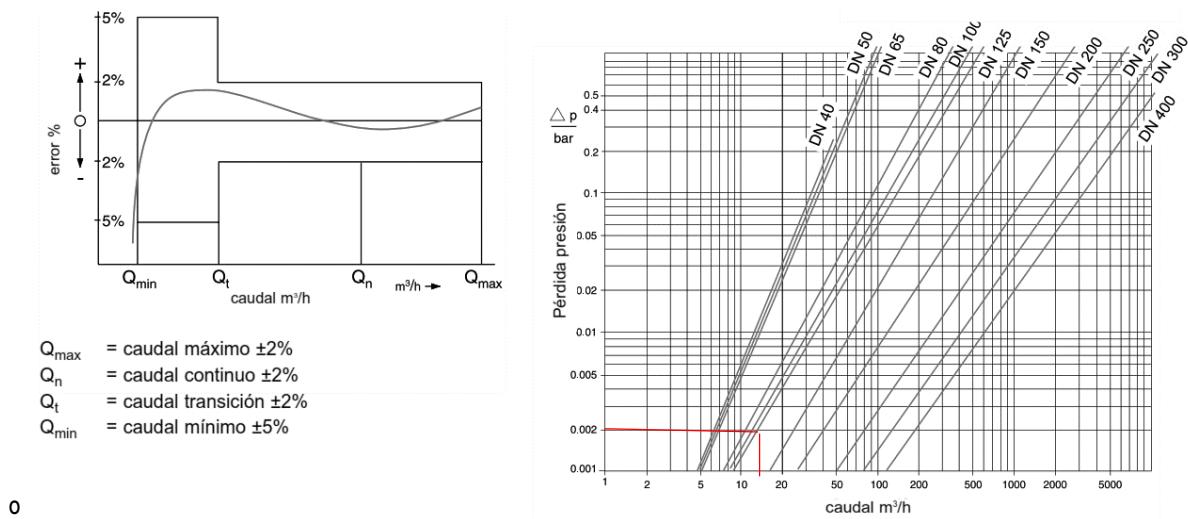
Considerando los problemas encontrados en el numeral en el diagnóstico hidráulico donde se muestra que el almacenamiento de agua del sistema actual ( $155.0 \text{ m}^3$ ), no tiene capacidad para satisfacer la demanda futura del año 2042, tal como se puede, se requiere un almacenamiento adicional de  $55 \text{ m}^3$  de agua para satisfacer la demanda.

Esta alternativa es única para el sistema y su ubicación será en el lote de la planta de tratamiento de agua potable donde se cuenta con el espacio suficiente para la construcción de la nueva estructura

El RAS como manual de buenas prácticas exige un almacenamiento de  $1/3$  de la demanda máxima diaria del final del período de diseño.

En la salida de los tanques de almacenamiento no se cuenta con macro medidor y se propone un macro medidor de tipo turbina, cuyo dimensionamiento se efectúa para el caudal máximo horario del sistema ( $5.45 \text{ l/s} = 12.8 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Para una medidor de  $100 \text{ mm}$  se produce una pérdida de  $0.02 \text{ Bares}$  ( $0.2 \text{ mca}$ ).

**Figura 6-20 Macro medidor Tipo Turbina Para Tanques**



Fuente: Consultoría

#### 6.4.6 Redes De Distribución

Tal como se mencionó en el diagnóstico las redes de distribución del centro poblado cumplen con los diámetros mínimos de acuerdo al RAS y no requieren ningún tipo de intervención, sin embargo, dentro del diseño detallado se realizará una sectorización para dar flexibilidad operativa al sistema.

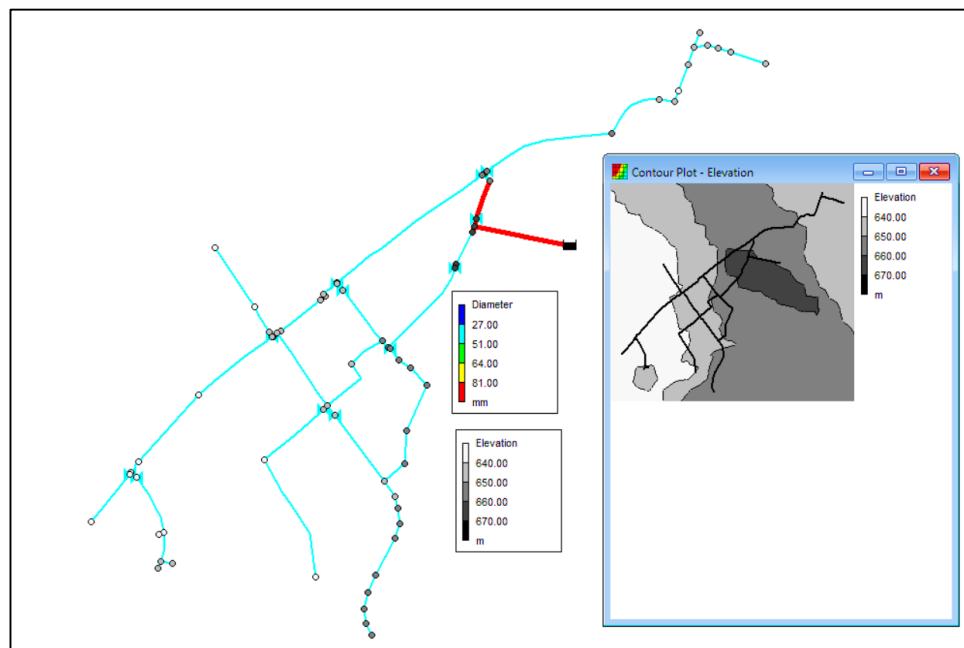
Las redes de distribución se encuentran en su mayoría construidas en tuberías de  $2''$  de diámetro, que corresponde al diámetro mínimo especificado en el RAS. Se observa que la

