

## **OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE APARTADÓ**



**OCTUBRE 2017**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO.....</b>	<b>7</b>
1.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	8
1.2	VÍAS DE ACCESO .....	8
1.3	DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA .....	8
1.4	TEMPERATURA .....	8
1.5	HUMEDAD RELATIVA .....	9
1.6	BRILLO SOLAR.....	9
1.7	VELOCIDAD DEL VIENTO .....	9
1.8	HIDROLOGÍA .....	9
1.9	USOS DEL SUELO.....	9
1.10	SISTEMA VIAL .....	10
1.11	ZONAS DE AMENAZAS Y RIESGOS EN EL MUNICIPIO DE APARTADÓ.....	10
1.12	ÁREAS CON ZONAS ALTAMENTE INUNDABLES (Z.A.I.) .....	10
1.13	ZONAS ALTAMENTE INUNDABLES (ZAI) .....	11
1.14	ZONAS MODERADAMENTE INUNDABLES (ZMI) .....	11
1.15	ZONA CON AMENAZA POR INESTABILIDAD.....	11
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES FÍSICOS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ACTUAL.....</b>	<b>13</b>
2.1	FUENTE.....	15
2.2	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN.....	17
2.3	ADUCCIÓN.....	18
2.4	DESARENADOR .....	18
2.5	CONDUCCIÓN .....	19
2.6	PLANTA DE POTABILIZACIÓN.....	20
2.7	TANQUES DE ALMACENAMIENTO .....	26
2.7.1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 3000 M <sup>3</sup> UBICADO EN LA PPAP: .....	27
2.7.2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 1500 M <sup>3</sup> UBICADO EN LA SEDE OPERATIVA A 150M DE LA PPAP:.....	31
2.8	REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	35
<b>3</b>	<b>INDICADORES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ACTUAL.....</b>	<b>38</b>
3.1	REPORTE DE SUSPENSIONES DEL SERVICIO TOTAL .....	38
<b>4</b>	<b>DIAGNOSTICO E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>39</b>

<b>5 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>6 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>51</b>
<b>7 PROYECCIONES DE POBLACIÓN Y DEMANDAS MÁXIMAS DE AGUA POTABLE 53</b>	
<b>7.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>7.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE .....</b>	<b>61</b>
7.2.1 NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA .....	61
7.2.2 DOTACIÓN NETA ACTUAL .....	61
7.2.3 DOTACIÓN BRUTA.....	62
7.2.4 CAUDAL MEDIO DIARIO .....	63
7.2.5 COEFICIENTES DE CONSUMO K1 Y K2 .....	63
7.2.6 CAUDAL MÁXIMO DIARIO .....	63
<b>8 GENERALIDADES DE MODELACIÓN DE LAS REDES DE DISTRIBUCION DEL MUNICIPIO DE APARTADÓ.....</b>	<b>68</b>
<b>8.1 CODIFICACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA RED.....</b>	<b>68</b>
<b>8.2 DATOS DE ENTRADA.....</b>	<b>69</b>
<b>8.3 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN – ESCENARIO ACTUAL.....</b>	<b>71</b>
8.3.1 ANÁLISIS DE PRESIONES .....	71
<b>8.4 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN – ESCENARIOS FUTUROS.....</b>	<b>73</b>
8.4.1 DEMANDA PROYECTADA AÑO HORIZONTE DE DISEÑO 2046. ....	73
8.4.2 ANÁLISIS DE PRESIONES .....	75
<b>9 NORMAS TÉCNICAS .....</b>	<b>77</b>
<b>9.1 MATERIALES .....</b>	<b>77</b>
<b>9.2 DEMOLICIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>9.3 EXCAVACIONES .....</b>	<b>78</b>
9.3.1 EXCAVACIONES MANUAL O MECÁNICA.....	79
9.3.2 EXCAVACIÓN EN ROCA .....	79
<b>9.4 LLENOS .....</b>	<b>79</b>
<b>9.5 MATERIAL DE PRÉSTAMO .....</b>	<b>79</b>
<b>9.6 TRITURADO ¾" PARA PROTECCIÓN DE TUBERÍAS .....</b>	<b>80</b>
<b>9.7 CARGUE, RETIRO Y BOTADA DEL MATERIAL SOBRENTE .....</b>	<b>80</b>
<b>9.8 RECONSTRUCCIÓN DE ANDENES EN CONCRETO.....</b>	<b>80</b>
<b>9.9 CONSTRUCCIÓN DE CORDÓN EN CONCRETO.....</b>	<b>80</b>
<b>9.10 CONSTRUCCIÓN DE CUNETAS EN CONCRETO.....</b>	<b>81</b>
<b>9.1 TUBERÍAS Y ACCESORIOS. ....</b>	<b>81</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Componentes sistema de abastecimiento de agua Municipio de Apartadó .....	14
Tabla 2. Concesión de aguas superficial para abastecer el área urbana del municipio de Apartadó a captar del Río Apartadó.....	15
Tabla 3. Catastro de Redes del municipio de Apartadó.....	36
Tabla 4. Resumen de infraestructura existente de acueducto .....	37
Tabla 5. Índice de Calidad Operativa.....	38
Tabla 13. Tramos a intervenir en la optimización Apartadó .....	52
Tabla 14. Población Censos 1993 -2005 DANE Municipio de Apartadó .....	54
Tabla 15. Resultados métodos proyección de población DANE.....	55
Tabla 16. Resultados métodos proyección de población SISBEN.....	56
Tabla 17. Proyección de población y tasa de crecimiento .....	57
Tabla 18. Estimación tasas de crecimiento Municipio de Apartadó inter censal .....	57
Tabla 19. Ecuaciones líneas de tendencia DANE .....	58
Tabla 20. Ecuaciones líneas de tendencia SISBEN .....	59
Tabla 21. Valores de Entrada Proyección de la Población.....	59
Tabla 22. Proyección de población método geométrico municipio de Apartadó, corregimiento El Salvador y Churidó. ....	60
Tabla 23. Asignación del nivel de complejidad.....	61
Tabla 24. Dotación según el RAS.....	61
Tabla 25. Proyección de Demanda de Agua Potable del municipio de Apartadó.....	65
Tabla 26 Proyección de Demanda de Agua Potable corregimiento de El Salvador. ....	66
Tabla 27 Proyección de Demanda de Agua Potable corregimiento de Churidó. ....	67
Tabla 28. Valor del Coeficiente C de Hazen-Williams.....	71
Tabla 29. Longitud de tubería proyectada según modelación hidráulica. ....	71
Tabla 30. Diámetro y longitud de tubería para reposición.....	73
Tabla 31. Consumo futuro en el municipio de Apartado corregimientos de Churidó y el Salvador.....	74

## **ÍNDICE DE GRAFICAS**

Gráfica 1. Porcentaje de tubería por material.....	37
Gráfica 2. Registros de suspensiones del servicio a octubre de 2016.....	39
Gráfica 3. Fugas atendidas año 2016.....	44
Gráfica 5. ANC Mensual durante el Año 2016.....	47
Gráfica 5. Métodos proyección de población DANE.....	58
Gráfica 6. Métodos proyección de población SISBEN.....	58
Gráfica 7. Proyección Agua No Contabilizada .....	62

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1 Municipio de Apartadó .....	7
Ilustración 2. Zonas de Amenaza de Inundación – Municipio de Apartadó.....	12
Ilustración 3. Localización y distribución sistema de acueducto .....	14
Ilustración 4 Cauce del río Apartadó en época invierno y en época de verano. ....	16
Ilustración 5. Captación por estructural lateral.....	17

Ilustración 6. Aducción ubicada en la Bocatoma.....	18
Ilustración 7. Desarenador y rebose ubicado en la Bocatoma .....	19
Ilustración 8. Localización Bocatoma- línea de aducción - PPAP.....	19
Ilustración 9. Localización Planta de producción de agua potable.....	20
Ilustración 10 Entrada conducción a la PPAP por la avenida López con un trayecto de 6Km .....	21
Ilustración 11. Macromedición entrada planta y cámara de aquietamiento.....	21
Ilustración 12. Presedimentadores MODULOS ANTIGUOS Y NUEVOS.....	22
Ilustración 13 canaleta Parshall .....	22
Ilustración 14 Bomba dosificadora y tanques almacenamiento coagulante.....	23
Ilustración 15 Distribución del agua de la canaleta parshall a los floculadores. ....	23
Ilustración 16. Floculadores verticales y horizontales. ....	24
Ilustración 17 Sedimentadores tipo colmena y tipo bandejas.....	24
Ilustración 18 Filtros unidades planta antigua y nueva.....	25
Ilustración 19 Filtros de la unidad de la PPAP ampliada se une con los filtros antiguos y se vierten al tanque de cloración .....	25
Ilustración 20 Tanque de cloración.....	26
Ilustración 21. Localización tanques de almacenamiento .....	27
Ilustración 22. Ubicación y distribución del tanque semienterrado de 3000m <sup>3</sup> .....	27
Ilustración 23 Tanque de cloración con 3 líneas de salida.....	28
Ilustración 24. Tanque de concreto de 3.000 m <sup>3</sup> y trayecto a los pozos de succión .....	28
Ilustración 25. Pozos de succión que bombean a los tanques 20 de enero y Laureles .....	29
Ilustración 26 Tanque elevado de concreto 20 de enero de 750 m <sup>3</sup> .....	30
Ilustración 27. Tanque elevado de concreto Laureles 750 m <sup>3</sup> .....	30
Ilustración 28. Cuarto de control .....	31
Ilustración 29. Ubicación y distribución del tanque semienterrado de 1500m <sup>3</sup> .....	31
Ilustración 30. Salida tanque de cloración al tanque semienterrado de 1.500 m <sup>3</sup> ubicado en la sede operativa – tanque Centro a 150 ms de la PPAP .....	32
Ilustración 31. Motobombas de superficie suben el agua al tanque elevado Centro.....	32
Ilustración 32. Tanque elevado Centro de 500 m <sup>3</sup> en la sede operativa.....	33
Ilustración 33. Macromedidores salidas del Tanque Centro.....	33
Ilustración 34. Barrios abastecidos por los tanques elevados en el municipio de Apartadó. ....	34
Ilustración 35. Distribución de Tanques.....	35
Ilustración 36. sectorización y líneas de distribución.....	36
Ilustración 37. Sectorización Zona centro del municipio de Apartadó.....	40
Ilustración 38. Reparación de Fuga 3” asbesto cemento, circuito 45/249800. Cra. 97 y Cl 96 esquina. Trilladora detrás del CDS. ....	41
Ilustración 39 Reparación de Fuga 3” asbesto cemento, circuito 45/379400. Cr 98 y Cl 98 esquina. Frente almacén Gran Campeón. ....	41
Ilustración 40 Reparación de Fuga 3” asbesto cemento, circuito 045/420700 – 420720, Cr 101A entre Calle 97 y Calle 98. Entre las Molas y el Arcoiris .....	41
Ilustración 41 Reparación de fuga 3” asbesto cemento al frente de la emisora apartado estéreo y Colanta, circuito 45/080350. Carrera 101A entre Calle 99 y Rio Apartadó. ....	42
Ilustración 42 Reparación de Fuga 3” asbesto cemento, circuito 45/128300. Cr 103 entre Cl 98 y Cl 99. ....	42
Ilustración 43 Reparación de Fuga 3” asbesto cemento, circuito 45/387180. Cl 98 entre Cr 99 y Cr 100. ....	42
Ilustración 44 Reparación de fuga 3” asbesto cemento. Cr 99 con Cl 99 esquina, calle del sindicato. ....	43
Ilustración 45 Reparación de fuga 10” frente al circuito 045/394900 al lado de Foto Quintero es producto de unión de asbesto cemento en mal estado. Carrera 98 entre Calle 99 y Rio Apartadó. ....	43
Ilustración 46. Localización de macromedición en el sistema de acueducto en Apartadó.....	45

<i>Ilustración 47. Estructura analítica Guía metodológica de planeación de Gestión integral ANC.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 48. Localización sistema de macro medición a instalar en el municipio Apartadó.....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 49. Trazado de redes a reponer en la zona centro del municipio de Apartado (alternativa 1). ....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 50. Trazado de redes a reponer en la zona centro del municipio de Apartado (alternativa 2).....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 52 Presentación modelo hidráulico de redes de acueducto implementado en WaterGEMS V8i - Municipio de Apartadó (Casco urbano, corregimientos de Churidó y El Salvador). ....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 53 Presiones actuales en el municipio de Apartadó. ....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 54. Presiones actuales en el municipio corregimiento Churidó y El Salvador. ....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 54 Comportamiento del consumo en el municipio de Apartado y corregimientos de Churidó y El Salvador.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 55. Curva demanda del sistema de acueducto del municipio de Apartado año 2046 .....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 56. Presiones futuras en el casco urbano municipio de Apartadó. ....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 57. Presiones futuras en el corregimiento de Churidó y El Salvador, municipio Apartadó .....</i>	<i>77</i>

## 1 INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

Ubicación del Municipio de Apartadó, en la subregión de Urabá - Departamento de Antioquia, Colombia.



**Ilustración 1** Municipio de Apartadó

La extensión territorial total del Municipio de Apartadó es de 600 km<sup>2</sup>, de los cuales 7.65 km<sup>2</sup> corresponden al área urbana. Con base en las estadísticas demográficas, la población es de 173.008 habitantes (Censo Dane 2005, proyección 2016), distribuidos en su gran mayoría en el casco urbano con 149.573 habitantes (Censo Dane 2005, proyección 2016), y de 23.435 habitantes (Censo Dane 2005, proyección 2016), en la zona rural. Apartadó está conformado por 4 corregimientos y 56 veredas, dividido geopolíticamente por 49 barrios.



### 1.1 Localización Geográfica

Apartadó, Municipio de Antioquia, perteneciente al eje Bananero o Zona de Urabá, se levanta a una altura sobre el nivel del mar de 30 metros, una temperatura promedio de 27 grados centígrados.

Apartadó se encuentra ubicado al noroeste del Departamento de Antioquia a 373 kilómetros de Medellín por vía pavimentada, limita por el Norte con el municipio de Turbo, por el este con el departamento de Córdoba, por el Sur con el Municipio de Carepa y por el oeste con el Municipios de Río Sucio y Unguía.

### 1.2 Vías de acceso

Por la cercanía al Municipio de Carepa, aproximadamente 15km, se aprovecha el Aeropuerto Antonio Roldán Betancur, y por vía terrestre existe la denominada vía al mar, por la que se accede gracias a tres empresas de transporte intermunicipal que brindan el servicio desde y hacia la ciudad de Medellín.

### 1.3 División Política Administrativa

La Cabecera municipal está conformada por las siguientes comunas:

**Comuna uno:** Bernardo Jaramillo Ossa conformada por los barrios: 20 de Enero, La Paz, Policarpa Salabarrieta, Alfonso López, El Concejo, La Arboleda, la Alborada, Antonio Roldán Betancur, San Fernando, Santa María.

**Comuna dos:** ocho de febrero conformada por los barrios: Primero de Mayo, Obrero, Brisas.

**Comuna tres:** pueblo nuevo conformada por los barrios Pueblo Nuevo, La Esperanza, San Judas, 9 de Octubre, La Cadena, La Esmeralda, Parroquial, Las Playas, Manzanares, La Navarra.

**Comuna cuatro:** José Joaquín Vélez conformado por tres subsectores:

**Primer subsector** José Joaquín Vélez con los barrios Vélez Simón Bolívar, Las Flores, Laureles, La libertad, Serranía, Nueva Civilización, Gualcalá, El estadio.

**Segundo subsector** Chinita con los barrios: Chinita, El Rosal, Corrugados del Darién

**Tercer subsector** Jaime Ortiz Betancur con los barrios El Amparo, Fundadores, Villa del Río , Los Pinos, Nuevo Apartado, Pueblo Quemado, Ortiz , Los Almendros, Los Álamos y Mata de Guadua.

### 1.4 Temperatura

La distribución de temperaturas, como es característico de la zona ecuatorial presenta una variabilidad estacional muy débil. Además la proximidad de la masa oceánica modera los



cambios intradiarios. La temperatura media diaria fluctúa en un estrecho rango de 26 y 28°C, con máximos en los meses de marzo a junio y mínimos en febrero, agosto y octubre. Las temperaturas máximas históricas han alcanzado el umbral de 40°C, y es frecuente que se supere el valor puntual de 35°C.

### **1.5 Humedad relativa**

Los valores de humedad relativa son altos durante todo el año. Los promedios regionales se encuentran en el rango de 85 a 92%. Los meses de mayor humedad son los pertenecientes al núcleo del período lluvioso. En mayo y junio la humedad relativa media alcanza su punto máximo, el cual es del orden del 89%. Los mínimos son del orden del 64%, los cuales ocurren al medio día. En las primeras horas del amanecer se alcanzan con frecuencia condiciones de saturación. La mayor parte del año se presenta días nublados o parcialmente cubiertos.

### **1.6 Brillo solar**

En la estación Tulenapa el promedio anual de brillo solar es de 1655 horas presentándose los máximos valores en los meses de diciembre a febrero. Según el estudio de Penca de Sábila, en su breve período de funcionamiento, la estación *La Cerrazón* ha registrado promedios de totales anuales de brillo solar cercanos a las 1200 horas. En general, la insolación se concentra en las horas de la mañana hasta poco después del mediodía. Se puede observar que la insolación disminuye a medida que avanzamos hacia el norte, debido a la alta nubosidad que causa mayores precipitaciones en la región sur.

### **1.7 Velocidad del viento**

Entre enero y abril se evidencia el efecto de los vientos Alísios; en éste período, las zonas bajas registran direcciones primordialmente norte y nordeste. Se establecen valores medios de velocidad entre 9 y 10 km/h, mientras que los máximos han alcanzado los 20 km/h (Penca de Sábila, 1996).

### **1.8 Hidrología**

Apartadó tiene como principales fuentes; el río Apartadó que es la fuente que abastece el acueducto municipal y el río León y su ciénaga, el cual es un atractivo turístico de la región.

### **1.9 Usos Del Suelo**

Los usos del suelo más representativos en la cabecera urbana del Municipio de Apartadó son los siguientes:

- Habitacional
- Comercial
- Institucional y de servicios
- Cultural y recreativo

- Industrial

La Vía al Mar en su paso por el Municipio se convierte en un eje estructurante en el cual se desarrollan múltiples actividades económicas y de relaciones sociales.

### **1.10 Sistema vial**

Las vías urbanas del Municipio conforman una retícula que se altera o interrumpe por los accidentes naturales principalmente.

En el casco urbano del Municipio de Apartadó, se distinguen varias vías importantes que constituyen la base del movimiento vehicular; las Carreras 13 y 14 con las Calles 100 y 101, cruzan las zonas de actividades múltiples y la Calle 104, entrada al área urbana desde la carretera regional.

La falta de definición de las líneas de paramento, las secciones viales no constantes las cuales varían entre 10 y 15 m, los variados tamaños y tipos de las manzanas, la presencia de caños que atraviesan el casco urbano, la carencia de redes adecuadas de alcantarillado y la falta de drenaje en las vías; hacen que el sistema vial no sea ágil, presentándose continuamente interrupciones en el tráfico vehicular sobre todo en época de invierno.

### **1.11 Zonas de amenazas y riesgos en el municipio de Apartadó**

Se consideran zonas de amenazas y riesgos, las zonas inundables y las zonas con amenaza por estabilidad.

### **1.12 Áreas con Zonas Altamente Inundables (Z.A.I.)**

Comprende los sectores que están expuestos a inundaciones con periodos de frecuencia menores a 5 años, ubicados dentro de la llanura de inundación del río Apartadó; dichas zonas se ubican en:

1. Barrio San Fernando: entre las carreras 80 y 71, al sur de la calle 100, margen derecha del río Apartadó.
2. Barrio El Concejo: al sur de la calle 99.
3. Barrio La Alborada: entre carreras 55 y 62, al sur de la calle 100 en la margen derecha del río Apartadó.
4. Sector del barrio Vélez, 50 metros aguas abajo del puente sobre la carrera 105A.
5. Barrio Alfonso López, entre la carrera 100 entre calles 71 a 76.

Todas las zonas ubicadas en las márgenes del río Apartadó deben respetar los retiros señalados en el plano de amenazas, los cuales no deben ser en ningún caso menores de 30 metros.

### **1.13 Zonas Altamente Inundables (ZAI)**

Comprende los sectores que están expuestos a inundaciones con periodos de frecuencia menores a 5 años, ubicados dentro de la llanura de inundación del río Apartadó; dichas zonas se ubican en:

6. Barrio San Fernando: entre las carreras 80 y 71, al sur de la calle 100, margen derecha del río Apartadó.
7. Barrio El Concejo: al sur de la calle 99.
8. Barrio La Alborada: entre carreras 55 y 62, al sur de la calle 100 en la margen derecha del río Apartadó.
9. Sector del barrio Vélez, 50 metros aguas abajo del puente sobre la carrera 105A.
10. Barrio Alfonso López, entre la carrera 100 entre calles 71 a 76.

Todas las zonas ubicadas en las márgenes del río Apartadó deben respetar los retiros señalados en el plano de amenazas, los cuales no deben ser en ningún caso menores de 30 metros.

### **1.14 Zonas Moderadamente Inundables (ZMI)**

Está conformada por los terrenos adjuntos a la Llanura de inundación en transición hacia la unidad de abanico aluvial, para la cabecera corresponde a:

1. Barrio El Concejo: Entre las calles 99 y 101 y las carreras 60 y 67.
2. Barrio La Alborada: entre las carreras 55 y 62, al sur de la calle 100 en la margen derecha del río Apartadó.
3. Barrio Alfonso López
4. San Fernando: Entre las calles 100 y 101B y las carreras 76 y 78.
5. Barrio Brisas: Entre las calles 100 y 101 y con las carreras 78 a la 79A.
6. Barrio Pueblo Nuevo
7. Barrio Primero de Mayo
8. Barrio La Esmeralda entre las carreras 96 y 97C margen izquierda del río
9. Barrio Vélez: sector sur en la margen derecha del río Apartadó.
10. Barrio El Darién: Sobre la calle 107 entre las carreras 116 y 118.
11. Pueblo Quemado: En la margen izquierda del río Apartadó al occidente del casco urbano.

