



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Ingeniería

Plan Departamental de Agua  
Gerencia de Servicios Públicos

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA



PIENSA EN GRANDE

# **INFORME DE DIAGNÓSTICO Y DISEÑO CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO MULTIVEREDAL “EL BARCINO” PARA LAS VEREDAS PLAN DE LA ROSA, GUADUAS Y EL BARCINO EN EL MUNICIPIO DE CAMPAMENTO, ANTIOQUIA.**






**Programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad –  
Planes Departamentales para el manejo Empresarial  
de los Servicios de Agua y Saneamiento PAP-PDA**

**Gobernación de Antioquia**




**Universidad de Antioquia**

**ABRIL, 2019**



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTADO DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTADO DE TABLAS.....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>FASE I. DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>15</b>
<b>1 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE.....</b>	<b>15</b>
<b>2 CONSIDERACIONES GENERALES .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 ACTIVIDADES DE CAMPO .....</b>	<b>16</b>
<b>3 GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL MUNICIPIO CAMPAMENTO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 ASPECTOS FÍSICOS.....</b>	<b>17</b>
3.2.1 Situación astronómica .....	17
3.2.2 Situación geográfica .....	17
3.2.3 Extensión.....	18
3.2.4 Vías de comunicación.....	19
3.2.5 Perímetro urbano y sanitario.....	19
3.2.6 Área de expansión.....	20
3.2.7 Extensión y división política .....	20
3.2.8 Usos del suelo .....	21
3.2.9 Geología y sismicidad.....	22
3.2.10 Hidrografía.....	25
3.2.11 Climatología.....	25
<b>3.3 EQUIPAMIENTO COLECTIVO .....</b>	<b>26</b>
3.3.1 Educación.....	26
3.3.2 Salud.....	26
3.3.3 Deporte, recreación y cultura.....	26
3.3.4 Movilidad y transporte.....	26
3.3.5 Servicios públicos.....	27
<b>3.4 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....</b>	<b>27</b>
3.4.1 Estratificación .....	27
3.4.2 Viviendas.....	28
<b>3.5 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS .....</b>	<b>28</b>
3.5.1 Dinámica poblacional.....	28
3.5.2 Datos de población actual .....	29



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

<b>4</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>SISTEMA DE ACUEDUCTO .....</b>	<b>31</b>
4.1.1	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO .....	31
4.1.2	INDICADORES ACTUALES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO .....	44
4.1.3	GENERALIDADES Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO..	44
4.1.4	Fuente de abastecimiento .....	46
4.1.5	Caracterización de agua.....	47
4.1.6	Bocatoma .....	48
4.1.7	Red de aducción – desarenador.....	48
4.1.8	Desarenador.....	49
4.1.9	Red de aducción – Planta de tratamiento de agua potable .....	49
4.1.10	Planta de tratamiento de agua potable .....	49
4.1.11	Tanque de almacenamiento .....	50
4.1.12	Red de conducción .....	50
4.1.13	Redes de distribución .....	50
4.1.14	EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO .....	52
<b>4.2</b>	<b>GENERALIDADES Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO</b>	<b>53</b>
4.2.1	Sistema de tratamiento.....	53
4.2.2	Redes de alcantarillado .....	54
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES TÉCNICAS DEL DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>DIAGNÓSTICO SOCIAL .....</b>	<b>55</b>
	<b>FASE II. ALTERNATIVAS.....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS SISTEMA DE ACUEDUCTO .....</b>	<b>57</b>
7.1	SISTEMA DE ACUEDUCTO VEREDAL EL BARCINO .....	58
7.2	SISTEMA DE ACUEDUCTO MULTIVEREDAL “EL BARCINO” .....	61
<b>8</b>	<b>SELECCIÓN DE ALTERNATIVA SISTEMA DE ACUEDUCTO .....</b>	<b>79</b>
	<b>FASE III. DISEÑO .....</b>	<b>81</b>
<b>9</b>	<b>OPTIMIZACIÓN Y DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO .....</b>	<b>81</b>
9.1	FUENTE DE ABASTECIMIENTO .....	81
9.2	BOCATOMA .....	84
9.3	RED DE ADUCCIÓN ENTRE BOCATOMA Y PTAP. ....	89
9.4	RED DE ADUCCIÓN ENTRE DESARENADOR Y PTAP. ....	90
9.5	DESARENADOR.....	94
9.5.1	Zona de entrada. ....	97
9.5.2	Zona de sedimentación. ....	98
9.5.3	Zona de salida. ....	99