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

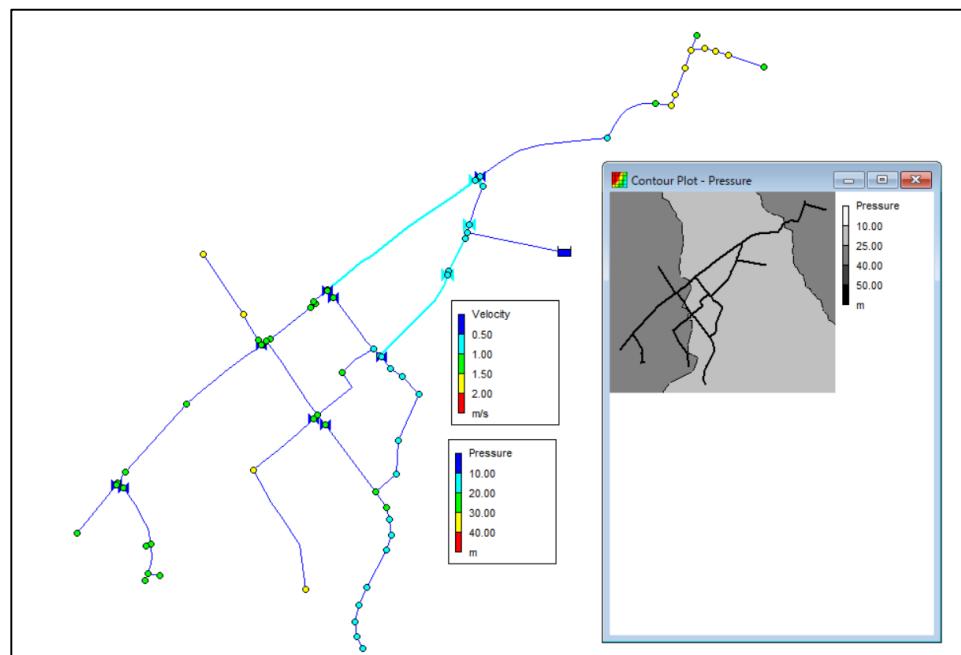
topología de la red permite distribuir el agua a la población. En los siguientes esquemas se muestra, la topología, el comportamiento de presiones y velocidades de la red de distribución.

**Figura 6-21 Topología De La Red De Distribución**



Fuente: Consultoría

**Figura 6-22 Presiones Y Velocidades En La Red**



Fuente: Consultoría

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Puede observarse que la red existente, cumple en cuanto a los rangos de presiones admisibles, sin embargo, las velocidades de flujo son inferiores a los 0.50 m/s en la mayoría de la red.

Las válvulas del sistema son en su mayoría de 2" de diámetro, de tipo compuerta y sello elástico y vástago no ascendente. Se ubicarán válvulas adicionales para el control de toda la red.

## **6.5 RESUMEN Y COMPARACIÓN DE LAS OBRAS DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS**

Con base en lo anterior y para aclarar el planteamiento de alternativas se muestran los resultados del dimensionamiento de las alternativas a continuación:

**Tabla 6-9 Comparación de las Obras por Alternativas**

COMPONENTE	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	OBSERVACIÓN
CAPTACIÓN	Captación quebrada BERBERÍA (Optimización existente).		Elemento diferenciador
FOSO DE BOMBEO	Captación Rio Negro + Bombeo (Nuevo).	Captación Rio negro + Bombeo (Nuevo)	Elemento común
ADUCCIÓN	Optimización Existente – By pass desarenador	N/A	Elemento diferenciador
DESARENADOR	Nuevo en foso de bombeo	Nuevo en Foso de Bombeo	Elemento común
DESARENADOR PTAP-ADUCCION BERBERIA	Renovación /Optimización Aducción BERBERÍA	N/A	Elemento diferenciador
IMPULSIÓN-ADUCCION RIO NEGRO	Línea de impulsión a PTAP	Línea de Impulsión a PTAP	Elemento común
BOMBEO A PTAP	Nuevo Bombeo Rio Negro. Solo en verano	Nuevo Bombeo en rio Negro (3.40 l/s) todo el tiempo	Elemento diferenciador en VPN <sup>11</sup>
TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA CRUDA	Optimizar y ampliar existente	Optimizar y ampliar existente	Elemento común
PTAP – CONVENCIONAL MODULAR COMPACTA	Nuevo	Nuevo	Elemento común
TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA POTABLE	Optimizar y ampliar existente	Optimizar y ampliar existente	Elemento común
RED DE DISTRIBUCIÓN	Sectorización	Sectorización	Elemento común

**Fuente. El Consultor**

Puede observarse de las alternativas planteadas lo siguiente:

<sup>11</sup> La inversión en construcción es similar, se utiliza el mismo equipo de bombeo, pero en la alternativa No 1 la bomba operará solo durante los meses de verano y en la alternativa No 2 el sistema dependerá únicamente del bombeo y operará el 100% del tiempo.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

1. Ambas dan solución integral a la problemática planteada. Dan cubrimiento a la demanda en cumplimiento del artículo 13.
2. Ambas alternativas propenden por la sostenibilidad económica y ambiental en cuanto al máximo aprovechamiento de la infraestructura existente, sin embargo, la alternativa No1, aprovecha al máximo lo existente, mientras que la alternativa No 2 implica un mayor consumo energético. Artículo No 14.

## **6.6 VALORACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS**

Teniendo en cuenta el diagnóstico hidráulico y operacional realizado al sistema de acueducto del centro poblado Tobia, se estableció que tanto los tanques de almacenamiento como la planta de tratamiento de agua potable requieren una optimización o construcción de nuevas estructuras lo cual es común para las dos alternativas planteadas por lo cual dentro del siguiente análisis económico no se contemplan ya que no influye en la toma de decisiones para la selección de la misma.

**Tabla 6-10 Evaluación costos directos diferenciadores a las alternativas**

<b>EVALUACIÓN COSTOS DIRECTOS DIFERENCIADORES A LAS ALTERNATIVAS</b>					
<u><b>ALTERNATIVA 1</b></u>					
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR. UNITARIO</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	<b>VR. TOTAL</b>
<b>Captación Quebrada BERBERÍA</b>					<b>\$ 597,277</b>
Demolición estructura concreto / otros materiales	M3	0	\$ 80,104	\$ 801	
Suministro, manejo y colocación de concreto 28MPa	M3	0	\$ 648,918	\$ 71,381	
Acero de refuerzo Figurado	KG	13	\$ 3,671	\$ 48,090	
Suministro e instalación niple PVC D 8" L=3m	UN	1	\$ 477,005	\$ 477,005	
<b>Captación río Negro (2.35 l/s – Verano)</b>					<b>\$ 74,427,698</b>
Excavación mecánica	M3	180	\$ 12,858	\$ 2,314,440	
Relleno con material proveniente de excavación (manejo cauce río)	M3	1440	\$ 22,131	\$ 31,868,640	
Relleno con grava	M3	178	\$ 127,765	\$ 22,696,175	
Suministro y colocación de gaviones, incluye lleno	M3	60	\$ 220,475	\$ 13,228,500	
Tubería perforada PVC 12"	M	93	\$ 31,596	\$ 2,938,428	
Instalación de tubería flexible 12"	M	93	\$ 14,855	\$ 1,381,515	
<b>Aducción – Optimización By pass Desarenador</b>					<b>\$ 6,810,731</b>
Suministro, manejo y colocación de concreto 14MPa	M3	0	\$ 418,889	\$ 79,589	
Suministro, manejo y colocación de concreto 28MPa	M3	2	\$ 648,918	\$ 1,362,728	
Acero de refuerzo Figurado	KG	252	\$ 3,671	\$ 925,753	
Suministro de tubería PVC 4"	M	11	\$ 41,097	\$ 468,506	