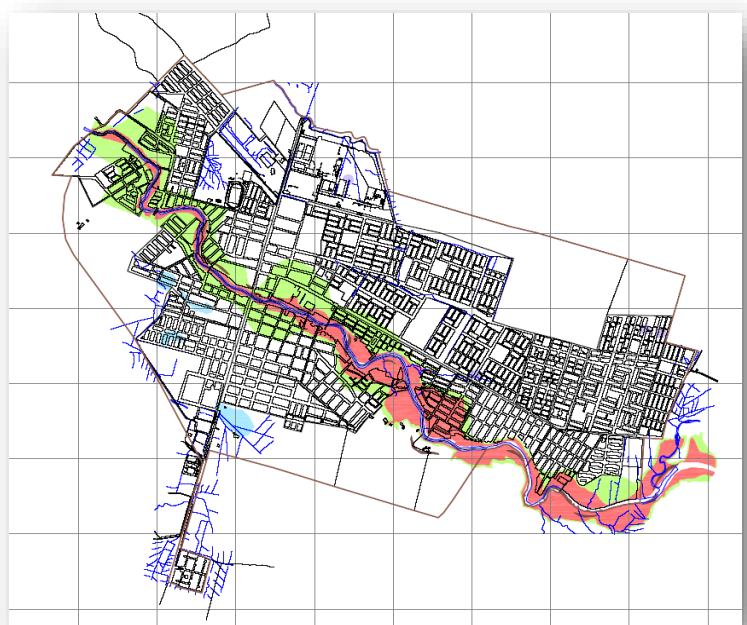
La mitigación de la amenaza por inundación que existe en la cabecera del corregimiento de San José de Apartadó, depende del adecuado manejo que tenga del río Apartadó y las quebradas la Sucia, el Cuchillo y la Linda, las cuales de acuerdo al estatuto de usos del suelo son áreas de conservación activa.

### **1.15 Zona con amenaza por inestabilidad**

Se produce por el proceso de socavación lateral en algunos de los taludes del río. Se presenta como consecuencia del efecto erosivo del agua sobre la base o pata de los

taludes, por lo que estos se desestabilizan y se desploman. El municipio de Apartadó tiene los siguientes sectores con estas características:

1. Barrio Pueblo Quemado y Puente de la carrera 100 sobre el río Apartadó, 150 metros aguas arriba, Barrios Primero de Mayo, Alfonso López, margen derecha del río, entre carreras 68 y 71, Barrio la Esmeralda, aguas arriba del puente sobre la margen derecha del río Apartadó, entre carreras 94 A y 92; Barrio Alfonso López al sur de la calle 100 y Aguas abajo del puente peatonal que comunica los barrios Ortiz y Vélez, en la margen izquierda.



COLOR	NOMBRE
	Zona de Alta Inundación
	Zona de Baja Inundación

**Ilustración 2.** Zonas de Amenaza de Inundación – Municipio de Apartadó

## 2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES FÍSICOS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ACTUAL

El sistema de acueducto del municipio de Apartadó tiene una edad aproximada de 50 años y fue operado, administrado y mantenido por PRESEA S.A E.S.P. hasta el 26 de agosto de 2011, a partir de esta fecha el sistema es operado por Aguas de Urabá S.A. E.S.P. para su operación, empresa que se fusionó en diciembre del 2015 con Aguas de Occidente S.A. E.S.P. hoy Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P.

Actualmente el sistema de acueducto cuenta con: Captación-aducción de agua cruda, desarenador, conducción, planta de producción de agua potable, tanques de almacenamiento (semienterrados, elevados), sistemas de bombeo, redes de distribución primaria y secundaria.

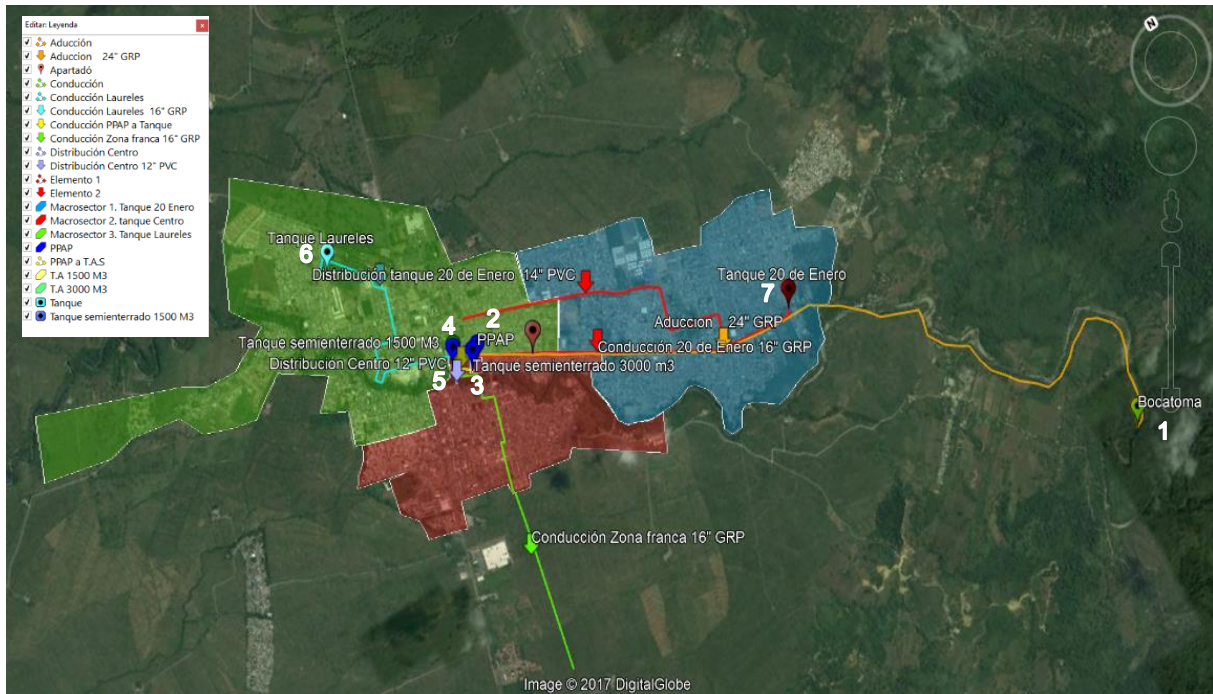
**La población del municipio de Apartadó se abastece con recursos hídricos provenientes del Río Apartadó**, la captación y aducción del agua se realiza a través de un sistema de vertedero lateral que la conduce a un desarenador, de allí se transporta por medio de una **conducción por gravedad en tubería de GRP de 24"** hasta la planta de producción de agua potable dentro del casco urbano del municipio con un recorrido de **6 km aproximadamente**, en la entrada de la planta hay un macromedidor de 24" que controla y mide la cantidad de agua cruda que ingresa, la planta cuenta con una **capacidad de tratamiento de 400 l/s** y su tren de tratamiento se compone por presedimentadores, canaleta Parshall, floculadores, sedimentadores y filtros que llevan el agua a un tanque de cloración.

Una vez finalizado el tratamiento del agua en la planta de producción de aguas potable se reparte desde el tanque de cloración a través de 3 tuberías a 2 tanques semienterrados, uno de 3000 m<sup>3</sup> ubicado dentro de la misma planta y al otro tanque de 1500 m<sup>3</sup> ubicado en la sede operativa al lado de la PPAP, así:

- Del tanque de cloración salen 2 líneas de tuberías en GRP de 24" que van al tanque semienterrado de 3000 m<sup>3</sup> localizado en la misma planta, este se encuentra dividido precisamente para abastecer los pozos de succión de 1000 m<sup>3</sup> que bombean el agua al **tanque elevado 20 de Enero** y al **tanque elevado Laureles** ambos de 750 m<sup>3</sup> ubicados en extremos opuestos del municipio.
- La otra línea de tubería en PVC de 18" con salida del tanque de cloración va directamente al tanque semienterrado de 1500 m<sup>3</sup> localizado en la sede operativa a 150 metros de la PPAP, de donde se bombea al **tanque elevado Centro** de 500 m<sup>3</sup> ubicado al lado del mismo tanque semienterrado en la sede operativa.

Estos 3 tanques elevados son los encargados de realizar la distribución primaria y secundaria del sistema de acueducto en el municipio de Apartadó, según las zonas correspondientes a abastecer de cada tanque, como veremos más adelante.

Se presenta a continuación la localización (Ilustración 3) y descripción (Tabla 1) del sistema de acueducto del municipio de Apartadó, en los numerales siguientes se hará una descripción más detallada de cada uno de los componentes:



**Ilustración 3.** Localización y distribución sistema de acueducto

**Tabla 1.** Componentes sistema de abastecimiento de agua Municipio de Apartadó

ÍTEM	INSTALACIONES	DIRECCIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
1	Bocatoma	Km 6 vía San José de Apartadó	X:1053454.3039 Y:1360295.6973	Captación tipo vertedero lateral, cuenta con tabique tipo rejilla para retener los sólidos a la entrada. En el mismo predio se encuentra el desarenador.
2	PPAP	Calle 103 entre carrera 96 y 97	X = 1049508.8179 Y = 1363550.6503	La planta cuenta con presedimentadores, canaleta parshall, floculadores, sedimentadores, filtros y tanque de cloración
3	Tanque semienterrado de 3000 m <sup>3</sup>	Calle 103 entre carrera 96 y 97	X = 1049500.0000 Y = 1363500.0000	Tanque de almacenamiento ubicado en el mismo predio de la PPAP. Abastece los tanques elevados Laureles y 20 de Enero



ÍTEM	INSTALACIONES	DIRECCIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
4	Tanque semienterrado de 1500m <sup>3</sup>	Calle 103 entre carrera 97 y 98	X = 1049295.4976 Y = 1363618.6386	Tanque de almacenamiento ubicado en la sede operativa, a un costado de la PPAP. Abastece el tanque elevado Centro
5	Tanque elevado Centro	Calle 103 entre carrera 97 y 98	X = 1049326.5662 Y = 1363619.9646	Con capacidad de 500 m <sup>3</sup> , ubicado en el predio de la sede operativa de la empresa Aguas Regionales EPM. Abastece la línea de distribución Laureles y 20 de Enero Abastece los barrios Fundadores, Parroquial, Manzanares, El Paraiso, Pueblo Nuevo y los bloques 1, 2, 3, y 4 del barrio Obrero
6	Tanque elevado Laureles	Carrera 112 entre calle 112 y 113	X = 1048827.1270 Y = 1364593.8460	Con capacidad de 750 m <sup>3</sup> , ubicado en el barrio Laureles. Abastece los barrios Serrania, Laureles, Estadio, Nueva civilización, El Ortiz, Los Almendros, Los Pinos y El Amparo.
7	Tanque elevado 20 de Enero	calle 103 E entre carrera 53 y 54	X = 1051600.3317 Y = 1362694.9180	Abastece los barrios Primero de Mayo, San Fernando, Alfonso Lopez, El Consejo, La Alborada, Santa María, La Arboleda, Antonio Roldan, Diana Cardona, Policarpa, 20 de Enero, Brisas de Oriente, La paz, 4 de junio y los bloque 4 y 5 del barrio Obrero.

## 2.1 Fuente

Mediante resolución TRD 200-03-20-01-0722-2013 del 14 de Junio de 2013 se concedió a la empresa permiso de concesión de aguas superficiales sobre el río Apartadó para abastecer el área urbana del municipio de Apartadó, en la Tabla 2 se indican los caudales a captar autorizados por la corporación, teniendo para el presente año una concesión de 390 l/s:

**Tabla 2.** Concesión de aguas superficial para abastecer el área urbana del municipio de Apartadó a captar del Río Apartadó.

Año	Caudal a otorgar (l/s)
2013	345
2014	356
2015	367
2016	378
<b>2017</b>	<b>390</b>
2018	401
2019	412



Año	Caudal a otorgar (l/s)
2020	423
2021	445
2022	457
2023	468
2024	479
2025	490
2026	500
2027	500
2028	500
2029	500
2030	500
2031	500
2032	500
2033	500

Cabe mencionar que en la resolución otorgada por CORPOURABA se establece la importancia de tener prevista una fuente de abastecimiento alterna como medida de contingencia en temporadas críticas de verano, ya que la cuenca del río Apartadó se encuentra en categoría de criticidad según el índice de escasez de 60.5%.

Se cuenta como única fuente de captación el río Apartadó, el cual en condiciones normales garantiza el caudal de trabajo, en un promedio de 285 l/s que permiten el abastecimiento para los tres principales tanques con una continuidad de 24 horas al día, sin embargo en las épocas de verano, la ausencia de lluvias generan un deterioro de la oferta de este, lo que ha limitado la cantidad de agua captada para tratamiento hasta llegar a extremos de 175 l/s que son insuficientes para garantizar la prestación del servicio. En la Ilustración 4 se muestra el cauce del río en la época de invierno y de verano:



**Ilustración 4** Cauce del río Apartadó en época invierno y en época de verano.

El punto de captación se encuentra aproximadamente a 28 msnm y el caudal medio del río es de **334 l/s**, se ha venido presentando cambios en el uso del suelo en la cuenca aguas arriba, caracterizados principalmente por la deforestación generando un cambio en el comportamiento de la fuente hídrica. El río, después de la captación ingresa a zonas deforestadas donde la actividad bananera está plenamente establecida y actúa como fuente de riego de gran importancia hasta la desembocadura en el río León.

La captación está exclusivamente dirigida al proceso de producción de agua potable y no contempla las actividades de riego.

En cuanto a la calidad del agua del río Apartadó presenta unas características fisicoquímicas deficientes, por lo que se ha reforzado las medidas para el tratamiento y potabilización del agua haciéndola apta para el consumo humano.

## 2.2 Estructura de captación

La captación se realiza a través de un sistema de vertedero lateral de 2 m de ancho 32 m de largo, en la entrada de la bocatoma hay una estructura de vigas en forma de tabiques tipo rejilla que funciona como un tamiz para retener elementos como trozos de madera y demás agentes externos que pudieran poner en riesgo la estructura.



Ilustración 5. Captación por estructural lateral

La estructura actual se encuentra en muy buen estado; solo es importante asumir un programa para la conservación físico-ambiental de la cuenca de manera que los caudales mínimos revisados dentro del histograma de caudales y los valores de turbiedad que han sido deteriorados por el efecto de la deforestación mejoren o por lo menos se conserven. Como también no se afecten las calidades como resultado de vertimientos relacionados con las actividades agroindustriales que podrían ascender hasta niveles inconvenientes para la salud.

### 2.3 Aducción

La aducción de agua cruda de la captación al desarenador se realiza a través de un canal de recolección de entrada en concreto reforzado **de 31 m de longitud por 1.5 m de base y capacidad de 4.4 m<sup>3</sup>/s**. Actualmente la medición del caudal de entrada se hace mediante una regleta métrica pues no se cuenta con sistema de medición de niveles automatizado, lo cual implica que el operario tenga que desplazarse hasta el punto de visualización aproximadamente a unos 2 metros de la regleta y tomar un dato bajo las condiciones climáticas del momento de la toma y según su criterio de acuerdo al estado de su visión.



Ilustración 6. Aducción ubicada en la Bocatoma

### 2.4 Desarenador

El Desarenador se encuentra en el mismo lugar de la bocatoma, consta de un vertedero de excesos, cinco cámaras de sección cuadradas de 16.9 m de longitud y 3.5 m de ancho cada una, y un canal recolector. Esta estructura tiene una **capacidad de 500 l/s** y 10000 UNT fue construida en el año 2001 y optimizada en el año 2004, con la instalación de compuertas en la cámara de salida a las tuberías de conducción. A continuación se muestra dicha estructura:

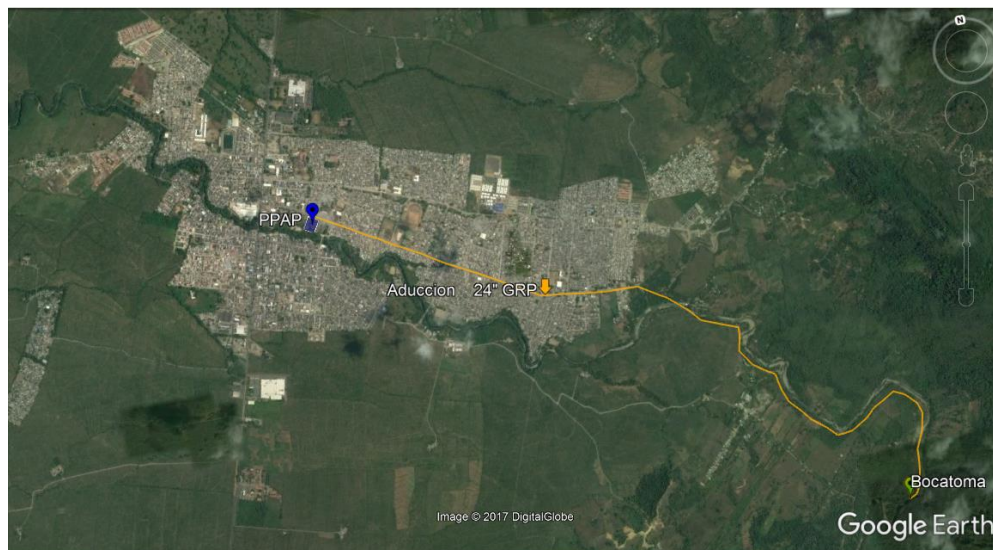




**Ilustración 7.** Desarenador y rebose ubicado en la Bocatoma

## 2.5 Conducción

La conducción del agua del desarenador a la planta de potabilización se realiza por medio de una tubería de 24" en GRP, tiene una longitud de 6 km y por el momento no cuenta con macromedición. En la siguiente ilustración se muestra el recorrido de la línea de aducción:



**Ilustración 8.** Localización Bocatoma- línea de aducción - PPAP

## 2.6 Planta de potabilización

La planta fue construida en 1987 con una capacidad de 250 l/s, fue ampliada y optimizada en el año 2012 con recursos propios de la empresa prestadora de servicios, Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P., ampliando la capacidad a 150 l/s para un total de **400 l/s**. Es de tipo convencional y está localizada en el casco urbano del municipio, como se puede ver a continuación:

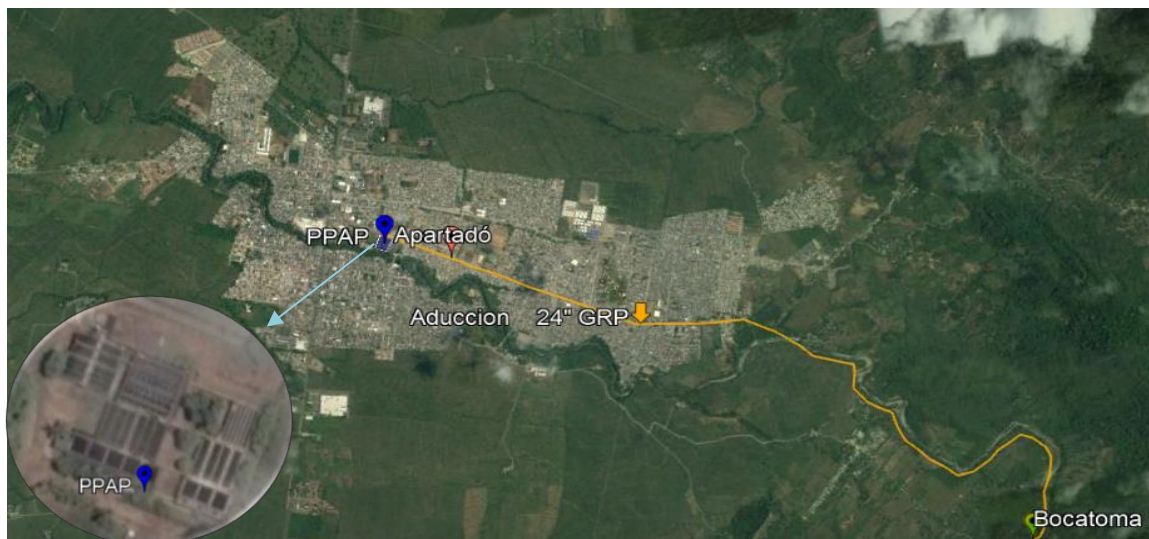


Ilustración 9. Localización Planta de producción de agua potable

En un primer paso el agua llega por gravedad a través de la conducción (tubería **GRP de 24"**), pasando por el macromedidor de 24" que se encuentra en buen estado de funcionamiento y llega a la cámara de aquietamiento de manera ascendente a través de una entrada de 18", con una altura de 4.30 m y 12 m<sup>2</sup> de área aproximadamente. La línea azul de la Ilustración 10 muestra el ingreso de la tubería de conducción a la planta, su paso por el macromedidor y la llegada a la cámara de aquietamiento:





**Ilustración 10** Entrada conducción a la PPAP por la avenida López con un trayecto de 6Km

En la siguiente ilustración se muestra el macromedidor de 24" con su respectiva caja y la cámara de aquietamiento:



**Macromedidor en la entrada de la planta de producción de agua potable**



**Cámara de aquietamiento**

**Ilustración 11.** Macromedición entrada planta y cámara de aquietamiento

Lo siguiente es el tratamiento en los 8 módulos presedimentadores en donde las partículas más grandes caen al fondo del tanque que es en forma de tolva y el agua asciende a través de las placas de fibrocemento hasta las canaletas dentadas, esto funciona así en 4 módulos antiguos mientras que en los 4 módulos nuevos las placas de fibrocemento se reemplazaron con sedimentadores tipo colmena.



**Ilustración 12.** Presedimentadores MODULOS ANTIGUOS Y NUEVOS

El canal de agua presedimentada llega a la canaleta tipo Parshall (mejorada en la optimización de la planta), donde se aplica el hidroxicloriguro de aluminio como método coagulante y se mezcla de manera homogénea gracias a la turbulencia característica en la canaleta, mostrada a continuación:



**Ilustración 13** canaleta Parshall

El coagulante se aplica gracias a un sistema bombas dosificadoras que realiza la mezcla de manera controlada y en una dosis correcta.