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	



9.6	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE .....	101
9.7	TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....	110
9.8	REDES DE DISTRIBUCIÓN .....	111
10	PRESENTACIÓN VENTANILLA REGIONAL.....	136
10.1	JUSTIFICACIÓN DE OBRAS .....	136
10.2	DESCRIPCIÓN DE OBRAS .....	137
10.3	COSTOS DE OBRAS .....	139
11	FICHA TÉCNICA DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	142
12	REFERENCIAS .....	143
13	ANEXOS.....	144



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	



## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1. Localización general de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2. Perímetro sanitario para las veredas Plan de la Rosa, Guadua y El Barcino.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 3. Distribución y localización general de los componentes del sistema de acueducto veredal El Barcino. ....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 4. Distribución y localización general de los componentes del sistema de acueducto veredal multiveredal “El Barcino”. ....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 5. Rejilla de captación de la bocatoma tipo Dique-Toma del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino". ....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 6. Vista en planta de la estructura de captación del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino" .....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 7. Vista en perfil de la estructura de captación. ....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 8. Presiones en la red de aducción del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino". ....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 9. Mapa de presiones de la red de aducción del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino" .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 10. Vista en planta de la estructura de desarenado en concreto reforzado, para el sistema de acueducto multiveredal "El Barcino". ....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 11. Vista en perfil de la estructura de desarenado en concreto reforzado, para el sistema de acueducto multiveredal "El Barcino" .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 12. Pantallas distribuidoras de flujo de la zona de entrada del desarenador.....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 13. Estructura de desarenado emplazada en el terreno.....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 14. Vista en planta de la PTAP del sistema de acueducto multiveredal El Barcino para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia. ....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 15. Curva de demanda Horaria.....</b>	<b>113</b>
<b>Figura 16. Solución individual de regulación de presión domiciliaria. ....</b>	<b>128</b>
<b>Figura 17. Presiones en la red de distribución del sistema de acueducto mutiveredal "El Barcino" en la hora de máximo consumo (5:00 am). ....</b>	<b>128</b>

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	



**Figura 18. Presiones en la red de distribución del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino" en la hora de mínimo consumo (10:00 pm)..... 129**

**Figura 19. Dimensionamiento de los tanques de quiebre proyectados a lo largo de la red de distribución..... 132**

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		



## LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1. Deslizamientos encontrados en la vía Campamento-Anorí .....</b>	<b>23</b>
<b>Fotografía 2. Afluente de la quebrada El Oso, fuente de captación proyectada para el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino. ....</b>	<b>47</b>
<b>Fotografía 3. Captaciones artesanales, para captar el agua en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino. ....</b>	<b>48</b>
<b>Fotografía 4. Tanque de almacenamiento colectivos existentes en la vereda El Barcino. ....</b>	<b>49</b>
<b>Fotografía 5. Tanque de almacenamiento colectivos existentes en la vereda El Barcino. ....</b>	<b>50</b>
<b>Fotografía 6. Redes de distribución artesanales en conexión con una de las viviendas. ....</b>	<b>51</b>
<b>Fotografía 7. Tubería existente en las veredas Plan de la Rosa. ....</b>	<b>52</b>
<b>Fotografía 8. Pozos sépticos mal implementados presentes en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino. ....</b>	<b>53</b>
<b>Fotografía 9. Zona de ubicación de la bocatoma del sistema de Acueducto multiveredal "El Barcino". ....</b>	<b>84</b>

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

## LISTA DE GRÁFICOS



**Gráfico 1. Diferentes métodos para el cálculo de la proyección de la población.**  
 ..... 39

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		




## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1. Corregimientos y veredas del municipio de Campamento. ....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 2. Usos del suelo de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino. ....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 3. Número de viviendas de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, municipio de Campamento. ....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 4. Datos de población de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino. municipio de Campamento .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 5. Población base actual para cada una de las veredas que integran el sistema de acueducto multiverreal El Barcino. ....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 6. Población flotante actual para las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino que integran el sistema de acueducto multiverreal “El Barcino”. ....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 7. Población total actual para cada una de las veredas que integran el sistema de acueducto multiverreal “El Barcino”.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 8. Parámetros de diseño para la proyección de la población del sistema de acueducto multiveredal El Barcino. ....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 9. Estimación de la tasa de crecimiento de las veredas Guaduas, Plan de Rosa y El Barcino, mediante el anuario estadístico del DANE. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 10. Proyecciones de población mediante los métodos geométrico, exponencial y Wappaus para la determinación de la población de diseño para un periodo de 25 años. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 11. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 12. Datos de Caudales medios, máximos diarios, horarios y volumen de almacenamiento para el sistema de acueducto mltiveredal El Barcino, para el horizonte de diseño de 25 años.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 13. Costos de inversión y operación para diferentes procesos. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 14. Tipos de costos y sus actividades correspondientes. ....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 15. Comparación entre el sistema Filtración directa y Floculación-Filtración.....</b>	<b>70</b>