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>EVALUACIÓN COSTOS DIRECTOS DIFERENCIADORES A LAS ALTERNATIVAS</b>					
<b>ALTERNATIVA 1</b>					
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL	VR. TOTAL
Suministro de válvula de compuerta 4"	UN	2	\$ 1,285,438	\$ 2,570,876	
Suministro de unión brida x universal 4"	UN	4	\$ 112,574	\$ 450,296	
Suministro de tee pvc 4"	UN	2	\$ 326,369	\$ 652,738	
Instalación de tubería flexible 4"	M	11	\$ 7,783	\$ 88,726	
Instalación de válvula 4"	UN	2	\$ 36,034	\$ 72,068	
Instalación de accesorio 4"	UN	6	\$ 23,242	\$ 139,452	
<b>Línea de conducción – Conducción BERBERÍA</b>					<b>\$1,448,735,002</b>
Demolición vía en pavimento asfált./concreto e=variable	M3	240	\$ 71,757	\$ 17,221,680	
Excavación red protección temporal h<3,0m	M3	4308	\$ 73,240	\$ 315,539,892	
Relleno en arena	M3	574	\$ 97,398	\$ 55,949,307	
Relleno en recebo	M3	2298	\$ 75,412	\$ 173,278,677	
Relleno en tierra negra	M3	11	\$ 73,462	\$ 788,982	
Empradizarán con sepedón	M2	107	\$ 7,229	\$ 776,250	
Base granular (Espec IDU-ET-2011)	M3	574	\$ 154,151	\$ 88,550,500	
Sub base (Espec IDU-ET-2011)	M3	431	\$ 141,775	\$ 61,080,923	
Construcción pavimento flexible en MDC-1	M3	230	\$ 710,550	\$ 163,267,337	
Construcción pavimento en concreto	M3	81	\$ 610,400	\$ 49,527,856	
Retiro y disposición materiales sobrantes	M3	4298	\$ 36,478	\$ 156,766,394	
Suministro de tubería PEAD 2"	M	396	\$ 8,079	\$ 3,197,183	
Suministro de tubería PEAD 4"	M	4787	\$ 24,904	\$ 119,215,448	
Instalación de tubería flexible 2" - 4" termo fusión	M	5183	\$ 8,476	\$ 43,928,904	
Suministro de accesorio de 45,00 - 2"	UN	3	\$ 30,345	\$ 91,035	
Suministro de accesorio de 90,00 - 2"	UN	1	\$ 34,867	\$ 34,867	
Suministro de accesorio de 45,00 - 4"	UN	11	\$ 76,172	\$ 837,892	
Suministro de accesorio de 90,00 - 4"	UN	8	\$ 76,172	\$ 609,376	
Instalación de accesorio PEAD 2" - 4" termo fusión	UN	23	\$ 19,310	\$ 444,130	
Cámara de purga 2"	UN	4	\$ 15,020,797	\$ 60,083,188	
Cámara de ventosa 2"	UN	5	\$ 14,553,536	\$ 72,767,680	
Cámara de purga 4"	UN	2	\$ 16,466,951	\$ 32,933,902	
Cámara de ventosa 3"	UN	2	\$ 15,921,799	\$ 31,843,598	
<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS ALTERNATIVA</b>					<b>\$1,530,570,708</b>

Fuente. El Consultor

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Nótese que los costos de diferenciadores de inversión inicial aplican únicamente a la alternativa No 1 puesto que la alternativa 2, no contempla el uso de la infraestructura existente.

**Tabla 6-11 Evaluación económica**

<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA - PREFACTIBILIDAD ALTERNATIVAS – COSTOS COMUNES</b>					
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR. UNITARIO</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	<b>VR. TOTAL</b>
<b>Captación Rio negro</b>					<b>\$ 52,992,041</b>
Excavación estructura protección temporal	M3	262	\$ 72,009	\$ 18,886,520.52	
Relleno en recebo	M3	32	\$ 75,412	\$ 2,448,627.64	
Suministro, manejo y colocación de concreto 14MPa	M3	2	\$ 418,889	\$ 1,013,711.38	
Suministro, manejo y colocación de concreto 28MPa	M3	37	\$ 648,918	\$ 24,022,944.36	
Suministro e instalación niple PVC D 2" L=1,5m	UN	2	\$ 24,086	\$ 48,172.00	
Suministro e instalación niple PVC D 10" L=1,5m	UN	1	\$ 393,923	\$ 393,923.00	
Suministro de válvula de compuerta 2"	UN	2	\$ 397,936	\$ 795,872.00	
Suministro de válvula de compuerta 10"	UN	1	\$ 3,724,105	\$ 3,724,105.00	
Suministro de unión brida x universal 2"	UN	4	\$ 78,540	\$ 314,160.00	
Suministro de unión brida x universal 10"	UN	2	\$ 531,454	\$ 1,062,908.00	
Instalación de válvula 2"	UN	2	\$ 36,034	\$ 72,068.00	
Instalación de válvula 10"	UN	1	\$ 60,057	\$ 60,057.00	
Instalación de accesorio 2"	UN	4	\$ 23,242	\$ 92,968.00	
Instalación de accesorio 10"	UN	2	\$ 28,002	\$ 56,004.00	
Relleno con material proveniente de excavación (manejo cauce río)	M3	1440	\$ 22,131	\$ 31,868,929	
Relleno con grava	M3	178	\$ 127,765	\$ 22,696,673	
Suministro y colocación de gaviones, incluye lleno	M3	60	\$ 220,475	\$ 13,228,488	
Tubería perforada PVC 12"	M	93	\$ 31,596	\$ 2,938,399	
Instalación de tubería flexible 12"	M	93	\$ 14,855	\$ 1,381,512	
<b>Foso de Bombeo - Casetas de máquinas Captación rio Negro</b>	-	-	-	-	<b>\$ 115,512,583</b>
Casa de máquinas en mampostería, incluye acabados	m2	10	\$ 1,500,000	\$ 15,000,000	
Suministro e instalación de bomba sumergible 5 hp Para HDT 48 m	UN	2	\$ 7,691,040	\$ 15,382,080	
Instalación eléctrica	UN	1	\$ 2,691,864	\$ 2,691,864	
<b>Línea de impulsión a PTAP</b>					
Excavación red protección temporal h<3,0m	M3	180	\$ 73,240	\$ 13,183,200	