**Ilustración 14** Bomba dosificadora y tanques almacenamiento coagulante

Luego de la aplicación del coagulante se distribuye el flujo a los floculadores tipo horizontal antiguos y a los tipo verticales nuevos, estos últimos cuentan con placas de asbesto cemento para ayudar al proceso coagulante aumentando el tiempo de recorrido del agua. Como se muestra en las siguientes ilustraciones:



**Ilustración 15** Distribución del agua de la canaleta parshall a los floculadores.



**Ilustración 16.** Floculadores verticales y horizontales.

El agua floculada pasa a los tanques sedimentadores, cuyas características son similares a la de los presedimentadores. Como se muestra seguidamente:



**Ilustración 17** Sedimentadores tipo colmena y tipo bandejas

A continuación el agua sedimentada llega a 6 tanques filtrantes donde finalmente se detienen las partículas que no fueron retenidas en los procesos anteriores, estos filtros son de alta tasa, compuestos por un falso fondo con capas de grava, arena y antracita (ver Ilustración 18).





**Ilustración 18** Filtros unidades planta antigua y nueva

Una vez terminado el proceso de filtración se conduce el agua al tanque de cloración:



**Ilustración 19** Filtros de la unidad de la PPAP ampliada se une con los filtros antiguos y se vierten al tanque de cloración

En el tanque de cloración se realiza la inyección del cloro gaseoso por medio de un sistema automático a través de un tubo de PVC en forma de flauta en el fondo del tanque, como se muestra a continuación:



**Ilustración 20** Tanque de cloración

La calidad de agua que se suministra a la red de distribución cumple con lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de la Protección Social, y la resolución 2115 de 2007 de los Ministros de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial en la carpeta 02\_PERMISOS\_AMBIENTALES se anexa certificación de calidad del Agua 2016, e igualmente se cumple con su vigilancia . La planta no cuenta con laboratorios, por lo tanto, se utilizan laboratorios reconocidos y certificados.

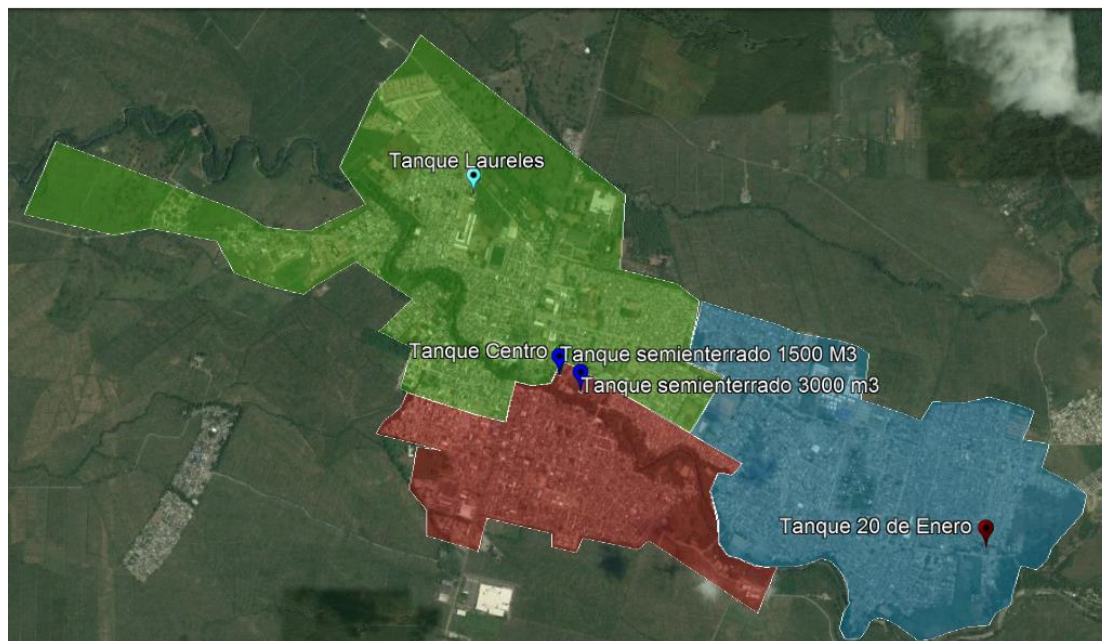
La planta actualmente está tratando un caudal promedio de **290 l/s** que son suficientes para el abastecimiento del municipio.

## **2.7 Tanques de almacenamiento**

Una vez finalizado el proceso de potabilización el agua ingresa al tanque de cloración, de donde salen tres tuberías, dos de ellas hacia el tanque semienterrado de 3000 m<sup>3</sup> ubicado en los predios de la PPAP y la salida restante va hacia el tanque semienterrado de 1500m<sup>3</sup> ubicado en la sede operativa de la empresa Aguas Regionales EPM, ubicada a 150 m de la planta.

El municipio cuenta con cinco tanques de almacenamiento, de los cuales dos se encuentran semienterrados con capacidades de 3000 m<sup>3</sup> y 1500 m<sup>3</sup> y tres elevados que son los tanques Centro con capacidad para 500 m<sup>3</sup>, y los tanques Laureles y 20 de Enero con volúmenes de 750 m<sup>3</sup> cada uno. Estos dos últimos tanques cuentan con el mismo diseño estructural. A continuación se muestra la localización de cada uno de ellos.

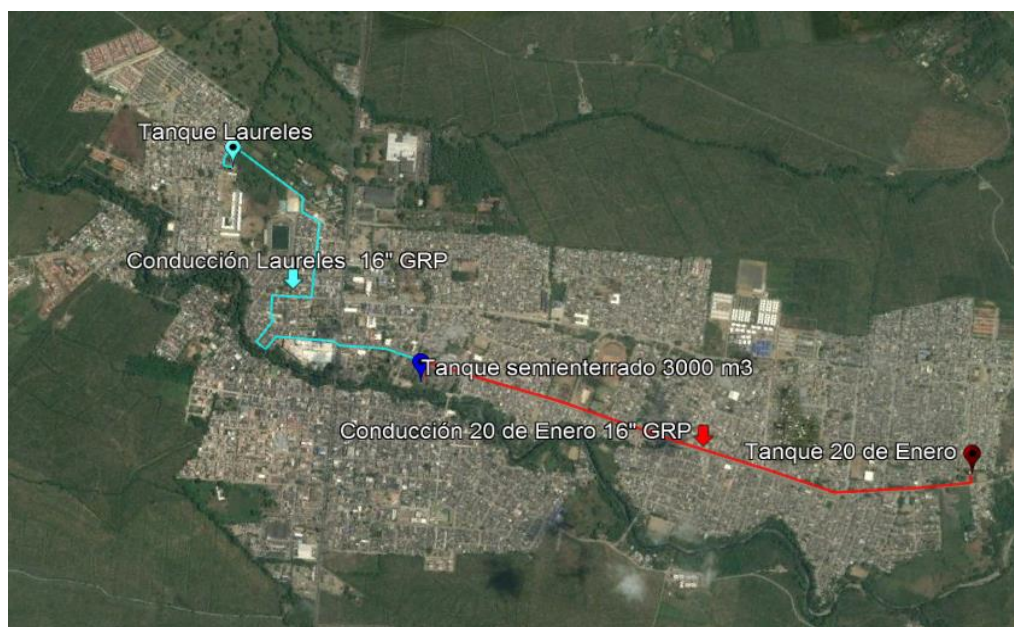




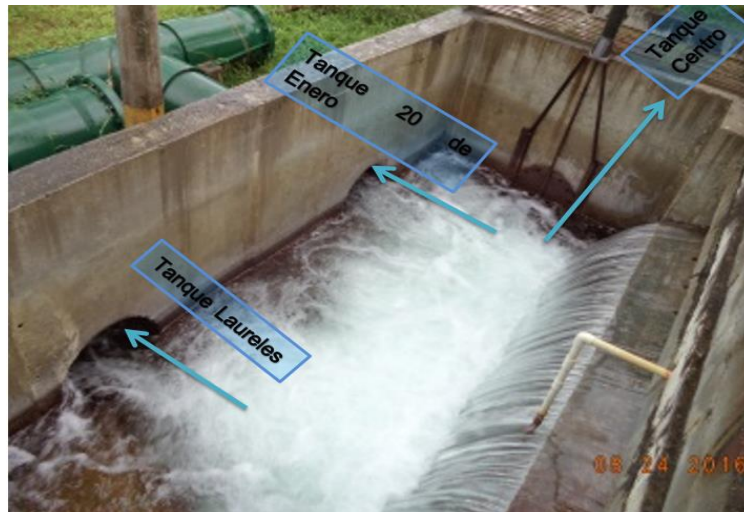
**Ilustración 21.** Localización tanques de almacenamiento

### 2.7.1 Tanque de almacenamiento de 3000 m<sup>3</sup> ubicado en la PPAP:

Tanque de almacenamiento semienterrado ubicado dentro del terreno de la planta de tratamiento del municipio, a un costado del tanque de cloración, tiene dos salidas en 24" en GRP. Cada salida abastece el tanque elevado 20 de enero y el tanque elevado Laureles, como se muestra a continuación:



**Ilustración 22.** Ubicación y distribución del tanque semienterrado de 3000m<sup>3</sup>



**Ilustración 23** Tanque de cloración con 3 líneas de salida



**Ilustración 24.** Tanque de concreto de 3.000 m<sup>3</sup> y trayecto a los pozos de succión

Este tanque semienterrado de 3000 m<sup>3</sup> se conecta con 6 pozos de succión (3 para cada tanque elevado) que bombean el agua a sus 2 respectivos tanques ubicados en los barrios de los mismos nombres en extremos opuestos del municipio a través de una tubería de GRP de 16", Normalmente siempre están trabajando 2 de las tres bombas, con la otra se alterna descanso para las máquinas, esto mismo sucede con las otras 3 bombas del otro tanque. Aquí se encuentran dos macromedidores, uno para cada línea que impulsa a los 2 respectivos tanques. El sistema de succión se muestra a continuación:





**Ilustración 25.** Pozos de succión que bombean a los tanques 20 de enero y Laureles

Los tanques elevados 20 de Enero y Laureles presentan el mismo diseño, la estructura es circular y de concreto, poseen un tanque bajo dentro de la estructura con una capacidad de 1000 m<sup>3</sup>, y en la losa final se encuentra el tanque elevado en GRP que cuenta con una capacidad de 750 m<sup>3</sup>.

De los tanques bajos se bombea a través de un sistema de pozos de succión a los tanques elevados de donde finalmente se distribuye a la comunidad. Dichos sistemas de bombeo constan de 3 motobombas sumergibles en cada uno de los tanques y funcionan de la misma manera que los pozos de succión de la PPAP.

En la siguiente imagen se muestra la configuración de los tanques Laureles y 20 de Enero.





**Ilustración 26** Tanque elevado de concreto 20 de enero de 750 m<sup>3</sup>



**Ilustración 27.** Tanque elevado de concreto Laureles 750 m<sup>3</sup>

Cabe anotar que todos los sistemas de bombeo de estos tanques se encuentran automatizados en su totalidad y cuentan con el funcionamiento del sistema SCADA para el seguimiento, supervisión y control tanto de las succiones e impulsiones de las motobombas como de los niveles de agua existentes en los tanques. El cuarto de control del sistema de acueducto se puede visualizar en la Ilustración 28:



Ilustración 28. Cuarto de control

Finalmente, desde estos dos tanques se abastece las redes secundarias según sus zonas correspondientes, la salida de estos dos tanques no cuenta con macromedición por lo cual no se logra identificar la cantidad de agua real que se envía a las redes de distribución, existe un tercer **tanque elevado Centro** que lo abastece el otro tanque de almacenamiento semienterrado y veremos a continuación:

### 2.7.2 Tanque de almacenamiento de 1500 m<sup>3</sup> ubicado en la sede operativa a 150m de la PPAP:

La tercera línea de salida del tanque de cloración llega por un tubo de 18" de PVC al tanque de concreto semienterrado de 1500 m<sup>3</sup> en la sede operativa a 150m de la PPAP (ver Ilustración 29).

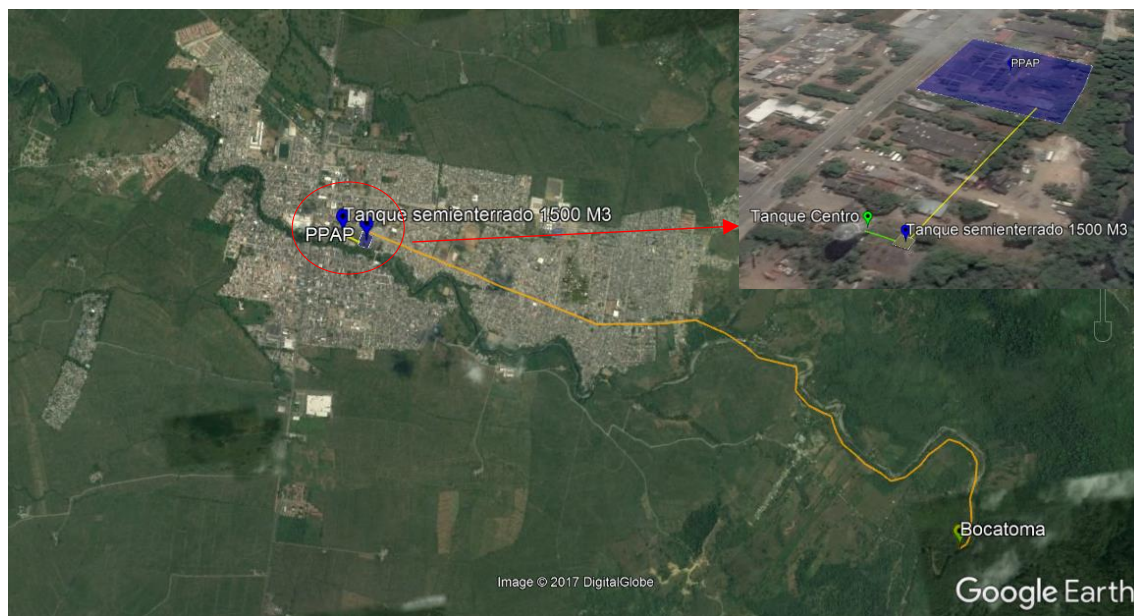


Ilustración 29. Ubicación y distribución del tanque semienterrado de 1500m<sup>3</sup>





**Ilustración 30.** Salida tanque de cloración al tanque semienterrado de 1.500 m<sup>3</sup> ubicado en la sede operativa – tanque Centro a 150 ms de la PPAP

Este tanque surte al **tanque elevado Centro** que cuenta con una capacidad de 500 m<sup>3</sup>, se abastece a través de un sistema de bombeo (3 motobombas de superficie) que impulsan el agua a través de una tubería de asbesto cemento de 12”.



**Ilustración 31.** Motobombas de superficie suben el agua al tanque elevado Centro



**Ilustración 32.** Tanque elevado Centro de 500 m<sup>3</sup> en la sede operativa

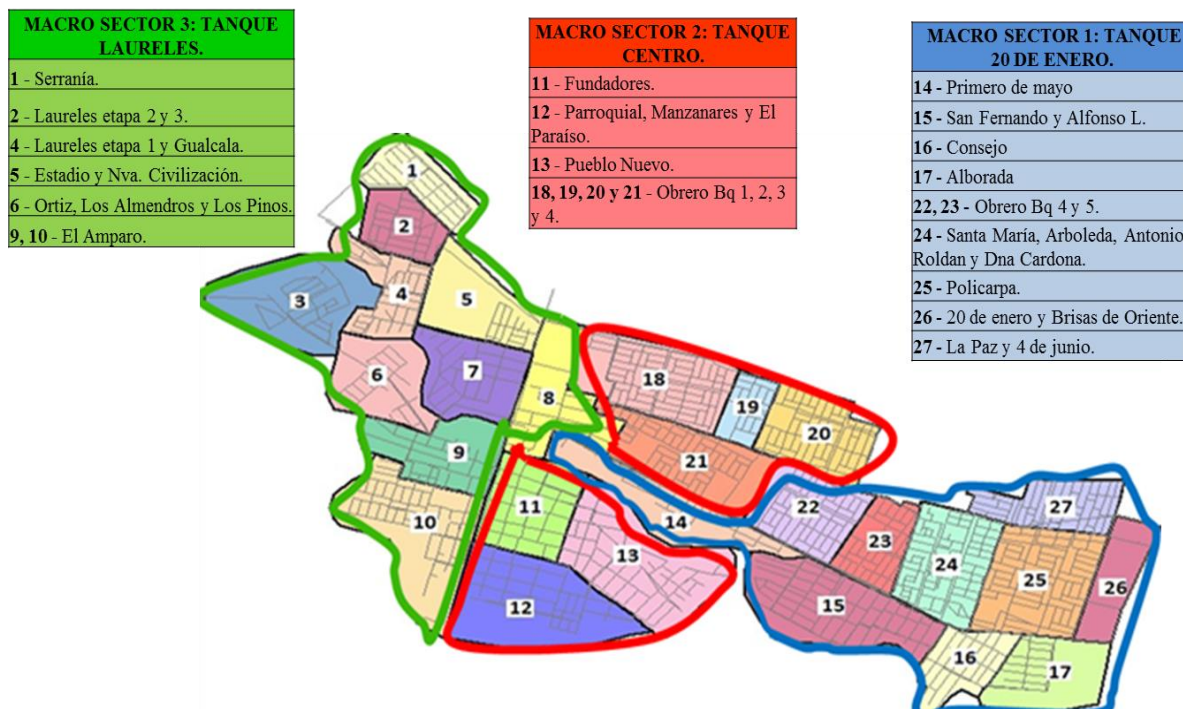
Este tanque elevado tiene tres salidas (centro, Vélez y Bernardo Jaramillo). La primera de ellas abastece la zona centro del municipio, la segunda alimenta la línea de impulsión Laureles y la tercera alimenta el sector 20 de enero. Todas tres cuentan con un sistema de macro medición tipo Venturi con su respectiva cámara, pero debido a su mal estado se encuentran fuera de funcionamiento.

A continuación se muestran los macro medidores.



**Ilustración 33.** Macromedidores salidas del Tanque Centro

En la siguiente ilustración se muestran los macro sectores abastecidos por cada tanque de almacenamiento elevado.



**Ilustración 34.** Barrios abastecidos por los tanques elevados en el municipio de Apartadó.

Como se puede observar en la figura el tanque elevado Laureles abastece toda el área del occidente del municipio, el tanque elevado Centro precisamente en el centro y parte del oriente, y por último el tanque elevado 20 de Enero en el oriente restante del municipio.

En total el sistema de acueducto del municipio cuenta con 5 Tanques de Almacenamiento y distribución, en la siguiente imagen solo se resaltan los tanques elevados encargados de la distribución por gravedad:



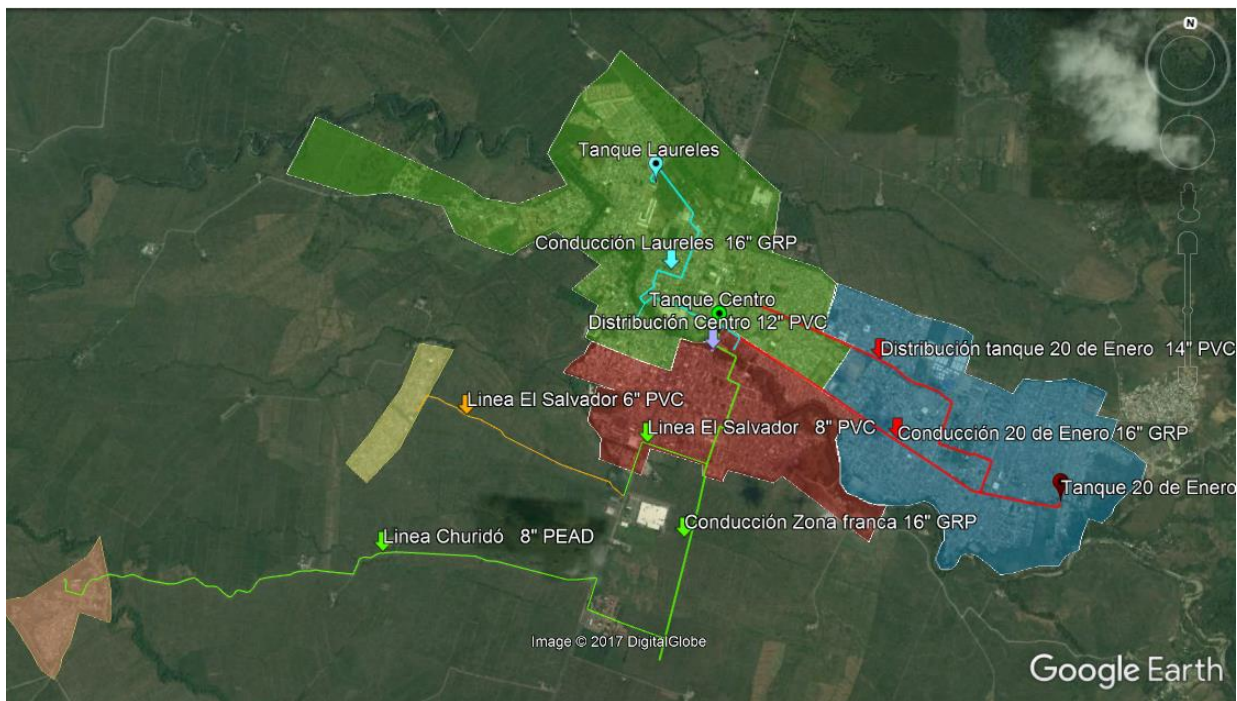


Ilustración 35. Distribución de Tanques

## 2.8 Redes de distribución

Como ya se mencionó anteriormente, el municipio de Apartadó cuenta con cinco tanques de almacenamiento, dos semienterrados y tres elevados.

Los tanques semienterrados se encargan de abastecer a los tanques elevados, los cuales finalmente distribuyen el agua tratada a los tres macrosectores, como se muestra en la Ilustración 34. **Barrios abastecidos por los tanques elevados en el municipio de Apartadó.** Ilustración 36.



**Ilustración 36.** sectorización y líneas de distribución

El sistema de distribución actual cuenta con una longitud de 166693 m de tubería con diámetros que van desde los 25 mm hasta los 450 mm, en materiales como asbesto cemento, polietileno de alta densidad, PVC, hierro dúctil y GRP. En la siguiente tabla se relacionan las cantidades de tubería, diámetro y material.

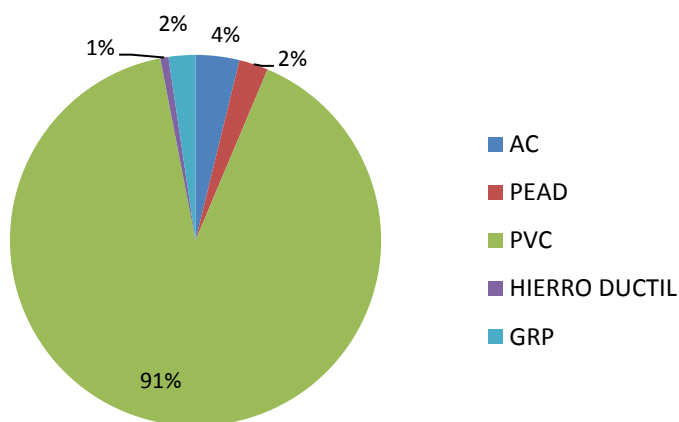
**Tabla 3.** Catastro de Redes del municipio de Apartadó

DIAMETRO (mm)	MATERIAL					TOTAL GENERAL
	AC	PEAD	PVC	HIERRO DUCTIL	GRP	
25			479			479
31			83			83
38			280			280
44		137				137
50			19983			19983
63			479			479
66		415				415
75	4954		78987			83941
79.2		2319				2319
100	290		21606			21896
141		617				617
150	1023		16375			17398
152.4			274			274
160		182				182
176.2		563				563
200			1606			1606
250	84		4076			4160



DIAMETRO (mm)	MATERIAL					TOTAL GENERAL
	AC	PEAD	PVC	HIERRO DUCTIL	GRP	
300			461			461
350			4139			4139
400			2195		3896	6091
450				1190		1190
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>6351</b>	<b>4233</b>	<b>151023</b>	<b>1190</b>	<b>3896</b>	<b>166693</b>

En la Gráfica 1 se relacionan los porcentajes de tubería por material. Nótese que el 91% de las redes se encuentran en tubería de PVC.



**Gráfica 1.** Porcentaje de tubería por material

- Longitud total de redes de distribución secundaria: 166693m
- Número total de válvulas de distribución secundaria: 286 unidades
- Número total de tuberías de distribución secundaria: 3013 unidades
- Número total de hidrantes: 59 unidades
- Diámetro mínimo existente en tuberías de la red de distribución secundaria: 25mm
- Diámetro máximo existente en tuberías de la red de distribución secundaria: 450mm
- Material tuberías de distribución secundaria: Policloruro de vinilo (PVC), principalmente, Asbesto cemento (AC).

En el siguiente cuadro se hace un resumen de la infraestructura del sistema de acueducto del Municipio de Apartadó:

**Tabla 4.** Resumen de infraestructura existente de acueducto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNI	CANTIDAD
1	Estructuras de Captación	Un	1
2	Aducción	Km	0.107
3	Desarenadores	Un	1
4	Conducción de agua cruda	Km	6

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNI	CANTIDAD
5	Planta de Potabilización	Un	1
6	Edificio de operación	Un	1
7	Tanque de almacenamiento en Planta de Potabilización	Un	2
8	Sistema de bombeo de agua potable	Un	1
9	Macro-medición	Un	5
10	Conducción de agua potable	Km	0.54

### 3 INDICADORES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ACTUAL

Actualmente el sistema de acueducto del municipio de Apartadó se encuentra funcionando bajo los siguientes indicadores:

**Tabla 5.** Índice de Calidad Operativa

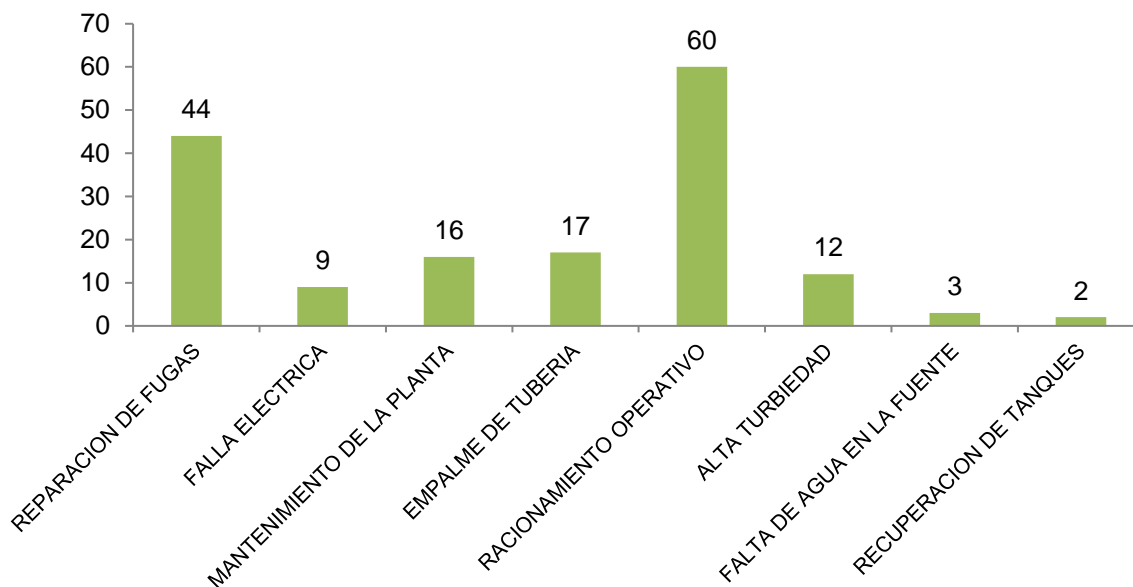
INDICADORES	Octubre 2016
Usuarios acueducto	27,365
Cobertura acueducto	93.88%
Continuidad	99.90%
IRCA	0.00%
IANC	50.25%
Caudal promedio de operación	285.84 l/s

**Información tomada de:** Indicador De Calidad Operativo (ICO) de Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P. para la vigencia mayo 2017

Archivo anexo en carpeta 01\_CARTAS\_CERTIFICADOS\_Y\_FORMATOS / 11. Índice de calidad operativa (ICO).

#### 3.1 Reporte de suspensiones del servicio total

A continuación, se presenta el registro de suspensiones del servicio total en todo el municipio:



**Gráfica 2.** Registros de suspensiones del servicio a octubre de 2016.

Se visualiza que las principales causas de suspensión total del servicio son reparaciones de fugas y racionamiento operativo.

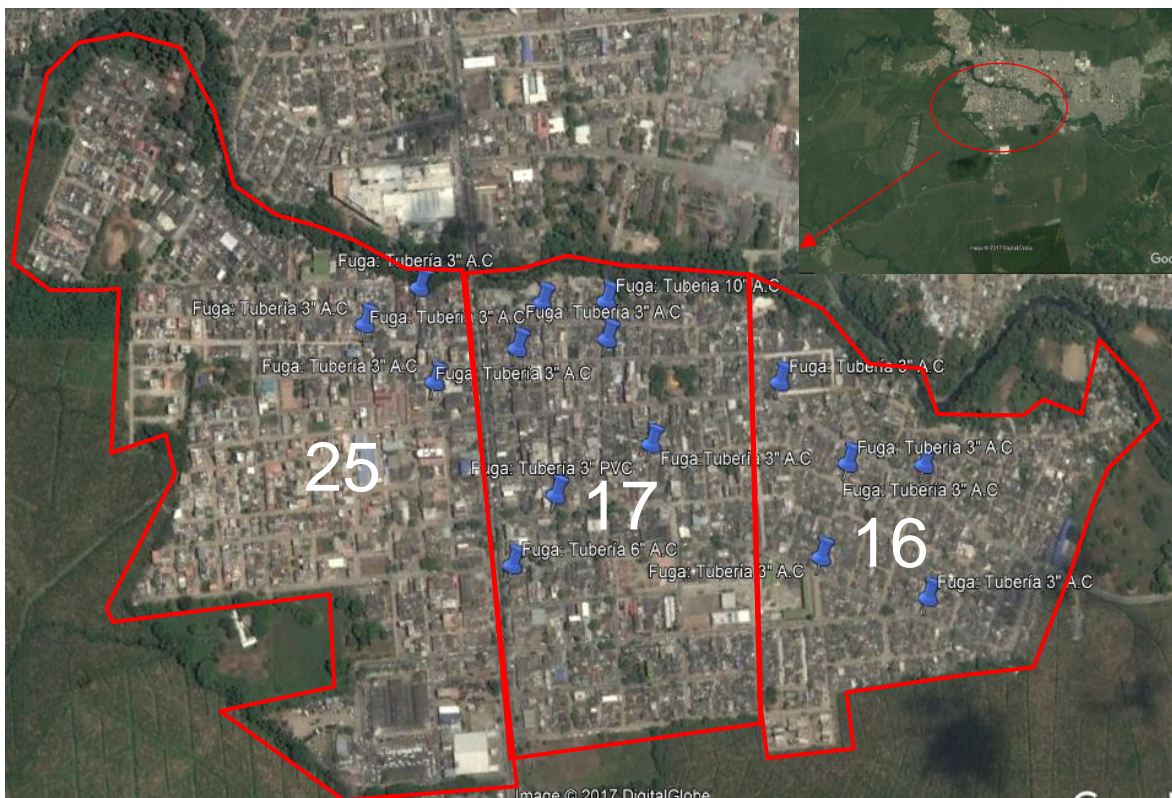
#### **4 DIAGNOSTICO E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Aguas Regionales E.P.M representa un papel muy importante en la expansión municipal, ya que el sistema de acueducto debe garantizar la prestación del servicio en calidad y cantidad suficientes para llevar a cabo las actividades domésticas y comerciales en los municipios donde se encuentra.

Apartadó es considerada la capital del eje bananero debido al crecimiento acelerado que ha tenido en los últimos siete años, este crecimiento es otorgado dado que en el municipio se encuentran las sedes principales de las entidades del estado, empresas nacionales, multinacionales dedicadas a la exportación de frutas (plátano y banano), la zona franca de Urabá, que dentro de sus instalaciones se encuentra una clínica de alto nivel, además de la presencia de diez compañías dedicadas a la exportación.

Debido al crecimiento que viene presentando la región, Aguas Regionales E.P.M no puede estar sujeto a la oferta hídrica con que se cuenta, dado que la concesión de aguas superficiales del río Apartadó otorgada por la entidad ambiental CORPOURABA, la cual autoriza que para el año 2017 solo se puede captar un caudal de 390 L/s, siendo apenas suficiente para la demanda media proyectada al mismo año que es de 385.5 L/s, por esta razón se pueden presentar inconvenientes a partir del presente año debido que al año 2033 se debe realizar nuevamente el trámite de concesión de aguas superficiales según la vigencia de concesión del río Apartadó (anexa en 02\_PERMISOS\_AMBIENTALES), siendo poco viable que la Corporación ambiental de la zona aumente el caudal que se tiene

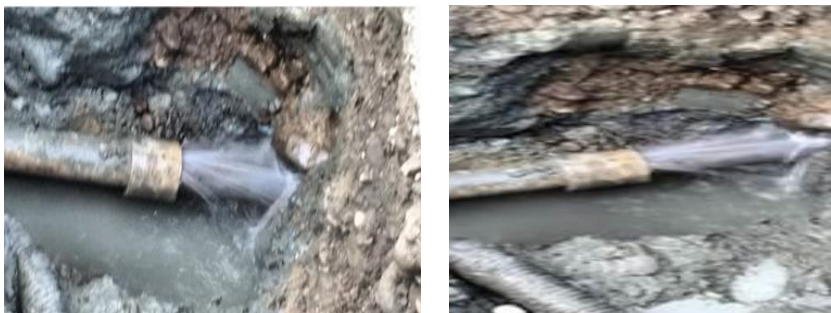
concesionado actualmente debido a que el río Aparat6 muestra una tendencia de disminuci3n de caudal. Si no se toman las medidas necesarias para evitar que el sistema de acueducto se quede corto en capacidad, la comunicada se vería afectada generando así un limitante para el desarrollo de la regi3n. Dicha problemática hace visible la necesidad de hacer un uso eficiente del agua, evitando a toda costa el desperdicio que se dan debido a las fugas en las redes de asbesto cemento, acometidas y las redes en otro material en mal estado, a continuaci3n se presenta la sectorizaci3n de las fugas m1s recurrentes durante el a1o 2016, adem1s de un breve diagn3stico de algunas de ellas.



**Ilustraci3n 37.** Sectorizaci3n Zona centro del municipio de Apartad6

En las ilustraciones 38 a 44 se muestran las fallas presentadas por fugas en la red de distribuci3n de 3" las cuales pueden durar en reparaci3n hasta cuatro horas y en la Ilustraci3n 45 se exponen los da1os en tubería de diámetro igual o superior a 10" las cuales generan mayor traumatismo en el sector afectado, ya que es necesaria la interrupci3n del servicio por un lapso de por lo menos 8 horas.





**Ilustración 38.** Reparación de Fuga 3" asbesto cemento, circuito 45/249800. Cra. 97 y Cl 96 esquina. Trilladora detrás del CDS.



**Ilustración 39** Reparación de Fuga 3" asbesto cemento, circuito 45/379400. Cr 98 y Cl 98 esquina. Frente almacén Gran Campeón.



**Ilustración 40** Reparación de Fuga 3" asbesto cemento, circuito 045/420700 – 420720, Cr 101A entre Calle 97 y Calle 98. Entre las Molas y el Arcoíris



**Ilustración 41** Reparación de fuga 3" asbesto cemento al frente de la emisora apartado estéreo y Colanta, circuito 45/080350. Carrera 101A entre Calle 99 y Río Apartadó.



**Ilustración 42** Reparación de Fuga 3" asbesto cemento, circuito 45/128300. Cr 103 entre CI 98 y CI 99.



**Ilustración 43** Reparación de Fuga 3" asbesto cemento, circuito 45/387180. CI 98 entre Cr 99 y Cr 100.



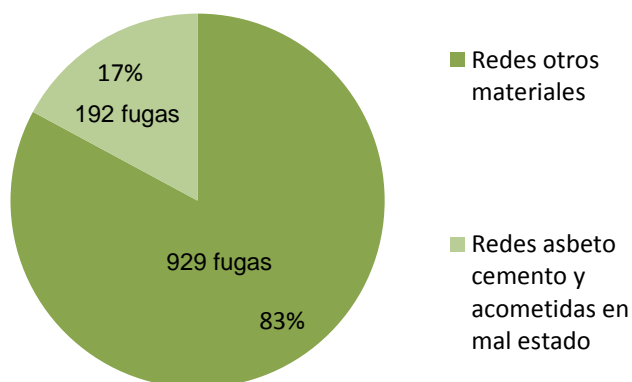
**Ilustración 44** Reparación de Fuga 3" asbesto cemento. Cr 99 con Cl 99 esquina, calle del sindicato.



**Ilustración 45** Reparación de fuga 10" frente al circuito 045/394900 al lado de Foto Quintero es producto de unión de asbesto cemento en mal estado. Carrera 98 entre Calle 99 y Río Apartadó.

Analizando el comportamiento de las fugas y realizando una comparación entre el reporte de fugas atendidas y la relación de cantidad de tubería por material (ilustrado en Gráfica 3), se puede evidenciar que a pesar de que las redes de asbesto cemento corresponden tan solo al 4% de la totalidad de las redes del municipio, estas presentan un alto porcentaje de pérdidas por fugas, convirtiéndose en focos críticos. Cabe mencionar que el sistema de acueducto actual se encuentra presentando un comportamiento estable respecto a las presiones de trabajo y continuidad del servicio, presentando valores de presión mayores a los 21 PSI en las horas de mayor consumo siempre y cuando no se presenten fugas.



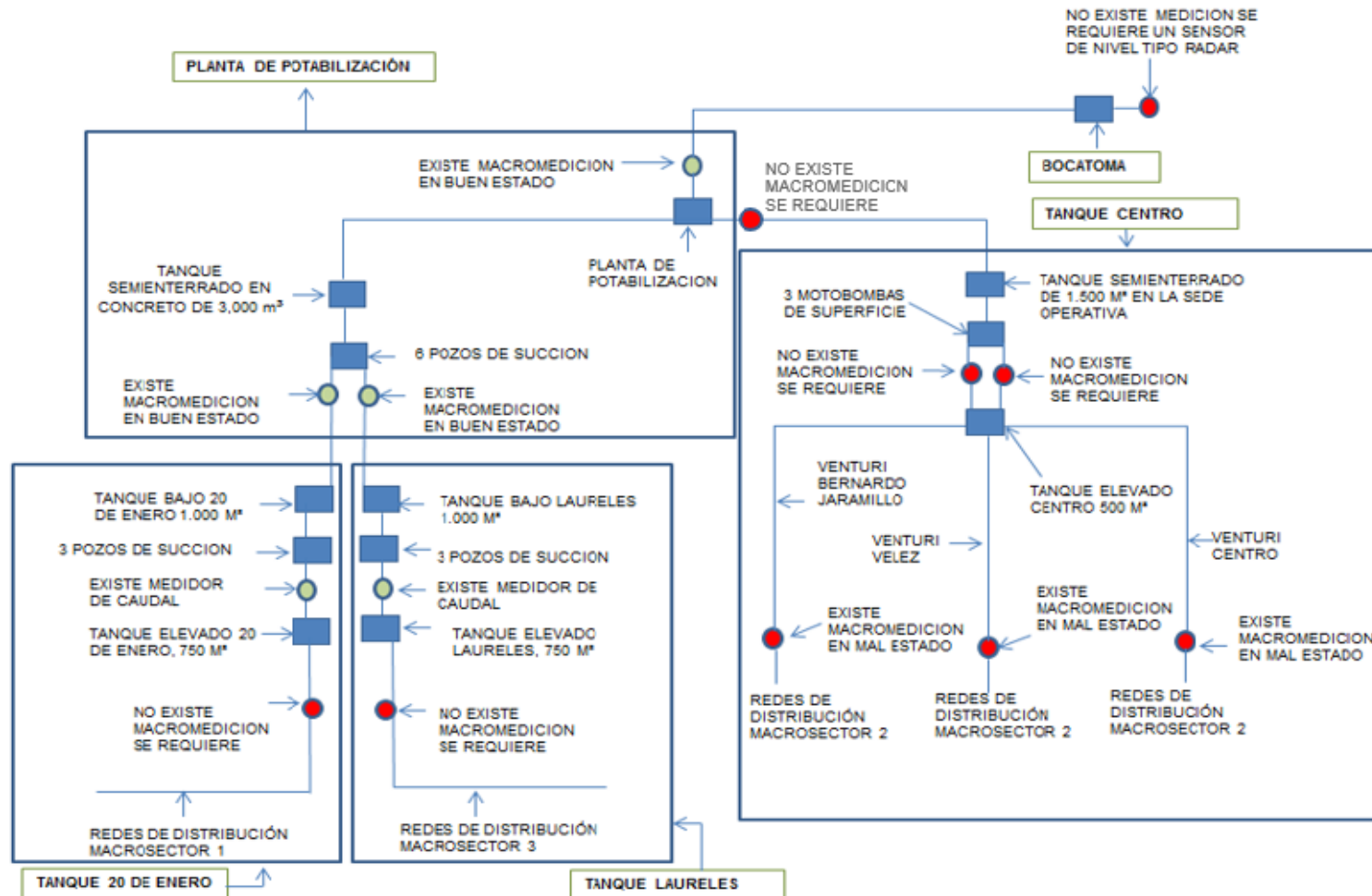


**Gráfica 3.** Fugas atendidas año 2016

Las pérdidas en el sistema de acueducto se evalúan por medio del índice de Agua no contabilizada, que para el mes de octubre de 2016 obtuvo un valor de 50.25% equivalente a 363757.7 m<sup>3</sup> de los 723896 m<sup>3</sup> de agua producidos, sobrepasando así los límites máximos permitidos por la normatividad colombiana RAS 2000, donde se establece que las pérdidas en el sistema no deben ser superiores al 25%.

Otra de las problemáticas encontradas durante el diagnóstico es la carencia de un sistema de control que facilite la operación de las redes y permita la localización y control de las fugas en el sistema. Con la implementación de la macromedición, Aguas Regionales EPM S.A E.S.P logra tener un sistema de acueducto más consolidado, que garantice en el tiempo un servicio de calidad y continuidad, obteniendo así la reducción de pérdidas de agua en el sistema, lo que trae consigo mayores beneficios operacionales, económicos, financieros y ambientales.

A continuación se presenta la localización de los puntos en los cuales se requiere la instalación de macromedidores:



**Ilustración 46.** Localización de macromedición en el sistema de acueducto en Apartadó

## 5 JUSTIFICACIÓN

A partir del diagnóstico e identificación del problema presentado en el sistema de acueducto del municipio de Apartadó, queda clara la necesidad de realizar mejoras a la red, con las cuales se logren subsanar las pérdidas domésticas y económicas causadas por la suspensión del servicio cada vez que se presentan fugas en las tuberías de asbesto cemento y PVC a causa del mal estado de las mismas. Para ello se plantea el proyecto denominado “OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE MUNICIPIO DE APARTADÓ”, con el cual se repondrán las tuberías en mal estado de la zona centro por tubería de polietileno de alta densidad (PEAD). Dicho proyecto impactaría de manera positiva no solo a la mejora de las problemáticas antes descritas, sino también a la reducción del índice de Agua No Contabilizada aportada por las fugas del sistema.

Actualmente la empresa cuenta con una guía metodológica para la planeación de la Gestión integral de Agua No Contabilizada (ver anexo 12.1.2. Guía Metodológica Agua No Contabilizada V1) que tiene como objetivo la revisión de las actividades encaminadas al mantenimiento del sistema de red, que permita establecer o ajustar las estrategias para la identificación y reducción de los daños en el sistema.