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA - PREFACTIBILIDAD ALTERNATIVAS – COSTOS COMUNES</b>					
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL	VR. TOTAL
Relleno en arena	M3	24	\$ 97,398	\$ 2,337,552	
Relleno en recebo	M3	96	\$ 75,412	\$ 7,239,552	
Relleno en tierra negra	M3	1	\$ 73,462	\$ 73,462	
Empradizarán con sepedón	M2	1	\$ 7,229	\$ 7,229	
Base granular (Espejo IDU-ET-2011)	M3	24	\$ 154,151	\$ 3,699,624	
Sub base (Espejo IDU-ET-2011)	M3	18	\$ 141,775	\$ 2,551,950	
Construcción pavimento flexible en MDC-1	M3	5	\$ 710,550	\$ 3,410,640	
Construcción pavimento en concreto	M3	10	\$ 610,400	\$ 6,104,000	
Retiro y disposición materiales sobrantes	M3	179	\$ 36,478	\$ 6,529,562	
Suministro de tubería PEAD 2"	M	5	\$ 8,079	\$ 40,395	
Suministro de tubería PEAD 4"	M	200	\$ 24,904	\$ 4,980,800	
Instalación de tubería flexible 2" - 4" termo fusión	M	205	\$ 8,476	\$ 1,737,580	
Suministro de accesorio de 45,00 - 2"	UN		\$ 30,345	\$ 0	
Suministro de accesorio de 90,00 - 2"	UN	2	\$ 34,867	\$ 69,734	
Suministro de accesorio de 45,00 - 4"	UN	5	\$ 76,172	\$ 380,860	
Suministro de accesorio de 90,00 - 4"	UN	3	\$ 76,172	\$ 228,516	
Instalación de accesorio PEAD 2" - 4" termo fusión	UN	15	\$ 19,310	\$ 289,650	
Cámara de purga 2"	UN	1	\$ 15,020,797	\$ 15,020,797	
Cámara de ventosa 2"	UN	1	\$ 14,553,536	\$ 14,553,536	
<b>Construcción tanque almacenamiento agua cruda</b>					<b>\$ 112,500,000</b>
Tanque de almacenamiento de agua Cruda de 45 m3 en un compartimiento, incluye accesorios. Un módulo de 4.15*3.15*3.3	M3	45	\$ 2,500,000	\$ 112,500,000	
<b>Construcción tanque almacenamiento agua tratada</b>					<b>\$ 82,500,000</b>
Tanque de almacenamiento de agua Cruda de 45 m3 en un compartimiento, incluye accesorios. Un módulo de 5*3*2.2	M3	33	\$ 2,500,000	\$ 82,500,000	
<b>Construcción PTAP Compacta 3.4 l/s</b>					<b>\$ 1,226,651,970</b>
Demolición estructuras	m3	50	\$ 71,577	\$ 3,578,850	
Suministro e instalación de sistema de Dosificación Mezcla, Floculación y sedimentación y filtración PTAP convencional compacta	un	1	\$ 600,000,000	\$ 600,000,000	

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA - PREFACTIBILIDAD ALTERNATIVAS – COSTOS COMUNES</b>					
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR. UNITARIO</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	<b>VR. TOTAL</b>
Suministro e instalación de sistema de Dosificación Mezcla, Floculación y sedimentación y filtración PTAP convencional compacta	un	1	\$ 600,000,000	\$ 600,000,000	
Suministro e instalación de bomba sumergible 5 hp Para HDT 48 m	UN	3	\$ 7,691,040	\$ 23,073,120	
<b>Redes de distribución</b>					<b>\$ 3,500,000</b>
Suministro e instalación válvulas de compuerta 2"	UN	10	\$ 350,000	\$ 3,500,000	
				<b>Subtotal costos directos</b>	<b>\$ 1,593,656,594</b>

Fuente. El Consultor

Una vez determinados los costos directos se evalúan los costos de O&M asociados con el consumo de energía, esto teniendo en cuenta que el bombeo de la alternativa 1 funcionará solo 3 meses del año, mientras que el bombeo de la alternativa 2, se mantendrá los 12 meses del año. De esta forma, los cotos de O&M traídos a valor presente neto, se muestran a continuación:

**Costo de la Energía Bombeo ALTERNATIVA No 1**

Caudal de Bombeo	I/s	5
Altura de Impulsión	m	48
eficiencia transformadores	%	0.9
eficiencia combinada	%	0.7
valor energía	\$/kwh	430
Potencia red (9.8 X q x H /ef)	kw	3.7
	hp	5.0
Fc, factor de carga	%	0.50
energía anual = kw x 24x 95 x Fc	kwh/año	4,256
costo anual de bombeo	\$	\$ 1,830,080
costo anual total	\$	\$ 1,830,080

**Valor Presente de la Energía**

Años	n	25
tasa de descuento	%	13%
Valor presente energía	\$	\$ 13,093,823
Costos comunes de Inversión		\$ 1,593,656,594
Costos Diferenciadores de inversión		\$ 1,530,570,708
<b>Total Alternativa No 1</b>		<b>\$ 3,137,321,125</b>

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Costo de la Energía Bombeo ALTERNATIVA No 2**

Caudal de Bombeo	I/s	5
Altura de Impulsión	m	48
eficiencia transformadores	%	0.9
eficiencia combinada	%	0.7
valor energía	\$/kwh	430
Potencia red (9.8 X q x H /ef)	kw	3.7
	hp	5.0
Fc, factor de carga	%	0.50
energía anual = kw x 24x 365 x Fc	kwh/año	16,352
<b>costo anual de bombeo</b>	\$	\$ 7,031,360
<b>costo anual total</b>	\$	\$ 7,031,360

**Valor Presente de la Energía**

Años	n	25
tasa de descuento	%	13%
<b>Valor presente energía</b>	\$	\$ 50,307,847
Costos comunes de Inversión		\$ 1,593,656,594
Costos Diferenciadores de inversión		\$ 0
<b>Total Alternativa No 2</b>		<b>\$ 1,643,964,441</b>

Al realizar una evaluación económica de las alternativas planteadas se evidencia que la alternativa 1 la cual contempla la rehabilitación del sistema existente complementado con la captación y el sistema del Río Negro es más costosa, comparado con la alternativa 2 la cual contempla el abandono del sistema de abastecimiento existente y la construcción de un nuevo sistema de abastecimiento desde el Río Negro.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la alternativa 2, es más vulnerable que la alternativa No 1, en cuanto a que dependerá únicamente de un bombeo para todo el sistema, mientras que la alternativa No 1 puede abastecer la mayor parte del tiempo al sistema con aguas de la quebrada la Berbería.

## **6.7 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS**

Para la evaluación, puntuación y selección de la alternativa de mayor conveniencia para el municipio, se empleará una matriz multicriterio de valoración (artículo 15 resolución 330 de 2017) por criterios y parámetros que permiten asignar a las alternativas un puntaje objetivo sobre la conveniencia de una alternativa sobre la otra, a cada uno de estos criterios se le asigna un peso sobre la decisión final y cada uno de los criterios de valoración se le asigna un puntaje de 0 a 100 dependiendo de su importancia o ventaja sobre la otra alternativa. Esto hace que al final se obtenga un ranking de las alternativas disponibles y

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

con ello se adopta la mejor decisión para el proyecto, con base a la puntuación integral de los criterios de valoración.