Con esta guía se logra implementar metodologías que permitan realizar un seguimiento periódico y permanente de la aparición de daños en la red y del tiempo de atención de estos, las cuales permitan priorizar la ejecución de las actividades de mantenimiento del sistema, tales como sectorización hidráulica, mantenimiento de la operación de las estaciones reguladoras de presión y localización de fugas no visibles.

Una de las alternativas implementadas es la inspección de redes mediante geófonos, logrando una recuperación en el caudal de suministro de 2.0 l/s para fugas en red y de 0.2 l/s para fugas en acometida.

Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P realiza continuamente obras de optimización de redes e instalación de válvulas en diferentes sectores del municipio. En el año 2012 se realizó una optimización del sistema de tratamiento, dichas mejoras fueron ejecutadas con recursos propio, con el objetivo de aumentar y mejorar la cantidad y calidad del agua entregada a los usuarios del municipio. Con esta obra se logró realizar mayor control de las pérdidas que existían al interior de la PPAP. Adicionalmente se han llevado a cabo algunas actividades operativas que ayuden a reducir el IANC a lo largo de la red, tales como:

La creación de cinco frentes de trabajo cuya función es gestionar las pérdidas operativas y comerciales del sistema. A continuación se describe el objetivo de cada uno de los frentes o grupos de trabajo conformados:

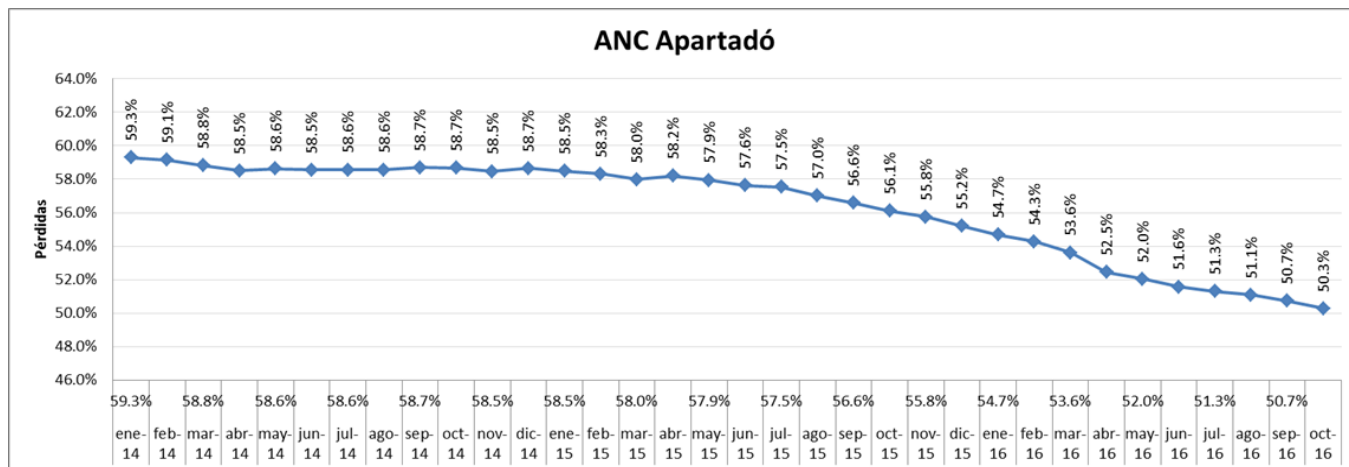
1. El grupo de búsqueda sistemática de fugas (BSF) conformado por tres oficiales dotados de equipos geófonos y una programación anual para la realización de recorridos en red. Con esta metodología se han identificado en el último año cerca de 3.000 fugas tanto en red principal como en acometidas.
2. El grupo de gestión de pérdidas comerciales (GPC) conformado por 6 oficiales y ayudantes de red, cuyo objetivo es identificar todas las pérdidas ligadas a la micro



medición. Durante el recorrido del último año se han identificado alrededor de 2.000 anomalías relacionadas con el tema.

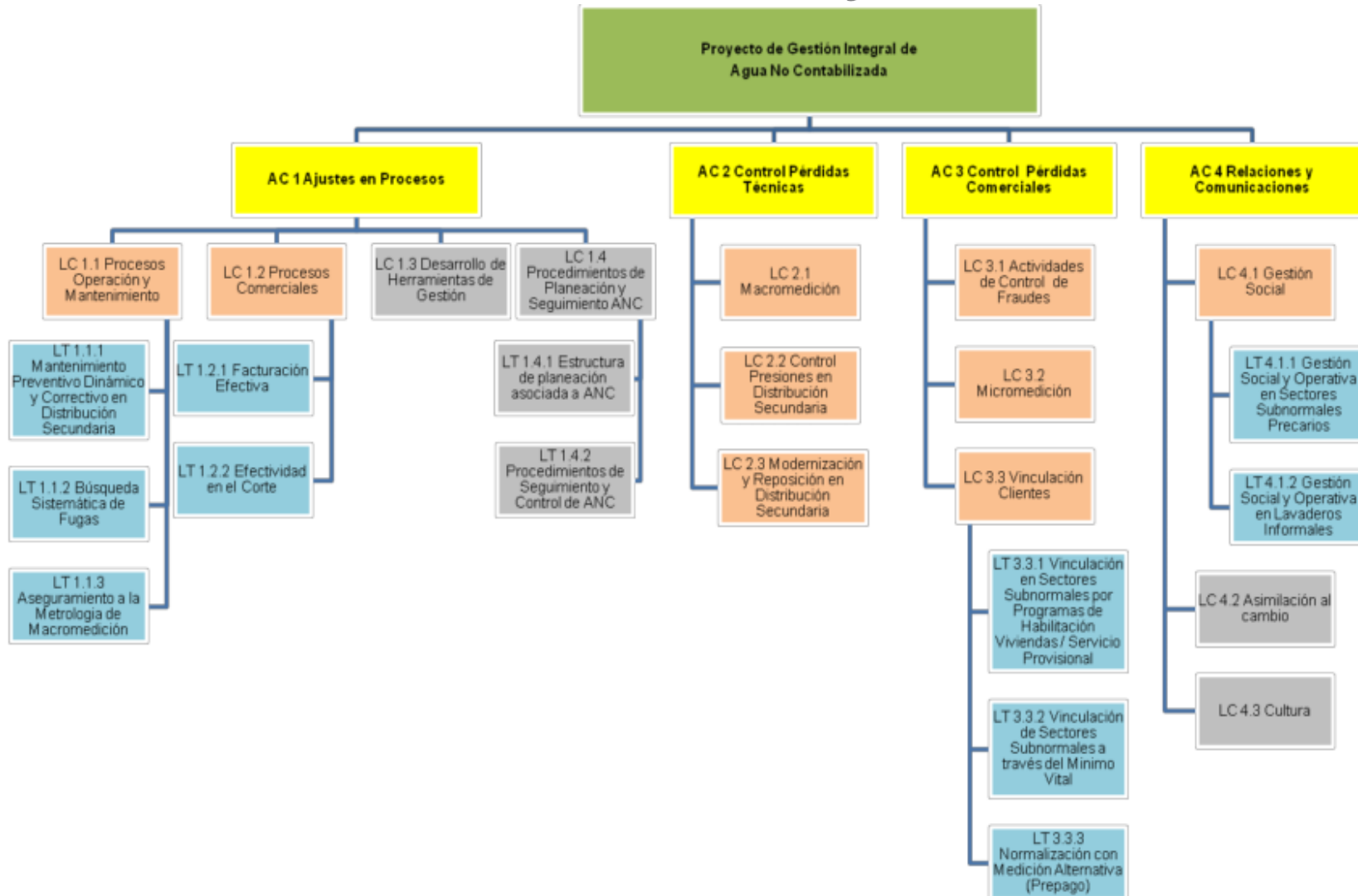
3. El grupo administrador de sistema de alcantarillado (ASA), ha logrado identificar con la ayuda del equipo de inspección rápida (cámara de poste) cerca de 300 fugas y filtraciones de la red de acueducto hacia la red de alcantarillado. Dichas anomalías han sido encontradas en su mayoría en las redes de asbesto cemento.
4. Adicional a los tres grupos de trabajo se tiene el aporte del grupo administrador de sectorización (ASC), quienes se encargan de definir los micro sectores de servicio a partir de la instalación de válvulas. Durante el último año se lograron un avance del 81% en la ejecución de la misma, por lo que han definido 22 micro sectores de los 27 estimados para apartado.
5. El grupo de gestión de producción de agua (GPA) está coordinado directamente desde la PPAP, con ellos se ha logrado reducir en un 15% la producción y envío de agua a la Red sin generar afectaciones en el servicio.

Como resultado a la implementación de dichas estrategias Aguas Regionales de EPM S.A E.S. P logró una reducción del 9% en el Índice de Agua No Contabilizada para el año 2016. Dicho hallazgo se puede observar en la Gráfica 4.



Gráfica 4. ANC Mensual durante el Año 2016

En la Ilustración 47 se presenta la estructura analítica de las acciones llevadas a cabo en la guía metodológica para la planeación de la gestión integral de agua no contabilizada que tendrán como resultado reducir en 10 puntos porcentuales en un término no mayor a 5 años.



**Ilustración 47.** Estructura analítica Guía metodológica de planeación de Gestión integral ANC

A pesar de las acciones implementadas por la empresa para disminuir al máximo las pérdidas en la red de distribución, estas no son suficientes para reducir en buena medida el IANC, por tal motivo se requiere con premura una inversión que permita realizar el cambio de las tuberías de asbesto cemento y policloruro de vinilo de las zonas más críticas e importantes del municipio, logrando la optimización del sistema de acueducto reduciendo al máximo el desperdicio de agua por perdidas en el sistema, adicionalmente no se cuenta con sistemas de macro medición a la entrada de la bocatoma, en las impulsiones de 8" y 12" y a la salida de los tanques de almacenamiento elevados laureles y 20 de enero. Dicha situación dificulta el control de volúmenes de agua producidos (proceso de macro-medición) y el volumen facturado (micro-medición).

Es por ello que este proyecto involucra mejorar el sistema de macro medición del municipio con la instalación y puesta en marcha de ocho medidores de flujo electromagnético de electrónica compacta de diferentes diámetros, un sensor de nivel tipo RADAR para medición de caudal en canal abierto y un tablero de control tipo intemperie en acero inoxidable (Ver ubicación en Ilustración 48 y detalles en 11\_planos / 11.4 Macromedición), de manera que sea posible llevar un control de costos de producción de la planta de tratamiento de agua, conociendo los caudales de agua cruda que ingresan a la PPAP y el agua tratada que es distribuida a cada uno de los tanques del municipio. La medición de nivel en los tanques de almacenamiento permite controlar la operación del sistema y elimina el rebosamiento, siendo un aporte importante en el valor de índice de Agua No Contabilizada.







**Ilustración 48.** Localización sistema de macro medición a instalar en el municipio Apartadó

Con la puesta en marcha de los sistemas de macromedición se lograra establecer con mayor exactitud el Índice de Agua No Contabilizada, alcanzando una disminución del 5% en el ANC durante la ejecución de la obra, mejorándolo paulatinamente con el mantenimiento preventivo realizado por Aguas Regionales EPM S.A E.S.P, lo que conlleva a la disminución en la suspensión del servicio de acueducto por mantenimiento para los usuarios del municipio de Apartadó.

Este trabajo irá acompañado, necesariamente, de una gestión social y comercial que incentive el uso racional del agua y la cultura de pago.

Finalmente con la ejecución de cada una de las actividades contempladas para la optimización del sistema de acueducto de municipio de Apartadó, se logra el objetivo principal, el cual es garantizar la continuidad y calidad del servicio evitando las suspensiones generadas por las fugas presentadas en el sistema.

## 6 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

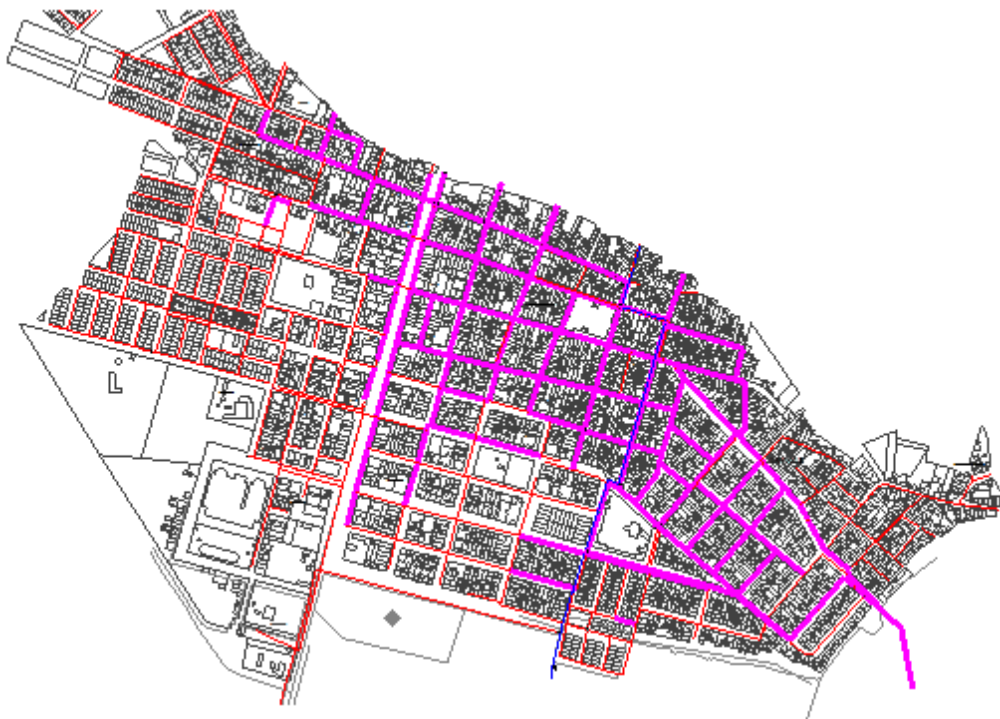
Las redes del sistema de acueducto de la zona centro del municipio de Apartadó llevan en funcionamiento más de 30 años, por ello, el sector sufre constantemente pérdidas por fugas a causa del rompimiento de las tuberías en asbesto cemento y policloruro de vinilo (PVC) que ya han cumplido su periodo de vida útil y no se encuentran en buenas condiciones estructurales para continuar prestando el servicio de distribución a la comunidad.

Para subsanar dicha problemática se tuvieron en cuenta las siguientes alternativas:

### ALTERNATIVA 1:

La primera de ellas consiste en realizar la reposición de las redes existentes por tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) o policloruro de vinilo (PVC) sin realizar cambios en el trazado actual, es decir, por vía pública.

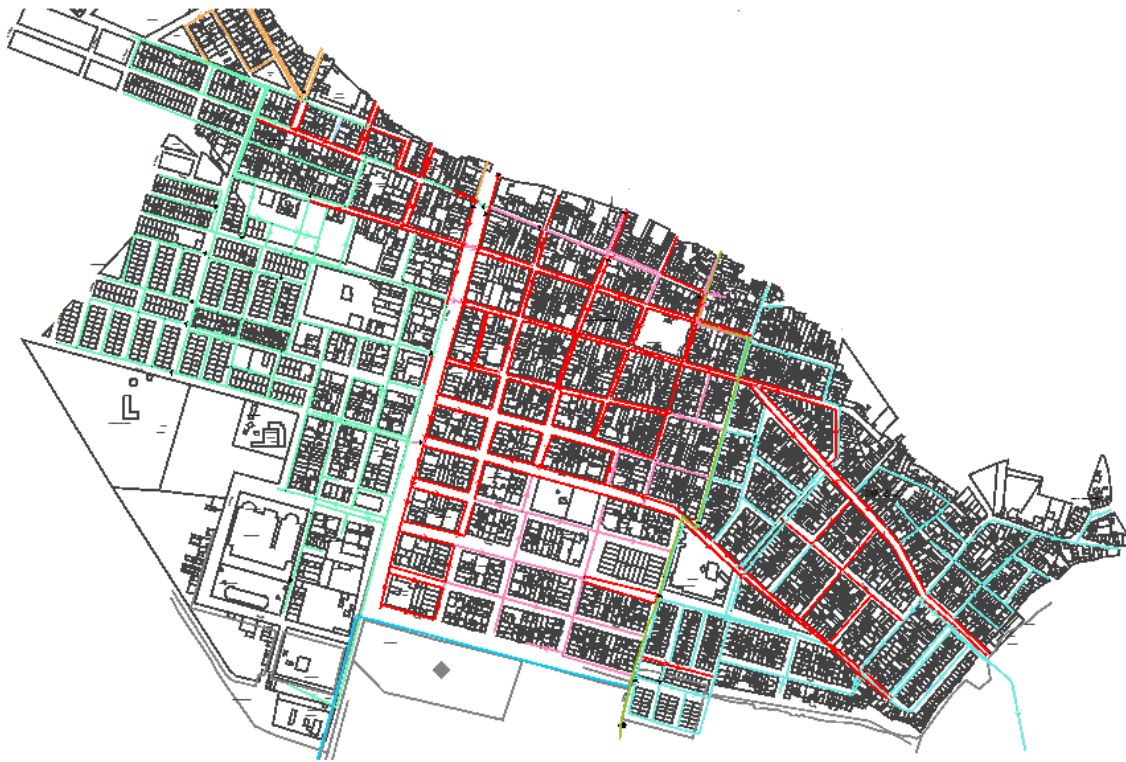
A continuación, se muestra el trazado de redes a optimizar (líneas de color magenta)



**Ilustración 49.** Trazado de redes a reponer en la zona centro del municipio de Apartadó (alternativa 1).

**ALTERNATIVA 2:**

Esta alternativa contempla la reposición de las redes existentes por tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) o policloruro de vinilo (PVC), para ello se tendrá en cuenta un nuevo trazado tipo anillo, el cual se realizará por los andenes peatonales. A continuación, se muestra el trazado de redes a optimizar (líneas de color rojo).



**Ilustración 50.** Trazado de redes a reponer en la zona centro del municipio de Apartadó (alternativa 2).

A continuación se describen los tramos a intervenir

**Tabla 6.** Tramos a intervenir en la optimización Apartadó

CALLES	
Calle 99 entre carrera 104A y 96	Trazado por andenes
Calle 98 entre carrera 104 y 94	Trazado por andenes
Calle 97 entre carrera 101 A y 93	Trazado por andenes
Calle 96 entre carrera 100 y 94	Trazado por andenes
Calle 95 entre carrera 99 y 98	Trazado por andenes
Calle 95 entre carrera 97 y 94	Trazado por andenes
Calle 94 entre carrera 99 y 96A	Trazado por andenes
Calle 94 entre carrera 95A y 88	Trazado por andenes



<b>CALLES</b>	
Calle 92 entre carrera 96A y 89	Trazado por andenes
Calle 91 entre carrera 96A y 95A	Trazado por andenes
Calle 90 entre carrera 100 y 99	Trazado por vía pública sin pavimentar
Calle 90A y carrera 93 y 96	Trazado por vía pública sin pavimentar
Diagonal 95 entre calle 97C y 88	Trazado por andenes
Calle 95A entre carrera 94 y 93	Trazado por andenes
Calle 94A entre carrera 94 y 93	Trazado por andenes
Calle 95 entre carrera 93 y 89	Trazado por andenes
<b>CARRERAS</b>	
Carrera 104A entre calle 99 y 99A	Trazado por andenes
Carrera 103 entre calle 99 y 99A	Trazado por andenes
Carrera 102 entre calle 99 y 99A	Trazado por andenes
Carrera 101 A entre calle 98 y 99	Trazado por andenes
Carrera 100 entre calle 99 y 90	Trazado por andenes
Carrera 100 entre calle 96 y 95	Trazado por andenes
Carrera 100 entre calle 99 y 97	Trazado por vía pública sin pavimentar
Carrera 100 con calle 99	Trazado por vía pública sin pavimentar
Carrera 99 entre calle 99A y 92	Trazado por andenes
Carrera 99A entre calle 97 y 96	Trazado por andenes
Carrera 98 entre carrera 99A y 95	Trazado por andenes
Carrera 97 entre calle 98 y 95	Trazado por andenes
Carrera 96 entre calle 99 y 94	Trazado por andenes
Carrera 95 entre calle 99 y 94	Trazado por andenes
Carrera 95A entre carrera 94 y 92	Trazado por andenes
Carrera 94 entre diagonal 95 y calle 94	Trazado por andenes
Carrera 93 entre calle 97C y 94	Trazado por vía pública sin pavimentar
Carrera 92 entre diagonal 95 y calle 94	Trazado por vía pública sin pavimentar
Carrera 91 entre Diagonal 95 y calle 94	Trazado por vía pública sin pavimentar
Carrera 90 entre calle 95 y 94	Trazado por vía pública sin pavimentar
Carrera 88 entre diagonal 95 y calle 94	Trazado por andenes

## **7 PROYECCIONES DE POBLACIÓN Y DEMANDAS MÁXIMAS DE AGUA POTABLE**

### **7.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN**

Se proyectará la población por los métodos Aritmético, geométrico, exponencial y sus respectivas tasas de crecimiento inter-censales por los métodos mencionados,



confirmando la tasa definitiva de diseño basados en datos DANE y SISBEN como el criterio para establecer la tasa final apropiada del proyecto

Para las ecuaciones a usar en el cálculo de las tasas de crecimiento y proyección de la población se tendrán las siguientes convenciones:

Parámetro	Definición
$P_f$	Población correspondiente al año para el que se requiere proyectar
$P_{ci}$	Población correspondiente al censo inicial con información
$P_{uc}$	Población correspondiente al último censo con información
$P_{ep}$	Población del censo posterior
$P_{ca}$	Población del censo anterior
$T_{ci}$	Año correspondiente al censo inicial con información
$T_{uc}$	Año correspondiente al último censo con información
$T_f$	Es el año para el que se requiere proyectar la información
$T_{cp}$	Año correspondiente al censo posterior
$T_{ca}$	Año correspondiente al censo anterior

#### Método Aritmético:

Las ecuaciones para la proyección de población ( $P_f$ ) y cálculo de la tasa de crecimiento ( $r$ ) son:

$$P_f = P_{uc} + (P_{uc} - P_{ci}) / (T_{uc} - T_{ci}) \times (T_f - T_{uc})$$

$$r = (P_{uc} - P_{ci}) / (T_{uc} - T_{ci})$$

#### Método Geométrico:

Las ecuaciones para la proyección de población ( $P_f$ ) y cálculo de la tasa de crecimiento ( $r$ ) son:

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

$$r = ((P_{uc} / P_{ci})^{(T_{uc} - T_{ci})}) - 1$$

#### Método Exponencial:

Las ecuaciones para la proyección de población ( $P_f$ ) y cálculo de la tasa de crecimiento ( $k$ ) son:

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

$$k = (\ln P_{cp} - \ln P_{ca}) / (T_{cp} - T_{ca})$$

La proyección de población se estima a partir de los registros históricos de la población de la cabecera municipal registrados y proyectados por el Departamento Nacional de Estadística –DANE- y de la base de datos SISBEN y de estratificación socioeconómica del municipio, los cuales, para el municipio de Apartadó, se registran en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Población Censos 1993 -2005 DANE Municipio de Apartadó

Año	Población	Fuente
1,993	56,330	CENSO DANE

2,005	111,887	CENSO DANE
-------	---------	------------

Usando las ecuaciones del método aritmético, geométrico y exponencial anteriormente mencionados, se realiza la proyección de la población ( $P_t$ ) para un periodo de 30 años (2046).

**Tabla 8.** Resultados métodos proyección de población DANE

Año	Aritmético	Geométrico (R = 3.28 %)	Exponencial (K = 3.28 %)	Promedio
1,993	56,330	56,330	56,330	56,330
2,005	111,887	111,887	111,887	111,887
2,014	153,555	149,573	150,308	151,145
2,015	158,185	154,476	155,320	155,994
2,016	162,814	<b>159,540</b>	160,499	160,951
2,017	167,444	164,770	165,851	166,022
2,018	172,074	170,171	171,381	171,209
2,019	176,704	175,749	177,096	176,516
2,020	181,333	181,511	183,001	181,948
2,021	185,963	187,461	189,103	187,509
2,022	190,593	193,606	195,408	193,202
2,023	195,223	199,952	201,924	199,033
2,024	199,852	206,507	208,657	205,005
2,025	204,482	213,277	215,614	211,124
2,026	209,112	220,268	222,803	217,394
2,027	213,742	227,489	230,232	223,821
2,028	218,371	234,946	237,909	230,409
2,029	223,001	242,648	245,842	237,164
2,030	227,631	250,602	254,039	244,091
2,031	232,261	258,817	262,510	251,196
2,032	236,890	267,301	271,263	258,485
2,033	241,520	276,063	280,308	265,964
2,034	246,150	285,113	289,655	273,639
2,035	250,780	294,459	299,313	281,517
2,036	255,409	304,112	309,293	289,605
2,037	260,039	314,081	319,606	297,909
2,038	264,669	324,377	330,263	306,436
2,039	269,299	335,010	341,275	315,195
2,040	273,928	345,992	352,655	324,192
2,041	278,558	357,334	364,414	333,435
2,042	283,188	369,047	376,565	342,933
2,043	287,818	381,145	389,121	352,694
2,044	292,447	393,639	402,095	362,727
2,045	297,077	406,543	415,503	373,041
2,046	301,707	419,870	429,357	383,645

**Tabla 9.** Resultados métodos proyección de población SISBEN

Año	Aritmético	Geométrico (R = 1.3 %)	Exponencial (K = 1.3 %)	Promedio
1,993	56,330	56,330	56,330	56,330
2,005	111,887	111,887	111,887	111,887
2,014	153,555	125,680	125,774	135,003
2,015	158,185	127,314	127,420	137,639
2,016	162,814	<b>128,969</b>	129,087	140,290
2,017	167,444	130,646	130,776	142,955
2,018	172,074	132,344	132,488	145,635
2,019	176,704	134,065	134,221	148,330
2,020	181,333	135,808	135,978	151,039
2,021	185,963	137,573	137,757	153,764
2,022	190,593	139,362	139,559	156,505
2,023	195,223	141,173	141,385	159,260
2,024	199,852	143,009	143,235	162,032
2,025	204,482	144,868	145,110	164,820
2,026	209,112	146,751	147,008	167,624
2,027	213,742	148,659	148,932	170,444
2,028	218,371	150,592	150,881	173,281
2,029	223,001	152,549	152,855	176,135
2,030	227,631	154,533	154,855	179,006
2,031	232,261	156,541	156,881	181,894
2,032	236,890	158,577	158,934	184,800
2,033	241,520	160,638	161,014	187,724
2,034	246,150	162,727	163,121	190,666
2,035	250,780	164,842	165,255	193,625
2,036	255,409	166,985	167,417	196,604
2,037	260,039	169,156	169,608	199,601
2,038	264,669	171,355	171,827	202,617
2,039	269,299	173,583	174,076	205,652
2,040	273,928	175,839	176,353	208,707
2,041	278,558	178,125	178,661	211,781
2,042	283,188	180,441	180,999	214,876
2,043	287,818	182,787	183,367	217,990
2,044	292,447	185,163	185,766	221,126
2,045	297,077	187,570	188,197	224,281
2,046	301,707	190,009	190,660	227,458

En la Tabla 8 y Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos para el cálculo de población basados en la información del DANE y el SISBEN respectivamente.

En el documento entregado por Juan David Cartagena Alzate, secretario de planeación y ordenamiento territorial del municipio de Apartado (4\_Anexo\_Información-Censo\_SISBEN) Calle 97A N°104-13 Barrio El Humedal, Apartadó – Antioquia  
Teléfono: 828 66 57 Fax: 828 99 57, Correo Electrónico: [aguasdeuraba@gmail.com](mailto:aguasdeuraba@gmail.com)  
Página 56 de 81

donde certifica la existencia de 33,324 viviendas equivalentes a 133,296 hab (4 hab/vivienda) para el año 2016 y comparando dicha información con la obtenida en las proyecciones de población según la información del DANE y el SISBEN para el mismo año, se decide trabajar con esta última, ya que arroja un dato más cercano al real con un promedio de 140,290 hab.

A continuación se muestra un resumen de las proyecciones obtenidas:

**Tabla 10.** Proyección de población y tasa de crecimiento

Año	Población	Fuente		R (%)
1,993	56,330	CENSO DANE	CENSO DANE	
2,005	111,887	CENSO DANE	CENSO DANE	5.89
2,016	159,540	PROYECCIÓN DANE		3.28
2,016	128,969		CENSO SISBEN	1.30*

\*Usando el método DANE

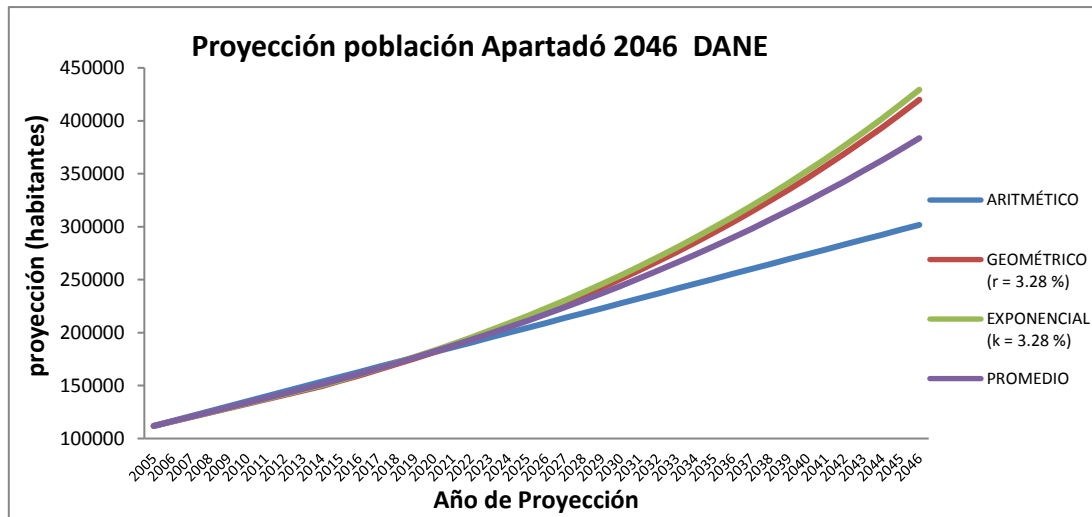
En la siguiente tabla se presenta el resumen de las tasas inter-censales para cada uno de los métodos de proyección (Ver archivo 04\_ANEXO\_PROYECCIÓN DE LA POBLACION Y DEMANDA):

**Tabla 11.** Estimación tasas de crecimiento Municipio de Apartadó inter censal

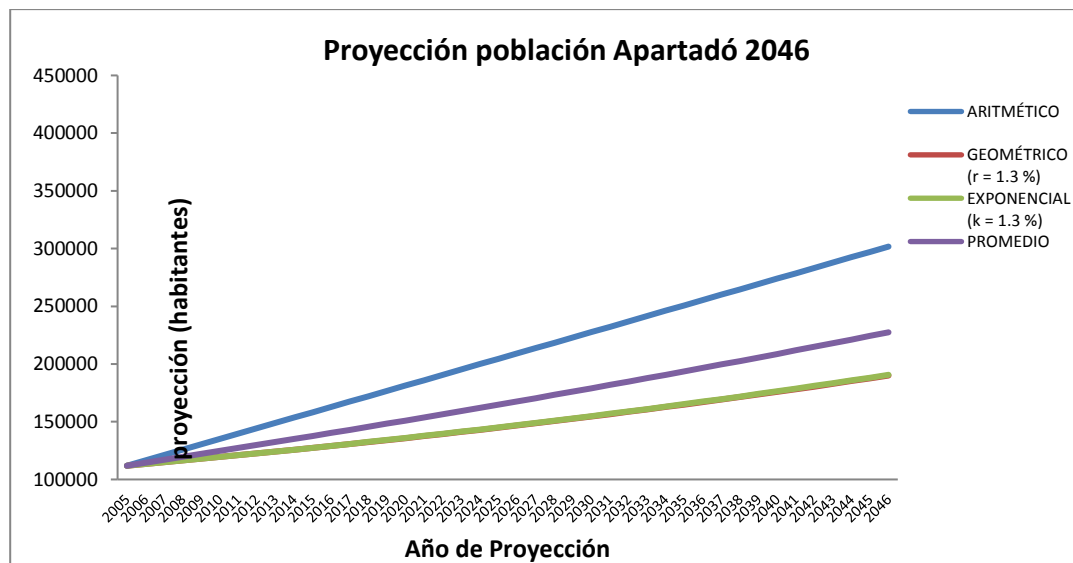
CENSO	Método Aritmético	Método Geométrico	Método Exponencial
	Tasa de Crecimiento (hab/año)	Tasa de Crecimiento (%hab/año)	Tasa de Crecimiento (%hab/año)
2005-2016 DANE	4630	3.28	3.28
2005-2016 SISBEN	4630	1.30	1.30

En las Gráfica 5 y Gráfica 6 se ilustra el crecimiento poblacional asociados a los diferentes métodos de proyección empleados:





Gráfica 5. Métodos proyección de población DANE



Gráfica 6. Métodos proyección de población SISBEN

A continuación se realiza una valoración que permita justificar el criterio adoptado para soporte del proyecto:

Tabla 12. Ecuaciones líneas de tendencia DANE

TENDENCIA	ECUACIÓN	CORRELACIÓN
Ecuación línea de tendencia Aritmética	$y = 4629.8x - 9E+06$	$R^2 = 1$
Ecuación línea de tendencia geométrica	$y = 9E-24e^{0.0323x}$	$R^2 = 1$
Ecuación línea de tendencia exponencial	$y = 3E-24e^{0.0328x}$	$R^2 = 1$

Calle 97A N°104-13 Barrio El Humedal, Apartadó – Antioquia

Teléfono: 828 66 57 Fax: 828 99 57, Correo Electrónico: [aguasdeuraba@gmail.com](mailto:aguasdeuraba@gmail.com)

Página 58 de 81

Ecuación línea de tendencia promedio	$y = 3E-21e^{0.0294x}$	$R^2 = 0.9991$
--------------------------------------	------------------------	----------------

**Tabla 13.** Ecuaciones líneas de tendencia SISBEN

TENDENCIA	ECUACIÓN	CORRELACIÓN
Ecuación línea de tendencia Aritmética	$y = 4629.8x - 9E+06$	$R^2 = 1$
Ecuación línea de tendencia geométrica	$y = 6E-07e^{0.0129x}$	$R^2 = 1$
Ecuación línea de tendencia exponencial	$y = 5E-07e^{0.01x}$	$R^2 = 1$
Ecuación línea de tendencia promedio	$y = 3E-10e^{0.0168x}$	$R^2 = 0.996$

Como se puede apreciar en las ecuaciones de las líneas de tendencia, los métodos exponencial, geométrico y aritmético presentan la mejor correlación ( $R^2 = 1$ ) entre las variables, se selecciona el método de proyección de población geométrico dado que su tendencia es la que más se aproxima al valor promedio.

Se soporta también la selección de este método según los lineamientos dados en el numeral B.2.2.4 del RAS 2000, con base en los ***cuales se recomienda éste método para poblaciones que poseen áreas de expansión importantes que pueden ser dotadas, sin mayores dificultades, de la infraestructura de servicios públicos, situación que se presenta en el Municipio de Apartadó.***

Cabe destacar que la proyección de la población para el diseño del proyecto se realizó considerando los lineamientos del numeral B.2.2 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS 2000-, realizando la respectiva recolección y análisis de la información demográfica existente para el municipio de Apartadó, partiendo principalmente de los censos de población efectuados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas –DANE- para los años 1993 y 2005.

**Tabla 14.** Valores de Entrada Proyección de la Población

Censo DANE	2005	111.887 Población Urbana
Censo SISBEN	2016	128,969 Población Urbana
Rata de crecimiento	%	1.30
Periodo de diseño	años	30
Año Inicial	2016	128,969 Población Urbana
Año Final	2046	190,009 Población Urbana

En la siguiente tabla se presenta la proyección de la población para el horizonte de diseño del proyecto. 04\_ANEXO\_PROYECCIÓN DE LA POBLACION Y DEMANDA

**Tabla 15.** Proyección de población método geométrico municipio de Apartadó, corregimiento El Salvador y Churidó.

Año	Municipio de Apartadó	Corregimiento El Salvador	Corregimiento Churidó
	Geométrico (R:1.30 %)	Geométrico (r:0%)	Geométrico (r:0%)
1,993	56,33	-	-
2,005	111,887	-	-
2,014	125,68	-	-
2,015	127,314	-	-
2,016	128,969	2879	2563
2,017	130,646	2907	2596
2,018	132,344	2945	2630
2,019	134,065	2983	2664
2,02	135,808	3022	2698
2,021	137,573	3061	2733
2,022	139,362	3101	2769
2,023	141,173	3142	2805
2,024	143,009	3182	2841
2,025	144,868	3224	2878
2,026	146,751	3266	2916
2,027	148,659	3308	2954
2,028	150,592	3351	2992
2,029	152,549	3395	3031
2,03	154,533	3439	3070
2,031	156,541	3484	3110
2,032	158,577	3529	3151
2,033	160,638	3575	3192
2,034	162,727	3621	3233
2,035	164,842	3668	3275
2,036	166,985	3716	3318
2,037	169,156	3764	3361
2,038	171,355	3813	3405
2,039	173,583	3863	3449
2,04	175,839	3913	3494
2,041	178,125	3964	3539
2,042	180,441	4015	3585
2,043	182,787	4068	3632
2,044	185,163	4121	3679
2,045	187,57	4174	3727
2,046	190,009	4228	3775

## 7.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE

### 7.2.1 Nivel de complejidad del sistema

De acuerdo con la metodología RAS/2000, el nivel de complejidad está en función de la población proyectada y de la capacidad económica de los usuarios y a su vez, la población proyectada depende del nivel de complejidad; para lo cual se proyectó la población a 30 años como lo sugiere la resolución 2320 de 2009 y se evaluó la capacidad económica para luego definir el nivel de complejidad.

Para determinar el nivel de complejidad se tiene como referencia la Tabla A.3.1 del RAS/2000.

Tabla 16. Asignación del nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población de la zona (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< 2.500	Baja
Medio	2.501 a 12.500	Baja
Medio Alto	12.501 a 60.000	Media
Alto	> 60.000	Alta

Fuente: RAS/2000 Tabla A.3.1.

La cabecera municipal de Apartadó se ubica en un nivel de **complejidad Alto**, según la población calculada en la Tabla 15 donde el rango se ubica en > 60.000 habitantes

### 7.2.2 Dotación Neta actual

Para la determinación de este dato se utilizará la dotación máxima sugerida en el reglamento técnico del sector de agua potable, en la que se asigna una dotación máxima de **150 l/hab-día** según su nivel de complejidad alto.

Tabla 17. Dotación según el RAS

Nivel de Complejidad	Dotación Neta Máxima - Clima Frío (L/hab-día)	Dotación Neta Máxima - Clima Cálido (L/hab-día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150



Entiéndase por poblaciones con “Clima Frío o Templado” aquellas ubicadas a una altura superior a 1000 msnm y por poblaciones con “Clima Cálido” aquellas ubicadas a una altura inferior o igual a 1000 msnm.

El cálculo de demanda de agua potable se trabaja bajo el supuesto de una cobertura de acueducto del 94% y una proyección de pérdidas con una disminución gradual hasta el periodo de diseño.

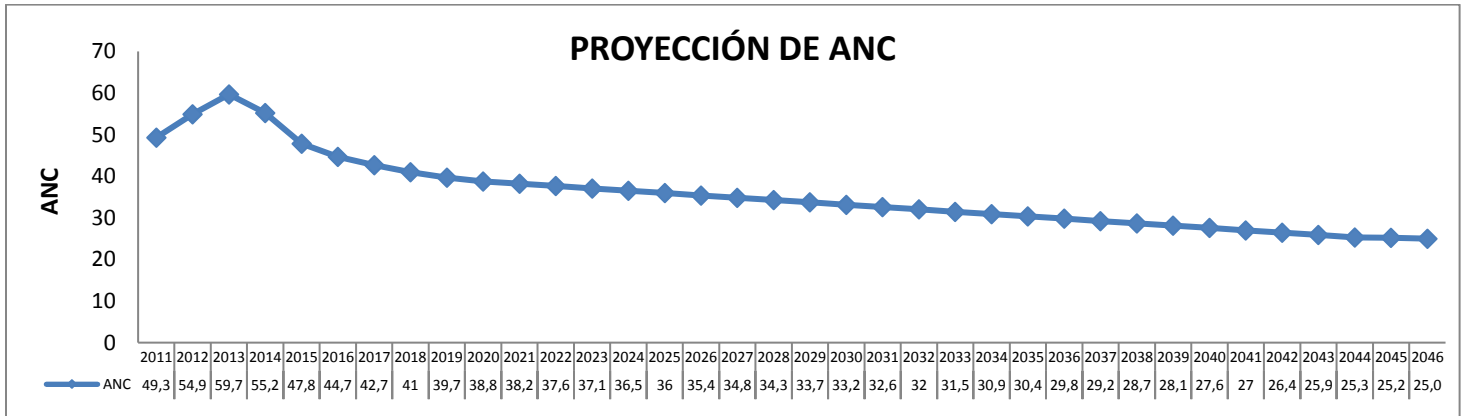
### 7.2.3 Dotación bruta

Las redes de acueducto del municipio de Apartadó cuentan con tuberías en mal estado donde se presentan regularmente perdidas por fugas.

A continuación se presenta la curva de Agua No Contabilizada (pérdidas) desde el año 2011 al 2046, dicha proyección se basa en la información consolidada por el índice de calidad operativa.

Las pérdidas obtenidas se plasman en la Tabla 18, donde se logra observar que para el año 2016 se tuvieron pérdidas del 44.7%, las cuales son superiores a las máximas permitidas por el RAS 2000.

Una vez realizada la optimización de las redes de acueducto de la zona centro del municipio, estas disminuirán paulatinamente hasta llegar al 25% en el año 2020.



Gráfica 7. Proyección Agua No Contabilizada

#### Dotación a 2016:

Perdidas: 44,7%

$$Dotación\ bruta = \frac{Dotación\ neta}{1 - \%p} = \frac{150 \frac{l}{hab * día}}{1 - 44.7\%} = 271.24 \frac{l}{hab * día}$$

#### Dotación proyectada a 2046:

Perdidas: 25%

Calle 97A N°104-13 Barrio El Humedal, Apartadó – Antioquia

Teléfono: 828 66 57 Fax: 828 99 57, Correo Electrónico: aguasdeuraba@gmail.com

Página 62 de 81

$$\text{Dotación bruta} = \frac{\text{Dotación neta}}{1 - \%p} = \frac{150 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}}}{1 - 25\%} = 200 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}}$$

#### 7.2.4 Caudal medio diario

La demanda media corresponde a los consumos diarios de caudal en un periodo de un año, proyectado al horizonte de diseño. Se calcula de la siguiente

$$Q_{md} = \text{Dotación bruta} * \text{No habitantes} = l/s$$

La población a 2016 es 128969 pero solo se tendrá en cuenta la población atendida equivalente al 94%, que son 121231 hab para el año 2016.

#### Dotación 2016

$$Q_{md} = 271,24 \frac{l}{\text{hab} * d} * 121231 \text{ hab} * \frac{1 d}{86400s} = 380,60 \frac{l}{s}$$

#### Dotación proyectada a 2046

$$Q_{md} = 200 \frac{l}{\text{hab} * d} * 178608 \text{ hab} * \frac{1 d}{86400s} = 560,73 \frac{l}{s}$$

#### 7.2.5 Coeficientes de consumo K1 y K2

El valor del coeficiente de consumo máximo diario K1, se establece de acuerdo a la Tabla B.2.5 del RAS 2000, para el nivel de complejidad alto de K1= 1.20.