Los criterios de evaluación y cada uno de los pesos porcentuales, que este tendrá sobre la decisión final para la escogencia de la mejor alternativa serán los siguientes:

1. **Costos de Inversión.** Este criterio enmarca el costo que tendrá la alternativa, para que su empleo sea funcional frente a los inconvenientes o problemas formulados para el sistema.
2. **Funcionalidad** Entendiendo que se consideran opciones de modulación o construcción por etapas, lo cual conlleva a una mejor financiación del sistema y por ende una flexibilidad en la consecución de recursos. Este criterio tendrá un peso porcentual sobre la decisión final del 50%. Su asignación de puntaje va de 0 a 100, entendiendo 0 como la más costosa y 100 la más económica funcionalmente.
3. **Vulnerabilidad.** Este criterio abarca, la sensibilidad de la alternativa sobre cualquier eventualidad funcional que pueda ocurrir durante la operación del sistema, el primer punto apunta a la vulnerabilidad frente a daños y colapso del sistema, mientras que la contingencia estudia las medidas que se tiene frente a la respuesta del sistema entorno a un inconveniente de operación del sistema.
4. **Contingencia.** En términos generales este criterio evalúa la fortaleza del sistema frente a colapsos y su capacidad contingente de respuesta. Su valoración indica que se le asigna 0 a la alternativa más vulnerable y con menor grado de contingencia y 100 a la más preparada frente a fenómenos eventuales y más resistentes a vulnerabilidades operativas. Su peso porcentual es de un 30% en torno a la decisión final.
5. **Impactos Ambientales y Sociales:** Este criterio considera los impactos negativos y/o positivos que la alternativa puede tener sobre el entorno integral del municipio, abarcando los aspectos ambientales y sociales de la solución frente a su formulación final. Entendiendo que se le asigna un valor menor (tendiente a 0) a la alternativa que tenga mayores impactos negativos en el ámbito socio-ambiental y un puntaje mayor tendiente a 100, a la alternativa que impacte positivamente al entorno del municipio en la ambiental y social. Su peso porcentual sobre la decisión final es del 10%.
6. **Complejidad Constructiva** Este criterio considera la complejidad constructiva de la alternativa y la afectación predial que tendrá para el trámite de su construcción y de su vida operativa. Considera la mano de obra calificada, semicalificada o no calificada para su construcción o posibles intervenciones futuras sobre el diseño o la construcción inicial, incluyendo posibilidades de ampliación futura y adaptación del sistema a otros requerimientos técnicos de cambio. Este criterio se valora considerando un valor de 0 para la alternativa de más difícil construcción

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

7. **Afectación Predial:** Con base en el planteamiento de diseño se evalúa la afectación predial requerida por cada alternativa. Se asigna mayor puntaje sobre 100 puntos a la que afecte menos predios.

Con estos criterios y la parametrización antes mencionada acerca de la puntuación y su rango de valoración en torno al peso porcentual de cada componente a evaluar, es lo que dará como resultado la alternativa más conveniente para la optimización el sistema de acueducto del centro poblado Tobia

El análisis y la valoración de las alternativas se harán por cada criterio, colocando en cada uno de estos, las ventajas y desventajas de una alternativa sobre la otra. Considerando la posición de cada solución frente al criterio y la alternativa restante.

#### **6.7.1 Costo De Inversión**

la Alternativa 1, es menos favorable en el sentido que cuesta más que la Alternativa 2, tal como se puede apreciar en el numeral anterior, sin embargo, debido a que la alternativa 2 contempla bombear todo el caudal requerido por el sistema desde el Rio Negro esto aumenta el costo de producción del metro cubico. Por costos, la alternativa 1, recibe 0 puntos y 100 puntos la No 2.

#### **6.7.2 Funcionalidad**

En cuanto a funcionalidad las dos alternativas, son técnicamente funcionales, pero operativamente resulta más compleja la alternativa No 2 que opera con un bombeo continuo. Por funcionalidad, se tendrán entonces para la alternativa No 1, 30 Puntos, y para la alternativa 2, 70 puntos.<sup>12</sup>

#### **6.7.3 Vulnerabilidad**

El trazado de las alternativas se realizó pensando en evitar los problemas de inestabilidad del sistema actual, sin embargo, la alternativa 2 presenta mayor vulnerabilidad al depender únicamente del bombeo y consumirá energía durante toda la fase de operación, de tal manera que se le asignan 0 puntos a la alternativa 2 y 100 puntos a la No 1.

#### **6.7.4 Contingencia**

Teniendo en cuenta los resultados del estudio hidrológico realizado a la quebrada la BERBERÍA la cual presenta estiaje en época de verán, sin embargo, durante 9 meses la quebrada tendría la capacidad de abastecer la población fija del centro poblado, el sistema se abastecerá por gravedad durante 9 meses, y solo dependerá del bombeo durante 3 meses, por esta razón gana la alternativa No 1 con 100 puntos y se le asignan 20 puntos a la No 2.

#### **6.7.5 Impactos Ambientales Y Sociales**

Las dos alternativas apuntan a dar solución a un problema de abastecimiento de agua potable para el centro poblado. No obstante, la Alternativa 2, tienen mayor impacto

<sup>12</sup> La calificación se obtiene promediando los puntajes asignados por cada criterio.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

ambiental a que requiere un mayor consumo de energía para captar las aguas del río negro, por lo anterior, la alternativa 1 recibe 60 puntos, la alternativa 2 recibe 40 puntos.

#### **6.7.6 Complejidad Constructiva Y Afectación Predial**

En las dos alternativas existe la misma afectación predial, debido a la misma cantidad de obras puntuales sobre la línea, además de que el único predio a intervenir es en la planta de tratamiento y es común para las dos alternativas. Debido a esto, las alternativas 1 y 2 reciben 50 puntos.

La valoración final y la ponderación porcentual de la evaluación de la alternativa se ilustran en la siguiente Tabla donde claramente existe una ventaja de la Alternativa 1 sobre la Alternativa 2, la cual se recomienda como la mejor alternativa seleccionada.

**Tabla 6-12 Puntuación selección de alternativas**

<b>CRITERIOS Y PARÁMETROS</b>	<b>PESO</b>	<b>ATL-1</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>ALT-2</b>	<b>PUNTOS</b>
Costos de Inversión	20%	0	0.0	100	20.0
Funcionalidad	20%	30	6.0	70	14.0
Vulnerabilidad	20%	100	20.0	0	0.00
Contingencia	20%	100	20.0	20	4.0
Impactos Ambientales y Sociales	10%	60	6.0	40	4.0
Complejidad Constructiva y Predial	10%	50	5.0	50	5.0
<b>PUNTUACIÓN</b>			<b>57.0</b>		<b>47.0</b>

Fuente. El Consultor

De esta forma, en la evaluación de alternativas se concluye que la alternativa adecuada corresponde a la alternativa No1, que, aunque resulte más costosa puede diferirse su construcción en etapas y aprovecha al máximo la infraestructura existente. Para ilustrar finalmente la selección presentada se plantea una matriz DOFA que permite establecer más claramente los criterios que hacen más favorable una alternativa sobre otra.