#### 7.2.6 Caudal máximo diario

corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1, como se indica en la siguiente ecuación:

$$Q_{MD} = Q_{md} * k1$$

#### Dotación 2016

$$Q_{MD} = 380,60 \frac{l}{s} * 1,20 = 456,72 \frac{l}{s}$$

#### Dotación proyectada a 2046

$$Q_{MD} = 560,73 \frac{l}{s} * 1,20 = 672,88 \frac{l}{s}$$



**Tabla 18.** Proyección de Demanda de Agua Potable del municipio de Apartadó

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN TOTAL (hab)</b>	<b>POBLACIÓN Cobertura del 94% (hab)</b>	<b>DOTACIÓN NETA (L/hab-día)</b>	<b>DOTACIÓN NETA MAX (L/hab-día)</b>	<b>PÉRDIDAS (%)</b>	<b>DOTACIÓN BRUTA (l/Hab-día)</b>	<b>DEMANDA MEDIA qmd = (l/s)</b>	<b>DEMANDA MÁX QMD = (l/s)</b>	<b>CAUDAL MAX HORARIO QMH = (l/s)</b>
2.016	128.969	121.231	150	150	44,7	271,2	380,60	456,72	662,24
2.017	130.646	122.807	150	150	42,7	261,6	385,55	462,65	670,85
2.018	132.344	124.403	150	150	41,0	254,2	390,56	468,67	679,57
2.019	134.065	126.021	150	150	39,7	248,7	395,63	474,76	688,40
2.020	135.808	127.659	150	150	25,0	200,0	400,78	480,93	697,35
2.021	137.573	129.319	150	150	25,0	200,0	405,99	487,19	706,42
2.022	139.362	131.000	150	150	25,0	200,0	411,27	493,52	715,60
2.023	141.173	132.703	150	150	25,0	200,0	416,61	499,94	724,91
2.024	143.009	134.428	150	150	25,0	200,0	422,03	506,43	734,33
2.025	144.868	136.176	150	150	25,0	200,0	427,52	513,02	743,88
2.026	146.751	137.946	150	150	25,0	200,0	433,07	519,69	753,55
2.027	148.659	139.739	150	150	25,0	200,0	438,70	526,44	763,34
2.028	150.592	141.556	150	150	25,0	200,0	444,41	533,29	773,27
2.029	152.549	143.396	150	150	25,0	200,0	450,18	540,22	783,32
2.030	154.533	145.261	150	150	25,0	200,0	456,04	547,24	793,50
2.031	156.541	147.149	150	150	25,0	200,0	461,97	554,36	803,82
2.032	158.577	149.062	150	150	25,0	200,0	467,97	561,57	814,27
2.033	160.638	151.000	150	150	25,0	200,0	474,06	568,87	824,86
2.034	162.727	152.963	150	150	25,0	200,0	480,22	576,26	835,58
2.035	164.842	154.951	150	150	25,0	200,0	486,46	583,75	846,44
2.036	166.985	156.966	150	150	25,0	200,0	492,79	591,34	857,45
2.037	169.156	159.007	150	150	25,0	200,0	499,19	599,03	868,59
2.038	171.355	161.074	150	150	25,0	200,0	505,68	606,82	879,89
2.039	173.583	163.168	150	150	25,0	200,0	512,26	614,71	891,32
2.040	175.839	165.289	150	150	25,0	200,0	518,91	622,70	902,91
2.041	178.125	167.438	150	150	25,0	200,0	525,66	630,79	914,65
2.042	180.441	169.615	150	150	25,0	200,0	532,49	638,99	926,54
2.043	182.787	171.820	150	150	25,0	200,0	539,42	647,30	938,59
2.044	185.163	174.053	150	150	25,0	200,0	546,43	655,72	950,79
2.045	187.570	176.316	150	150	25,0	200,0	553,53	664,24	963,15
2.046	190.009	178.608	150	150	25,0	200,0	560,73	672,88	975,67



**Tabla 19** Proyección de Demanda de Agua Potable corregimiento de El Salvador.

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (hab)	POBLACIÓN Cobertura del 94% (hab)	DOTACIÓN NETA (L/hab-día)	DOTACIÓN NETA MAX (L/hab-día)	PÉRDIDAS (%)	DOTACIÓN BRUTA (l/Hab-día)	DEMANDA MEDIA qmd = (l/s)	DEMANDA MÁX QMD = (l/s)
2,016	2870	2698	150	150	44.7	271	8.47	10.16
2,017	2907	2733	150	150	42.66	262	8.58	10.30
2,018	2945	2768	150	150	40.99	254	8.69	10.43
2,019	2983	2804	150	150	39.69	249	8.80	10.57
2,020	3022	2841	150	150	38.76	245	8.92	10.70
2,021	3061	2878	150	150	38.2	243	9.03	10.84
2,022	3101	2915	150	150	37.64	241	9.15	10.98
2,023	3142	2953	150	150	37.08	238	9.27	11.13
2,024	3182	2991	150	150	36.52	236	9.39	11.27
2,025	3224	3030	150	150	35.96	234	9.51	11.42
2,026	3266	3070	150	150	35.4	232	9.64	11.56
2,027	3308	3110	150	150	34.84	230	9.76	11.72
2,028	3351	3150	150	150	34.28	228	9.89	11.87
2,029	3395	3191	150	150	33.72	226	10.02	12.02
2,030	3439	3233	150	150	33.16	224	10.15	12.18
2,031	3484	3275	150	150	32.6	223	10.28	12.34
2,032	3529	3317	150	150	32.04	221	10.41	12.50
2,033	3575	3360	150	150	31.48	219	10.55	12.66
2,034	3621	3404	150	150	30.92	217	10.69	12.82
2,035	3668	3448	150	150	30.36	215	10.83	12.99
2,036	3716	3493	150	150	29.8	214	10.97	13.16
2,037	3764	3538	150	150	29.24	212	11.11	13.33
2,038	3813	3584	150	150	28.68	210	11.25	13.50
2,039	3863	3631	150	150	28.12	209	11.40	13.68
2,040	3913	3678	150	150	27.56	207	11.55	13.86
2,041	3964	3726	150	150	27	205	11.70	14.04
2,042	4015	3775	150	150	26.44	204	11.85	14.22
2,043	4068	3824	150	150	25.88	202	12.00	14.40
2,044	4121	3873	150	150	25.32	201	12.16	14.59
2,045	4174	3924	150	150	25.23	201	12.32	14.78
2,046	4228	3975	150	150	25	200	12.48	14.97

**Tabla 20** Proyección de Demanda de Agua Potable corregimiento de Churidó.

AÑO	POBLACIÓN TOTAL (hab)	POBLACIÓN Cobertura del 94% (hab)	DOTACIÓN NETA (L/hab-día)	DOTACIÓN NETA MAX (L/hab-día)	PÉRDIDAS (%)	DOTACIÓN BRUTA (l/Hab-día)	DEMANDA MEDIA qmd = (l/s)	DEMANDA MÁX QMD = (l/s)
2,016	2563	2409	150	150	44.7	271	7.56	9.07
2,017	2596	2440	150	150	42.66	262	7.66	9.19
2,018	2630	2472	150	150	40.99	254	7.76	9.31
2,019	2664	2504	150	150	39.69	249	7.86	9.43
2,020	2698	2536	150	150	38.76	245	7.96	9.56
2,021	2733	2569	150	150	38.2	243	8.07	9.68
2,022	2769	2603	150	150	37.64	241	8.17	9.81
2,023	2805	2637	150	150	37.08	238	8.28	9.93
2,024	2841	2671	150	150	36.52	236	8.39	10.06
2,025	2878	2706	150	150	35.96	234	8.49	10.19
2,026	2916	2741	150	150	35.4	232	8.60	10.33
2,027	2954	2776	150	150	34.84	230	8.72	10.46
2,028	2992	2813	150	150	34.28	228	8.83	10.60
2,029	3031	2849	150	150	33.72	226	8.94	10.73
2,030	3070	2886	150	150	33.16	224	9.06	10.87
2,031	3110	2924	150	150	32.6	223	9.18	11.01
2,032	3151	2962	150	150	32.04	221	9.30	11.16
2,033	3192	3000	150	150	31.48	219	9.42	11.30
2,034	3233	3039	150	150	30.92	217	9.54	11.45
2,035	3275	3079	150	150	30.36	215	9.67	11.60
2,036	3318	3119	150	150	29.8	214	9.79	11.75
2,037	3361	3159	150	150	29.24	212	9.92	11.90
2,038	3405	3200	150	150	28.68	210	10.05	12.06
2,039	3449	3242	150	150	28.12	209	10.18	12.21
2,040	3494	3284	150	150	27.56	207	10.31	12.37
2,041	3539	3327	150	150	27	205	10.44	12.53
2,042	3585	3370	150	150	26.44	204	10.58	12.70
2,043	3632	3414	150	150	25.88	202	10.72	12.86
2,044	3679	3458	150	150	25.32	201	10.86	13.03
2,045	3727	3503	150	150	25.23	201	11.00	13.20
2,046	3775	3549	150	150	25	200	11.14	13.37

## 8 GENERALIDADES DE MODELACIÓN DE LAS REDES DE DISTRIBUCION DEL MUNICIPIO DE APARTADÓ.

Con base en la información levantada en campo en la actividad de Catastro de Redes del Acueducto por parte de ingenieros hidráulicos y sanitarios entre los meses de agosto y octubre del año 2016, se realizó la digitalización de cada uno de los elementos que componen la red de acueducto de los circuitos del Municipio de Apartadó (Sistema compuesto por el casco urbano del municipio de Apartadó, los corregimientos de El Salvador y Churidó) bajo el software Bentley WaterGEMS V8i.

La digitalización de los modelos hidráulicos fue realizada sobre la base cartográfica entregada por Aguas Regionales de EPM S.A E.S.P. y posteriormente fue actualizada con la diferente información levantada en terreno y suministrada por dicha entidad.

Toda la información levantada en terreno tanto la hidráulica y la NO hidráulica durante las actividades de catastro de redes, se tabuló en una base de datos el cual contiene información física y geométrica de los elementos, así como esquemas de ubicación.

Con lo anterior, ingenieros hidráulicos y sanitarios procedieron a realizar la modelación hidráulica de las redes de distribución actualmente en servicio del sistema de distribución secundaria de acueducto, para la identificación de la capacidad actual y la modelación hidráulica para el año 2046 de dichas redes.

Antes de realizar el diseño de las redes de distribución, es necesario definir los criterios y parámetros básicos a utilizar con el Software WaterGEMS V8i,; su desarrollo se basa en el cálculo de las pérdidas de carga a través de iteraciones hidráulicas usando las ecuaciones de Hazen Williams, Darcy Weisbach o Chezy-Manning, además tiene un entorno integrado para Windows.

### 8.1 CODIFICACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA RED.

El identificador (IPID) de los elementos a catastrar en el sistema de acueducto se encuentra conformado por un código alfanumérico de la siguiente manera: iniciales del municipio o corregimiento, código de la zona en donde se encuentra el elemento, código del barrio en donde se encuentra el elemento tipo de dispositivo hidráulico y consecutivo.

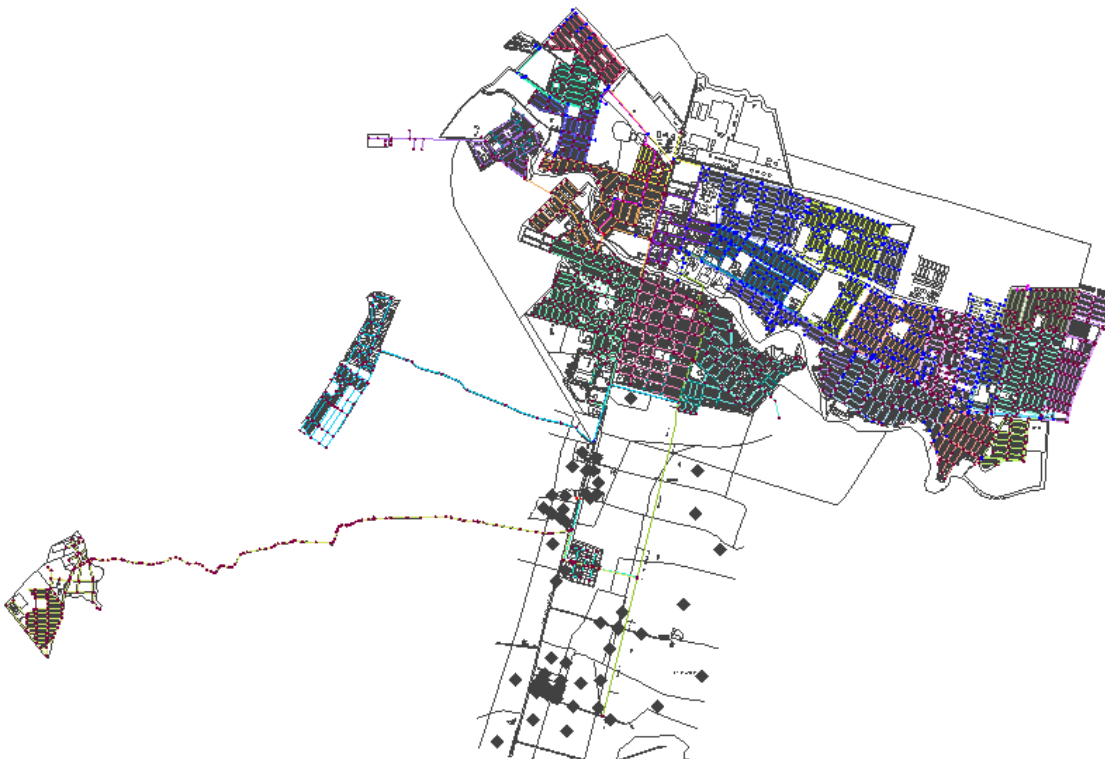
Cada dispositivo hidráulico debe llevar un identificador (IPID), el cual para este caso es alfanumérico conformado por: **< Inicial del Municipio > – < código de la zona> – < Código del barrio> – < Tipo de elemento > – < Consecutivo >**.

Por ejemplo, el identificador para una válvula cualquiera será:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	C	E	2	B	O	V	2	0

De igual manera, para los componentes de la red como tanques, reservorios, tuberías, nodos, se conservó la siguiente codificación: < Inicial del Municipio > – < código de la zona> – < Código del barrio> – < Tipo de elemento > – < Consecutivo >.

A continuación se presenta la digitalización de los modelos del sistema de acueducto de las diferentes poblaciones, de acuerdo a las actividades del catastro de redes, que representa la topología del modelo del Municipio de Apartadó.



**Ilustración 51** Presentación modelo hidráulico de redes de acueducto implementado en WaterGEMS V8i - Municipio de Apartadó (Casco urbano, corregimientos de Churidó y El Salvador).

## 8.2 DATOS DE ENTRADA

En el municipio de Apartadó se realizaron diferentes actividades de campo relacionadas con el catastro de redes como lo fueron:

- Identificaciones de líneas de acueducto nuevas
- Identificación y verificación de líneas de acueducto remplazadas.
- Verificación de existencia y ubicación de elementos hidráulicos.



**Topografía:** Corresponde al levantamiento altiplanimétrico en la zona de diseño, el cual se hizo en el área de estudio, con el propósito de definir sus características de variación en altura y longitudes.

Se levantaron todos los detalles en los cruces de las vías y cambios de pendiente, se identificaron todos los detalles que permiten conformar el plano urbanístico del sector como son paramentos, bordes de vía, postes y sitios principales, entre otros.

Cualquier duda o detalle del levantamiento altiplanimétrico, se puede remitir al Anexo 6 donde se observa toda la información respectiva del mismo.

**Período de diseño:** El período de diseño empleado es de 30 años de acuerdo a la Resolución 2320 de noviembre de 2010 la cual modifica parcialmente a la resolución 1096 de 2000.

**Caudales, curva de modulación y coeficientes de cálculo empleados:** Para el cálculo de dichos caudales se emplearon los siguientes coeficientes:

Factor de Consumo Máximo Diario =  $K1 = 1,2$ . ((RAS)

Factor de Consumo Máximo Horario =  $K2 = 1,45$

**Escenarios:** Partiendo de la información anterior y de las condiciones actuales del acueducto se modeló la red asumiendo que el acueducto está. Se realiza la simulación para el escenario actual con las demandas de los sectores, con el fin de demostrar la capacidad hidráulica de la red para cubrir estos sectores a futuro.

**Presiones mínimas y máximas:** El valor de la presión máxima tenida en cuenta para el diseño de las redes menores de distribución, para todos los niveles de complejidad, debe ser de 60 m.c.a.

**Ecuación de cálculo:** Para la evaluación de la capacidad hidráulica de las tuberías se trabajará con la ecuación de Hazen – Williams.

**Esta ecuación tiene la siguiente expresión:**

$$V = 0,3547 * C * D^{0,63} * J^{0,54}$$

Dónde:

**V** = Velocidad media (m/s).

**C** = Coeficiente de rugosidad relativa.

**D** = Diámetro interior de la tubería.

**J** = Pérdidas por metro

**Características de las tuberías en la red de distribución:** La tubería proyectada para la red es en PEAD. El diámetro se ingresa en milímetros y su valor se ajusta a diámetros internos de las tuberías comerciales.

**Coeficiente de rugosidad C:** En la Tabla 21 se presenta el valor de C empleado para las tuberías proyectadas en el Subsector.

**Tabla 21.** Valor del Coeficiente C de Hazen-Williams

Material	Condición	Diámetro (plg.)	C <sub>HW</sub>
PVC	Constante	Todos	150
PE	Constante	Todos	150
GRP	Constante	Todos	140

Válvulas: Como criterio se usarán los valores en milímetro equivalente al diámetro comercial de dichos accesorios.

Las anteriores actividades permitieron en su conjunto digitalizar, cargar y utilizar en la modelación de acueducto información tal como: información hidráulica y no hidráulica de los elementos que componen la red (válvulas, hidrantes, taques de almacenamiento, tuberías).

**Tabla 22.** Longitud de tubería proyectada según modelación hidráulica.

CANTIDAD DE TUBERIA EN DISEÑO POR SECTORES					
SECTOR	ML TUBERIA PE 100 - PN10				TOTAL
	Ø 90mm	Ø 110mm	Ø 160mm	Ø 225mm	
25	1480		234		1714
17	6107	375	1296	1244	9022
16	1093	815	1141		3049
TOTAL (ML TUBERIA EN DISEÑO)					13785

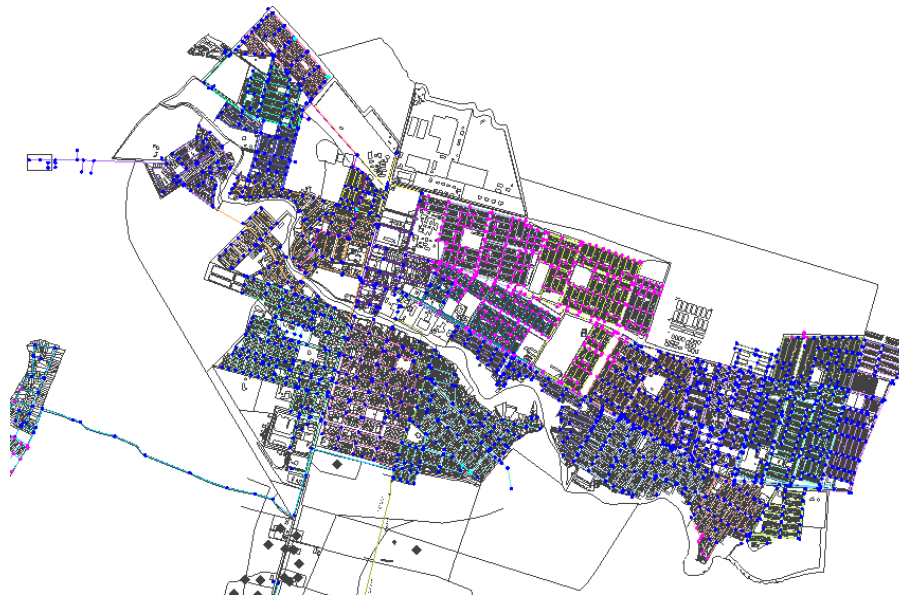
### 8.3 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN – ESCENARIO ACTUAL

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos en la modelación de las redes de acueducto para el municipio de Apartadó bajo las condiciones actuales de operación para la hora de máximo consumo de las 11:00 horas, debido a que a pesar del sistema contar con tres factores de máximo consumo de acuerdo a los patrones construidos, es a esta hora donde el sistema presenta su comportamiento más crítico.

El análisis realizado se hizo teniendo en cuenta los rangos de los parámetros Presión y Velocidad establecidas en las Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de Aguas Regionales de EPM S.A E.S.P, y en su defecto los Pliegos de Condiciones, y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable RAS – 2000 y 2009.

#### 8.3.1 ANÁLISIS DE PRESIONES

En la siguiente figura se muestra para el escenario actual el comportamiento de las presiones en el sistema de distribución de acueducto del municipio de Apartadó. Nótese, que a la hora de máximo consumo aproximadamente el 90% de los nodos presenta presiones entre 39 y 51.4 psi (nodos color azul oscuro).



**Ilustración 52** Presiones actuales en el municipio de Apartadó.



Corregimiento de El Salvador

Corregimiento de Churidó.

**Ilustración 53.** Presiones actuales en el municipio corregimiento Churidó y El Salvador.

En la ilustración anterior se muestra para el escenario actual el comportamiento de las presiones en el sistema de distribución de acueducto de los corregimientos de Churidó y El Salvador. Nótese, que a la hora de máximo consumo en el corregimiento de Churidó aproximadamente el 98% de los nodos presenta presiones entre 21 y 39 psi (nodos color

azul claro), mientras que para el corregimiento de El Salvador las presiones están en un rango de 64 y 70 psi (nodos color magenta) para la mitad del corregimiento y 39 y 51.4 psi (nodos color azul oscuro) para la parte restante.

## 8.4 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN – ESCENARIOS FUTUROS

Se presentó la proyección de los caudales del sistema de acueducto del Municipio de Apartadó y los corregimientos de El Salvador y Churidó, los cuales se realizaron teniendo presente el caudal promedio diario determinado y revisados a la luz de los registros históricos de los mismos suministrados por Aguas Regionales EPM S.A E.S.P y usando los factores de proyección presentados a continuación, los cuales se realizaron siguiendo las recomendaciones de proyección demográfica del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable RAS 2000 – 2009. Los caudales fueron determinados para un periodo de diseño de 30 años, acorde con la Resolución 2320 del 27 de noviembre de 2009.

Con la información del Plan de Negocios suministrada por Aguas Regionales EPM S.A E.S.P. se realizó la proyección de las demandas medias (Qmd) y demandas máximas (QMD) utilizando la proyección de población y el porcentaje de pérdidas allí consignado.

Los valores de longitud, diámetro, material, presión, velocidad, y pérdidas en la red nodo a nodo se encuentran anexo en la carpeta 07\_DISEÑO\_HIDRAULICO\7.1 REDES ACUEDUCTO

### 8.4.1 DEMANDA PROYECTADA AÑO HORIZONTE DE DISEÑO 2046.

Ingenieros Hidráulicos y Sanitarios al realizar la simulación de las redes que conforman el sistema de distribución actual con la demanda proyectada al periodo horizonte de diseño encontró que el sistema tiene la capacidad hidráulica suficiente para suministrar el requerimiento del caudal máximo diario proyectado para este año, siempre y cuando se haga una reducción de las pérdidas del sistema lo que hace necesario realizar una optimización en las redes del sistema de acueducto, principalmente los sectores que presentan mayores pérdidas. Por ello la necesidad de optimizar las redes de la zona centro del municipio, las cuales ya cumplieron su vida útil y no se encuentran en las mejores condiciones estructurales para la prestación del servicio.

La longitud de la red existente a optimizar es de 6947 ml de tubería, pero debido al tipo de diseño trazado serán necesarias 13785 ml de tubería en polietileno de alta densidad, cuyos diámetros se describen a continuación:

**Tabla 23.** Diámetro y longitud de tubería para reposición.

DIAMETRO (mm)	Longitud (ml)
90	8680
110	1190
160	2671
225	1244

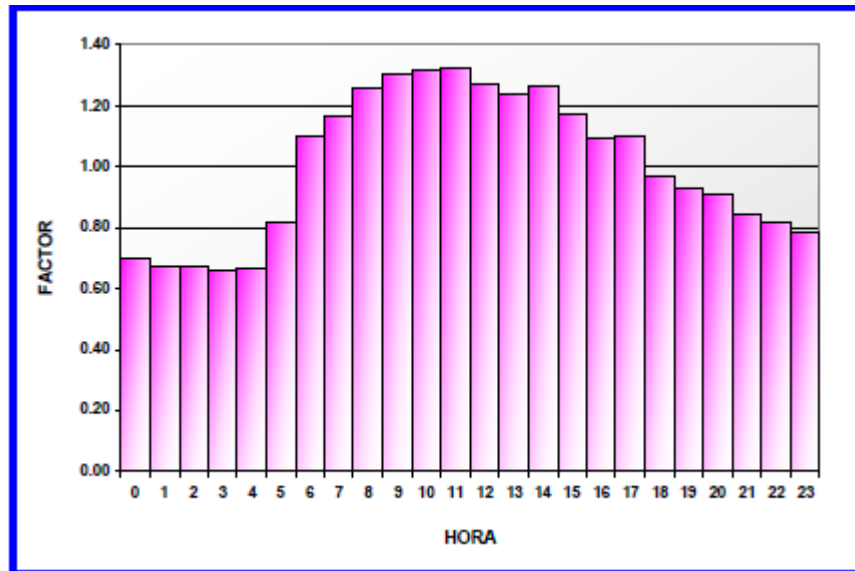


En la siguiente tabla se muestra los diferentes factores de consumo futuros del sistema de acueducto del municipio de Apartadó y Los corregimientos de Churidó y El salvador, que fueron determinados a partir de la población proyectada para el año 2046.

**Tabla 24.** Consumo futuro en el municipio de Apartado corregimientos de Churidó y el Salvador.

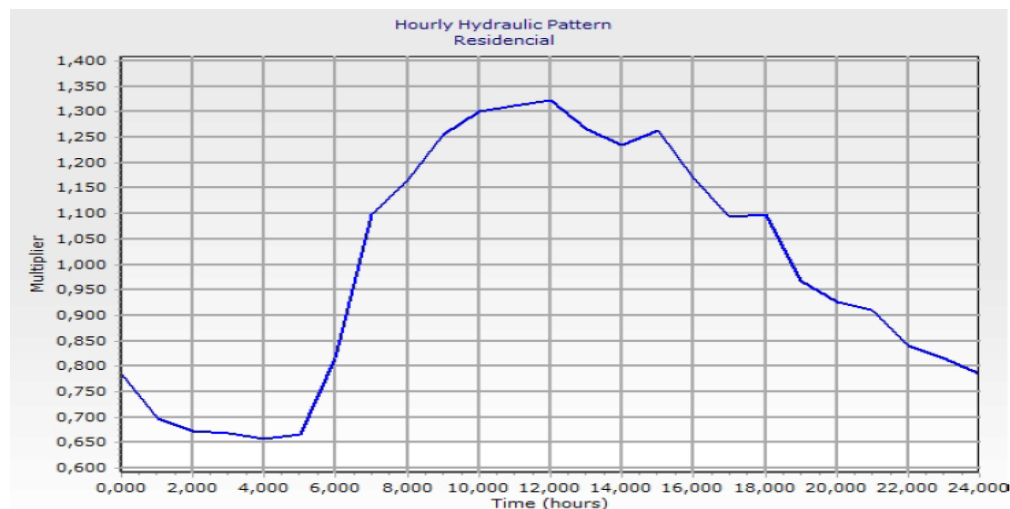
Hora	Caudal maximo Horario
1	485
2	469
3	465
4	458
5	464
6	569
7	764
8	813
9	873
10	905
11	913
12	921
13	881
14	859
15	880
16	816
17	761
18	764
19	675
20	646
21	634
22	586
23	568
24	547
<b>Maximo</b>	<b>921</b>
<b>Minimo</b>	<b>458</b>
<b>Promedio</b>	<b>697</b>

En las siguiente gráfica arrojada por el software waterGEMS V8i se muestra el comportamiento de los patrones de consumo construidos a partir de la información de demandas actuales otorgada por Aguas Regionales S.A E.S.P y proyectando las mismas para el escenario futuro.



**Ilustración 54** Comportamiento del consumo en el municipio de Apartado y corregimientos de Churidó y El Salvador

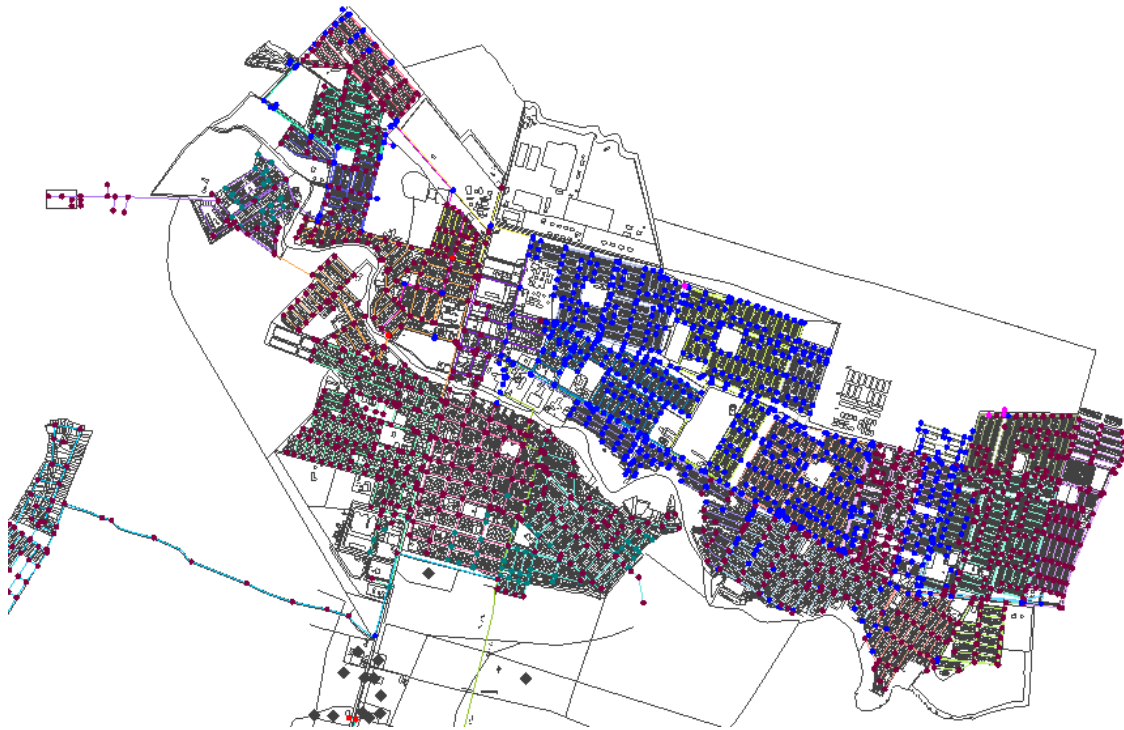
A continuación se muestra el comportamiento y las horas de mayor y menor consumo, notese como entre las 11:00AM y 12:00 PM se alcanzan las mayores demandas.



**Ilustración 55.** Curva demanda del sistema de acueducto del municipio de Apartado año 2046

#### 8.4.2 ANÁLISIS DE PRESIONES

En la Ilustración 56 se muestra la representación en colores del rango de presión en el que oscilan los diferentes nodos de los sectores del municipio de Apartadó a la hora de máximo consumo correspondiente a las 11:00 am para el año 2046.



**Ilustración 56.** Presiones futuras en el casco urbano municipio de Apartadó.

En la ilustración anterior se muestra el comportamiento de las presiones en el sistema de distribución de acueducto del municipio de Apartadó. Allí se observa que en la hora de máximo consumo aproximadamente el 80% de los nodos alcanzan presiones entre 22 y 39 psi (nodos color rojo oscuro), mientras que para el 20% restante las presiones oscilaran entre 39 y 51.4 psi (color azul oscuro).

Lo anterior, indica que el sistema bajo las condiciones futuras de operación cumple con las Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P.

En la Ilustración 57 se muestra el comportamiento de las presiones en el sistema de distribución de acueducto de los corregimientos de Churidó y El Salvador para el año 2046 en la hora de máximo consumo (12 PM). Nótese que en casi la totalidad de los nodos se presentan presiones entre 22 y 39 psi (nodos color rojo oscuro), cumpliendo con las Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de Aguas Regionales de EPM S.A. E.S.P.

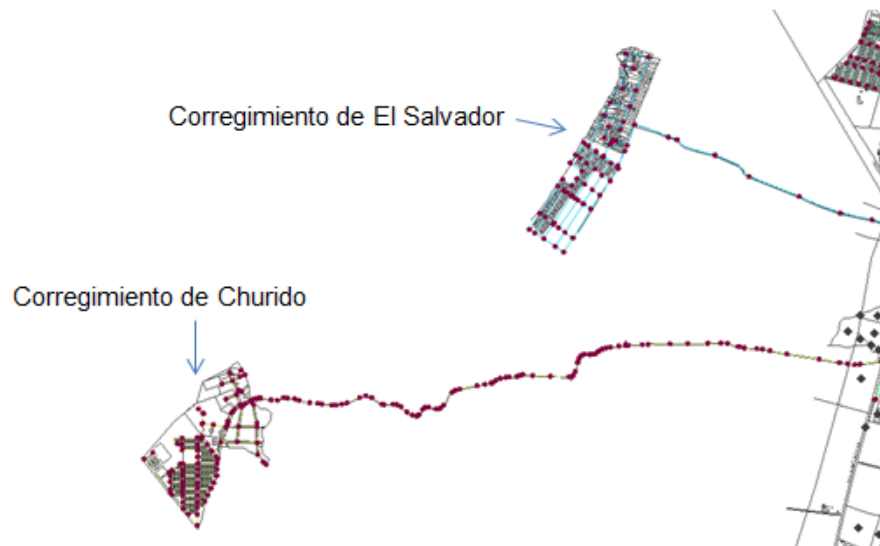


Ilustración 57. Presiones futuras en el corregimiento de Churidó y El Salvador, municipio Apartadó

## 9 NORMAS TÉCNICAS

Como especificaciones generales AGUAS REGIONALES EPM S.A. E.S.P. ha adoptado las normas AISI, ANSI, ASME, ASTM, AWS, DIN, IEEE, IEC, ISO, MSS SP, NEMA, NTC, SAE, y VDI, entendiéndose que regirá la última edición aprobada de cada una de ellas aplicables a los equipos e instrumentos.

### 9.1 MATERIALES

Para la ejecución del proyecto, la entidad en sus procesos de contratación, exige el cumplimiento de las especificaciones técnicas requeridas para garantizar la estabilidad y correcto funcionamiento de la obra. Cabe anotar que las tuberías y accesorios, deberán ser homologados por la casa matriz, Empresa Públicas de Medellín y por medio del contrato de interventoría se hará el seguimiento a las actividades y suministros que se realicen durante de la ejecución.

A continuación se relacionan los materiales y actividades más representativas:

### 9.2 DEMOLICIONES

Las demoliciones se ejecutarán de acuerdo con las normas de seguridad de las EE.PP.M., tomando las precauciones necesarias para evitar accidentes de los trabajadores o terceras personas, y daños a las obras que se construyen o a propiedades vecinas. Además, cumplir en su totalidad con la normatividad establecida por del Ministerio del Medio Ambiente o la entidad competente sobre la disposición final de los escombros.

Se consideran los siguientes tipos de demoliciones:

Calle 97A N°104-13 Barrio El Humedal, Apartadó – Antioquia  
Teléfono: 828 66 57 Fax: 828 99 57, Correo Electrónico: [aguasdeuraba@gmail.com](mailto:aguasdeuraba@gmail.com)  
Página 77 de 81



Demolición de cordones y cunetas.  
Demolición de andenes.  
Demolición de cámaras de inspección y tuberías de concreto empotradas.  
Demolición de sumideros.  
Demoliciones en edificaciones.  
Retiro de elementos en edificaciones.

No se consideran demoliciones aquellas que se originen por efecto directo de la excavación utilizando el mismo equipo o como consecuencia de los derrumbes generados por descuido en la ejecución de una actividad.

### 9.3 EXCAVACIONES

Esta actividad comprende la ejecución de toda clase de excavaciones necesarias para la construcción de las obras de acuerdo con las líneas, pendientes y profundidades indicadas en los planos o requeridas durante el proceso constructivo.

Las excavaciones podrán ejecutarse por métodos manuales o mecánicos de acuerdo con las normas establecidas o las indicaciones de la Interventoría. Si los materiales encontrados a las cotas especificadas no son apropiados para el apoyo de las estructuras o tuberías, la excavación se llevará hasta la profundidad requerida previa aprobación de la Interventoría.

Los materiales excavados, así como las tuberías, cables, condulines u otros encontrados al ejecutar las obras, son propiedad de las EE.PP.M. y, por lo tanto, el Contratista no podrá disponer de ellos sin autorización expresa de la Interventoría.

Al hacer excavaciones en zonas pavimentadas, no deberá mezclarse el afirmado y el pavimento con los demás materiales que se puedan extraer con el fin de permitir su futura reutilización.

En las excavaciones que presenten peligro de derrumbarse debe colocarse un entibado que garantice la seguridad del personal y la estabilidad de las estructuras y terrenos adyacentes, atendiendo lo indicado en la especificación NEGC 202. Las EE.PP.M. no se hacen responsables de daños que se causen a terceros, por causas imputables al Contratista.

No se reconocerá ningún sobrecosto por las dificultades de acceso de equipos, materiales y herramientas al sitio de las obras.

Por ningún motivo se permitirá un tramo de excavación abierto durante más de 48 horas y en caso de que llueva deberá protegerse con plástico y bordillo o lleno en forma de resalto para evitar las inundaciones.

### **9.3.1 Excavaciones manual o mecánica**

El proyecto se formuló, considerando que las excavaciones se harán mecánicamente dado las profundidades estimadas, la seguridad del recurso humano y el rendimiento en la ejecución de la obra. No se contemplan voladuras, ni excavaciones en roca.

En el costo contemplado para la excavación, se consideraron los equipos necesarios para el bombeo de las aguas que se puedan presentar en la brecha. Se contempla de 0-2 m de 2-4 y >4.

### **9.3.2 Excavación en roca**

Se define como roca aquel material que cumpla simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que su volumen exceda 0,35 m<sup>3</sup>.
- Que la dureza y textura sean tales que no pueda extraerse por métodos diferentes a voladuras o por trabajo manual efectuado por medio de fracturas y cuñas posteriores.

La excavación o el corte en roca no tendrá subclasificación, es decir, no se discriminará ni por profundidad ni por grado de humedad.

### **9.4 Llenos**

Podrá utilizarse para el lleno los materiales que, a juicio de la Interventoría y previos análisis de laboratorio, presente propiedades físicas y mecánicas apropiadas para lograr una compactación que garantice la resistencia adecuada y el mínimo asentamiento.

Podrá utilizarse para el lleno los materiales que a juicio de la Interventoría y previos análisis de laboratorio, presente propiedades físicas y mecánicas apropiadas para lograr una compactación que garantice la resistencia adecuada y el mínimo asentamiento.

Se rechazan como materiales de lleno la materia orgánica, arcillas expansivas, material granular mayor de 75 mm (3”), escombros, basuras y los suelos con límite líquido mayor del 50% y humedad natural que por su exceso no permita obtener la compactación especificada.

### **9.5 Material de préstamo**

El material de préstamo puede ser limos, arenillas u otros que permitan al compactarlos obtener una densidad igual o mayor que el 90% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado.

Si se van a utilizar materiales obtenidos por fuera del área de la obra, (o de préstamo) el Contratista presentará los resultados de los ensayos necesarios (compactación, CBR, y otros que se consideren necesarios) con base en los cuales la Interventoría podrá autorizar su utilización.

Cuando el lleno se vaya a ejecutar con arenilla, ésta cumplirá las siguientes especificaciones:

Límite líquido menor del 30%.

Índice de plasticidad menor del 4%.

Porcentaje de material que pasa por el tamiz 200 menor de 35%.

#### **9.6 Triturado ¾” para protección de tuberías**

Se utilizará triturado ¾”, cuyo suministro se realizará de la cantera de pavimentos de Urabá, teniendo en cuenta que las especificaciones de éstas son aprobadas por los diferentes proveedores de las tuberías y accesorios que se emplearán y de la interventoría asignada al proyecto. Estas deberán ser limpias y libres de cualquier material orgánico. Se podrán utilizar arenillas de otra fuente previa autorización del interventor.

El triturado ¾” será utilizado cuando el nivel freático se presente y la función principal de este será la protección de la tubería y la cama para apoyo de esta.

#### **9.7 Cargue, retiro y botada del material sobrante**

Cuando el material sobrante proveniente de las excavaciones deba retirarse a un sitio fuera de las áreas de trabajo, la disposición final del material en los botaderos, contará con la autorización de la autoridad competente. La cantidad de material a retirar será determinada por la Interventoría.

Quien ejecute el contrato deberá cumplir para la ejecución de esta actividad con la Resolución 541 de diciembre 14 de 1994 expedida por el Ministerio del Medio Ambiente y el transporte de este igualmente deberá cumplir con la normatividad vigente en Colombia.

#### **9.8 Reconstrucción de andenes en concreto**

Se construirán de las dimensiones, los alineamientos y en los sitios mostrados en los planos o en los que señale la Interventoría. Su pendiente transversal estará entre el 1,5% y el 3% hacia la calzada y la pendiente longitudinal guardará paralelismo con el eje de la vía.

Los andenes que requieran refuerzo se construirán cuando se indique en los planos del proyecto y de acuerdo con los diseños especificados en los mismos. Todos los concretos y refuerzos cumplirán las normas, especificaciones y ensayos de los capítulos 5 y 6 (NEGC 501 y 601) respectivamente.

#### **9.9 Construcción de cordón en concreto**

Se construirán cordones de concreto vaciado en el sitio o de elementos prefabricados atendiendo lo especificado en la norma NTC 4109. Estarán localizados donde se indique en los planos según el diseño que en ellos aparezca o donde se requiera su construcción o reconstrucción según las instrucciones de la Interventoría (ver esquema 1), acogándose a las especificaciones y ensayos para concretos del capítulo 5 (NEGC 501).

### **9.10 Construcción de cuneta en concreto**

Se construirán cunetas de concreto vaciado en el sitio o de elementos prefabricados atendiendo lo especificado en la norma NTC 4109. Estarán localizadas donde se indique en los planos según el diseño que en ellos aparezca o donde se requiera su construcción o reconstrucción según las instrucciones de la Interventoría, acogiéndose a las especificaciones y ensayos para concretos del capítulo 5 (NEGC 501). La resistencia del concreto para las cunetas será de 21 MPa (210 Kg/cm<sup>2</sup>) y el curado se hará manteniéndolo bajo humedad por lo menos durante siete (7) días.

### **9.1 Tuberías y accesorios.**

Todas las tuberías y accesorios que se utilizarán en la ejecución del proyecto deberán cumplir con la resolución 1166 del 20 de junio de 2006, “Por la cual se expide el Reglamento Técnico que señala los requisitos técnicos que deben cumplir los tubos de acueducto, alcantarillado, los de uso sanitario y los de aguas lluvias y sus accesorios que adquieran las personas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado”.

Las tuberías en polietileno deberán ser fabricados bajo la NTC 4585.

Los accesorios en polietileno para unión por fusión a tope cumplirán con la NTC 3409 y NTC 3410.

Las tuberías en polietileno deberán cumplir en cuanto a dimensiones y tolerancias lo que se rigen por la Norma Técnica Colombiana 4585 en lo referente a:

1. Diámetro exterior.
2. Espesor de pared.
3. Variaciones o tolerancias del espesor de pared.

Las resistencias hidrostáticas serán de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 4585.