#### **6.7.7 Matriz DOFA Comparación De Alternativas**

##### **6.7.7.1 *Alternativa no 1***

**Tabla 6-13 Matriz DOFA alternativa 1**

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
Utiliza en gran parte la infraestructura existente.  Es poco vulnerable a las fallas del servicio de energía eléctrica y/o falta de combustible para los motores.	Aunque falle el suministro por bombeo se podrá captar algo del sistema por gravedad y siempre se contará con agua de las fuentes.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
DEBILIDADES	AMENAZAS
Requiere de un bombeo durante 3 meses del año. Tratar el agua de la quebrada la Berberia requiere el uso de polímeros, pero el tratamiento del agua combinada de las dos fuentes requiere el uso de sulfato de aluminio convencional.	Es vulnerable durante pocos meses (3/12), pues depende del régimen climático el suministro por gravedad.

Fuente. El Consultor

#### 6.7.7.2 Alternativa no 2

Tabla 6-14 Matriz DOFA alternativa 2

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
El tratamiento del agua del río negro se puede hacer con sulfato de aluminio.	Frente a la alternativa No 1, no presenta oportunidades que resalten su aplicabilidad.
DEBILIDADES	AMENAZAS
Desecha la infraestructura existente. Debe ejecutarse la totalidad de la inversión en una primera etapa.	Desechar la infraestructura existente elimina la posibilidad de contar con reservas para la contingencia del sistema.  Si se quisiera aprovechar la infraestructura del sistema se llegaría a una alternativa igual a la alternativa No 1 propuesta.

Fuente. El Consultor

De acuerdo con lo anterior, se recomienda la implementación de la alternativa No 1, pues es la que en términos de sostenibilidad es funcional para el suministro a la población.

#### 6.7.8 Aspectos Considerados Para La Selección Final De La Alternativa

En resumen, las consideraciones finales del diagnóstico, son las siguientes:

- El sistema de acueducto de Tobia cuenta en la actualidad con 769 habitantes y se requiere que sea optimizado para ofrecer el servicio hasta 1188 habitantes. Esto implica un crecimiento de la población servida del 35% en un periodo de 25 años.
- De acuerdo con la población proyectada el sistema se planea para cubrir la demanda futura de 3.40 l/s (QMD) requerida para el horizonte de planeamiento del proyecto.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

- Para los caudales de proyecto, de acuerdo con la norma (Resolución 330 de 2017) y las evaluaciones efectuadas las condiciones de prestación de servicio quedarían de la siguiente forma:

**Tabla 6-15 Requerimientos Del Sistema Evaluados En El Diagnóstico**

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO	VALOR (l/s)	CAPACIDAD LIMITANTE (l/s) <sup>13</sup>	OBSERVACIÓN
BOCATOMA ACUEDUCTO – QUEBRADA LA BERBERÍA	2QMD	6.8	1.7	La demanda futura y la actual supera la capacidad de la fuente. Se requiere implementar una fuente alterna de abastecimiento.
ADUCCIÓN ACUEDUCTO BERBERÍA	QMD	3.40	8.56	Tiene la capacidad suficiente, sin embargo, requiere reemplazo por encontrarse en malas condiciones.
DESARENADOR ACUEDUCTO LA BERBERÍA	QMD	3.40	7.80	La estructura es adecuada y puede ser aprovechada en la optimización del sistema.
CONDUCCIÓN ACUEDUCTO LA BERBERÍA	QMD	3.40	4.0	Tiene la capacidad suficiente, sin embargo, requiere reemplazo por encontrarse en malas condiciones.
TRATAMIENTO ACUEDUCTO LA BERBERÍA	QMD	3.40	8.0	La PTAP no funciona adecuadamente y no es viable su optimización. Se requiere de la construcción de una nueva PTAP.
ALMACENAMIENTO ACUEDUCTO LA BERBERÍA	1/3 VQMD	207	155	Teniendo en cuenta que hay una capacidad instalada de 155 m <sup>3</sup> de almacenamiento, es necesario incrementar los volúmenes de almacenamiento..
REDES FINALES ACUEDUCTO DAGUA LA CUMBRE	QMH	5.45		Se encuentra en buenas condiciones, no requiere intervención.

Fuente: Consultoría

- Es importante establecer que para poder aumentar el cubrimiento del sistema es necesario contar con otra fuente de abastecimiento. Para ello se cuenta con la posibilidad de tomar las aguas del Río Negro.
- De acuerdo con las observaciones y evaluaciones efectuadas es necesario establecer que el sistema requiere obras de mantenimiento en general

<sup>13</sup> La capacidad limitante se refiere a la capacidad máxima que puede transitar por la estructura, en el caso de las tuberías está referida a la capacidad de transporte relacionada con las condiciones topológicas del sistema.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

espacialmente en las estructuras de captación, desarenador, Aducciones y conducciones.

- Con base en lo anterior, las acciones propuestas para el sistema de Tobia se muestran a continuación:

**Tabla 6-16 Acciones A Ejecutar Para Optimizar El Sistema De Acueducto Existente**

COMPONENTE	OBSERVACIÓN
BOCATOMA BERBERÍA	Requiere obras menores de mantenimiento
DESARENADOR BERBERÍA	Solo requiere mantenimiento.
ADUCCIÓN BERBERÍA – Hasta el desarenador	Requiere cambio – By Pass
ADUCCIÓN BERBERÍA – Desarenador a PTAP	Requiere cambio
ALMACENAMIENTO BERBERÍA	Es necesario aumentar la capacidad de almacenamiento. Se tendrán tanques de agua cruda y agua tratada.
PLANTA DE TRATAMIENTO PARA TODO EL SISTEMA	Requiere cambio
REDES DE DISTRIBUCIÓN	No requiere acción alguna, excepto las nuevas válvulas.
NUEVO SISTEMA RIO NEGRO	La nueva fuente de suministro deberá tener las condiciones de operación y deberá contar con los componentes requeridos que serán, bocatoma, desarenador, y bombeo para llevar las aguas hasta la Planta de tratamiento.

Fuente: Consultoría

- Teniendo en cuenta que la quebrada Berbería, no tiene capacidad de cubrir la demanda se plantea el uso del Rio Negro para cubrir la totalidad de la demanda del sistema, para lo cual es necesario construir un sistema alternativo de suministro para el cumplimiento de las necesidades del sistema. Los requerimientos del sistema nuevo son:

**Tabla 6-17 Requerimientos del sistema nuevo de captación**

COMPONENTE	OBSERVACIÓN
BOCATOMA RIO NEGRO	Se requiere una bocatoma con capacidad de cubrir la demanda requerida, es decir, 3.4 l/s.
DESARENADOR RIO NEGRO	Se diseñará con los mismos criterios utilizados para la captación en cuanto a caudales.
BOMBEO RIO NEGRO PTAP	Corresponde a la conexión entre la bocatoma y La PTAP y contará con la capacidad de cubrir con la demanda máxima del sistema.

Fuente: Consultoría

- Cómo puede colegirse de los análisis anteriores, en la fase de análisis de alternativas, se determinó que la alternativa para la optimización y mejora del sistema de Acueducto Tobia corresponde al diseño del subsistema Rio Negro, pues el sistema en cuanto a la infraestructura existente requiere de obras correctivas, mientras que para el aumento de la capacidad del sistema es necesario contar con

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

una nueva fuente. De otra parte, deberá establecerse el sistema adecuado de tratamiento.

## **6.8 DESCRIPCION FINAL DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

En este orden de ideas, la alternativa para optimizar el sistema contempla lo siguiente:

1. Aumento de la Capacidad del sistema para cubrir la demanda: El aumento de la capacidad del sistema se logrará uniendo las aguas que se capten del Rio Negro con las aguas del sistema de la quebrada Berbería para distribuir agua potable a la población beneficiaria del acueducto.

ABASTECIMIENTO ADICIONAL DESDE EL RIO NEGRO	Las aguas serán elevadas hasta la PTAP, a una altura de 48 m. lo cual se realiza mediante la implementación de un sistema de bombeo desde la captación del Rio negro.
---	---

2. Acciones correctivas para la correcta funcionabilidad del sistema: Comprende la ejecución de las obras correctivas necesarias para operación del sistema. Las obras requeridas son las siguientes:

**Tabla 6-18 Obras requeridas para la operación del sistema**

COMPONENTE	OBSERVACIÓN
BOCATOMA BERBERÍA	Requiere obras menores de mantenimiento - Impermeabilización
DESARENADOR BERBERÍA	Requiere obras menores de mantenimiento – Impermeabilización.
ADUCCIÓN – BERBERÍA	Requiere optimización. Se realizará un By pass
CONDUCCIÓN – Berbería	Requiere reemplazo
ALMACENAMIENTO DA BERBERÍA	Requiere ampliación
REDES DE DISTRIBUCIÓN	No requiere acción.

**Fuente: Consultoría**

3. Acciones para asegurar, calidad y continuidad del servicio: Se requerirá el diseño para construcción de los sistemas inexistentes en la actualidad.

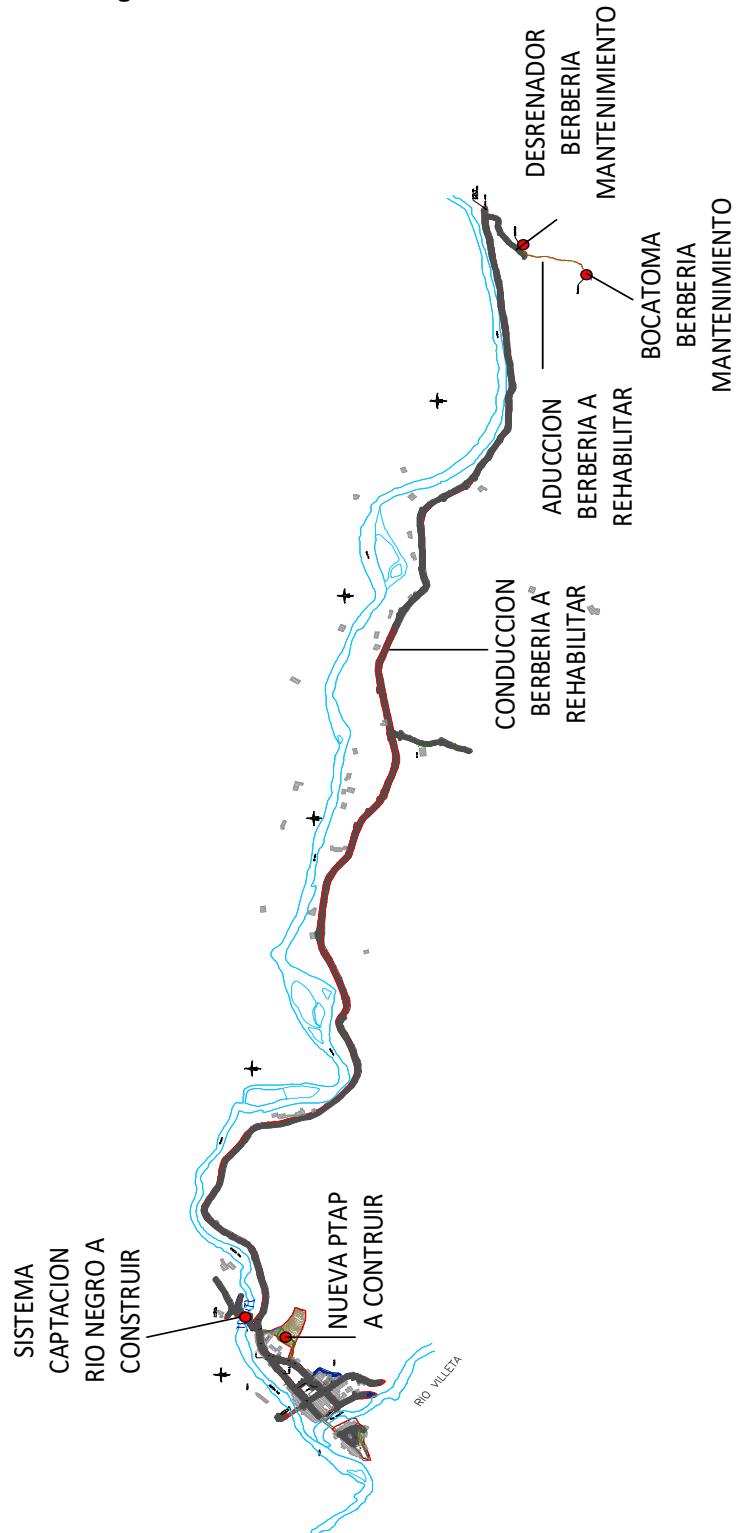
COMPONENTE	OBSERVACIÓN
PLANTA DE TRATAMIENTO	Se debe implementar un nuevo sistema de tratamiento para atender la demanda del sistema.

En resumen, en el siguiente diagrama se muestran las intervenciones propuestas al sistema de acueducto de Tobia que permitirán obtener un sistema sostenible en el tiempo y que aprovecha en lo posible la infraestructura de servicios como lo indica la resolución 330 de 2017.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

**Figura 6-23 Intervenciones acueducto Tobia**



**Fuente: Consultoría**

## **7 OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Una vez realizado el diagnóstico operacional e hidráulico del sistema de acueducto del centro poblado Tobia se evidencia que se evidencian los siguientes problemas:

- La fuente de abastecimiento del sistema de acueducto no tiene la capacidad suficiente para bastecer el centro poblado en algunos meses del año, dados los resultados del estudio hidrológico en los meses de junio y julio se presenta un estiaje en la quebrada la Berbería.
- Teniendo en cuenta la resolución 1298 del 23 de mayo de 2017 de la corporación autónoma regional de Cundinamarca CAR por medio de la cual se otorga una concesión de agua superficial y se adoptan otras determinaciones, podemos afirmar que la concesión de agua sobre la quebrada La BERBERÍA es 1.05 l/s sin embargo al realizar un análisis de los cálculos realizados observamos que las dotaciones están aminoradas de acuerdo al análisis realizado a los consumos de usuarios durante el desarrollo del presente proyecto.
- En la actualidad la captación se hace sobre la Quebrada Berbería y la aducción está construida en tubería PVC de 4"; su caudal es escaso en época de verano, razón por la cual se debe bombear agua del Río Negro, cuya estación de bombeo está localizada bajo el puente que une a Tobia con el barrio Hungría del municipio La Peña. La estación de bombeo consta de una motobomba de φ 2" a gasolina y la tubería de aducción de φ 2" en manguera que pasa por un box Coulvert que atraviesa la vía principal que va a Nimaima, continua por un espacio de 1 metro de ancho que se encuentra entre los muros de las casas (Servidumbre) llegando a los terrenos de la planta de tratamiento.
- La línea de aducción proveniente del río Berbería tiene una longitud aproximada de 4.3 kilómetros la cual presenta múltiples fracturas a lo largo del trayecto debido a continuos deslizamientos de tierra presentados en el sector. La tubería es de PVC y asbesto cemento en 4" pero las reparaciones efectuadas han sido ejecutadas en su mayoría en materiales disponibles en el momento de la emergencia, como tubería sanitaria, polietileno de alta densidad o PVC de diferentes diámetros.
- La manguera existente de bombeo del Río Negro tiene una longitud aproximada de 170 metros y no está apta para transportar agua a presión. Debe ser reemplazada por tubería que cumpla las condiciones técnicas adecuadas para transportar agua a presión.

Como solución para la optimización del sistema de acueducto del centro poblado Tobia se plantearon dos alternativas una de las cuales contempla la optimización del sistema existente y reforzando el abastecimiento con una captación en el Río Negro; la otra alternativa contempla el abandono del sistema de abastecimiento existente y construir un nuevo sistema de abastecimiento desde el Río Negro por medio de un sistema de

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

Bombeo. Del análisis efectuado se determinó que la alternativa más favorable para la optimización del sistema de acueducto del centro poblado es rehabilitar el sistema actual y reforzándolo en picos de consumo y eventos de estiaje con una captación sobre el río negro que incluye un sistema de bombeo que solo operará durante la época de estiaje. De la evaluación de estas dos alternativas se pudo establecer lo siguiente:

- El costo por m<sup>3</sup> de agua transportada por bombeo puede influenciar la tarifa, como se muestra a continuación:

Evaluación del costo de transporte por bombeo para la alternativa No 1:

<b>Caudal transportado</b>	20,520	m <sup>3</sup> /año
<b>Costo del transporte</b>	1,830,080	\$/año
<b>Valor del m<sup>3</sup> transportado</b>	89	\$/m <sup>3</sup>

Evaluación del costo de transporte por bombeo para la alternativa No 2:

<b>Caudal transportado</b>	78,840	m <sup>3</sup> /año
<b>Costo del transporte</b>	7,031,360	\$/año
<b>Valor del m<sup>3</sup> transportado</b>	89	\$/m <sup>3</sup>

Se establece que este costo es igual para las alternativas 1 y 2, sin embargo, en la alternativa No 2, el 100% del agua producida se verá afectada por este costo, mientras que para la alternativa No 1, este costo afectará solamente al 25% del agua producida en la PTAP.

- En cuanto al sistema de tratamiento, se determinó que el sistema actual es deficiente y que debe ser reemplazado por uno nuevo que permita realizar el proceso de manera ordenada y eficiente, lo anterior implica lo siguiente:
  - Construir una estructura para el tratamiento de lodos, por lo cual se propone el diseño y construcción para cumplir con la normatividad vigente.
  - Como se indicó en los apartes anteriores se hace necesario el reemplazo de la PTAP existente dado el mal estado de la estructura para construir en su lugar una PTAP convencional. Teniendo en cuenta la magnitud de los caudales y las posibilidades constructivas, se recomienda el diseño de una PTAP convencional con módulos individuales de tratamiento.
  - Colocar un macro medidor a la entrada de la PTAP o una estructura hidráulica que mida el caudal de entrada a la PTAP.
  - El cuarto de disposición de químicos debe adecuarse correctamente.
  - La Planta de Tratamiento de Agua Potable del Centro Poblado de Tobia deberá tener un caudal de 3.4 L/s para el año 2042, caudal que actualmente está por debajo del concesionado actualmente por la fuente de abastecimiento, por lo cual, se debe suplir ese caudal, aumentando la demanda de caudal de la actual PTAP.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

- Debido que el sistema de acueducto del centro poblado Tobia requiere aumentar su capacidad instalada para suplir la demanda actual y futura, se recomienda a la junta prestadora de servicio iniciar los trámites para la solicitud de la nueva concesión sobre el Rio Negro
- Algunas estructuras presentan problemas debidos a la falta de mantenimiento, el cual debe ser periódico debido a la alta humedad de la zona:
  - Como parte del mantenimiento de tanques, se requiere implementar un manejo de las aguas de la cubierta para evitar su encharcamiento y controlar su descenso hacia la zona verde
  - Los elementos metálicos de tanques y demás estructuras deben ser galvanizados para garantizar su resistencia a las condiciones de trabajo.
  - Los pasos internos del tanque deben ser reemplazados por pasos recubiertos en PVC
  - Se requiere realizar una impermeabilización en la parte interna y externa del tanque que garantice que las aguas no ingresarán al acero de refuerzo y que se selle la junta de la ampliación de la losa de fondo, así como las juntas que puedan quedar remanentes debidas a la mala calidad de la formaleta empleada
- En el diagnóstico y el planteamiento de alternativas propuesto para la optimización del sistema de acueducto del centro poblado Tobia, se establece que el único predio que tendrá intervención será el lote donde está ubicada la planta de tratamiento de agua potable actual, por tanto, el análisis predial se presentará en el producto de diseño detallado, sin embargo, debe tenerse en cuenta lo siguiente:
  - Como en el predio de la PTAP se harán adecuaciones es necesario sacar de operación la planta actual, mientras se construye la nueva, para esto se propone el suministro del caudal medio con carro-tanque de agua potable como una medida de emergencia o el alquiler de una PTAP portátil mientras se ejecutan las obras.
  - Se requerirá un suministro de 244 m<sup>3</sup>/día de agua potable, equivalente a unos 20 carro tanques al día, que se deberán traer de la población más cercana (Villeta o La vega). Esta situación se contemplará dentro de los costos de inversión del sistema.

**PRODUCTO 1 INFORME DIAGNÓSTICO, PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CENTRO  
POBLADO TOBIA CCC-17-DI-01**

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO CENTRO POBLADO TOBIA, MUNICIPIO DE NIMAIMA

## **8 ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO 1 INFORMACION RECOPILADA**

**ANEXO 2 POBLACION Y DEMANDA**

**ANEXO 3 CATASTRO DE SISTEMA**

**ANEXO 4 MEMORIA DE CALCULO DIAGNOSTICO**

**ANEXO 5 DIAGNOTICO Y ALTERNATIVAS PTAP**