 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

<b>Tabla 16. Tabla resumen de la comparación cualitativa en costos de ambos sistemas.....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 17. Ventajas y desventajas de las alternativas propuestas para el sistema de potabilización del acueducto multiveredal "El Barcino".....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 18. Matriz de selección de alternativas para el material de la red de distribución proyectada.....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 19. Criterios de evaluación y selección de alternativas. ....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 20. Matriz de selección de alternativas para el sistema completo de acueducto proyectado. ....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 21. Ubicación del punto de captación proyectado de la fuente de abasto Afluente de la Quebrada El Oso.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 22. Parámetros medidos in situ por el equipo del grupo GIGA en el punto de captación proyectado. ....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 23. Parámetros fisicoquímicos obtenidos para la caracterización del agua en el punto de captación proyectado en el Afluente la quebrada El Oso. ....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 24. Caudales arrojados por el estudio hidrológico realizados por el equipo de ambiental del PAP-PDA para el Afluente de la Quebrada El Oso y demanda de la población al periodo de diseño (2043).....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 25. Parámetros iniciales de diseño para la estructura de captación....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 26. Dimensionamiento de la rejilla de captación.....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 27. Dimensionamiento de la cámara de derivación. ....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 28. Dimensionamiento de la tubería de aducción entre la bocatoma y el desarenador.....</b>	<b>90</b>
<b>Tabla 29. Características de las válvulas proyectadas a lo largo de la red de aducción del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino".....</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 30. Resumen de criterios y resultados de la simulación de la red de aducción.....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 31. Parámetros básicos de diseño de la estructura de desarenado.....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 32. Velocidades Horizontal y de sedimentación en la estructura de desarenado. ....</b>	<b>96</b>

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

<b>Tabla 33. Dimensionamiento de la Pantalla distribuidora de flujo de la zona de entrada del desarenador.....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 34. Dimensionamiento de la zona de sedimentación del desarenador y chequeo de la relación longitud útil/Profundidad efectiva.....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 35. Dimensionamiento de la estructura de desarenado.....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 36. Parámetros de partida para el cálculo de dosificación de Coagulante.....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 37. Datos de partida, chequeo de gradiente hidráulico.....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 38. Parámetros de partida para cálculo de diámetro de unidades de floculación de manto de lodos.....</b>	<b>105</b>
<b>Tabla 39. Parámetros de partida para cálculo de diámetro de unidades de filtración descendente.....</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 40. Parámetros de partida para cálculo del caudal de retrolavado. ...</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 41. Valores de <math>Ct = K</math>.....</b>	<b>107</b>
<b>Tabla 42. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.....</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 43. Parámetros de diseño de las redes de distribución.....</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 44. Parámetros de la red de distribución obtenidos en la simulación.....</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 45. Características de las válvulas proyectadas de la red de distribución del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.....</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 46. Altura de las láminas de agua en los diferentes tanques de quiebre proyectados a lo largo de la red de distribución.....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 47. Dimensionamiento y simulación de los tanques de quiebre proyectados a lo largo de la red de aducción.....</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 48. Características de los tanques de quiebre y la válvula reguladora de presión proyectados de la red de distribución del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.....</b>	<b>133</b>
<b>Tabla 49. Mejoramiento de indicadores.....</b>	<b>136</b>
<b>Tabla 50. Presupuesto general del proyecto construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de campamento, Antioquia.....</b>	<b>140</b>

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

## INTRODUCCIÓN



El Programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento PAP-PDA, es una política nacional que busca atender las necesidades de agua potable y saneamiento básico en el país; a partir de la implementación de mecanismos eficientes en la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo; agilidad en la ejecución de los recursos con que cuenta el sector y generación de esquemas idóneos de financiamiento, sostenibilidad y promoción de la regionalización.

El artículo 2.3.3.1.2.3 del Decreto N° 1077 de 2015 *“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio”*, define el Programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento PAP-PDA como:

*“..conjunto de estrategias de planeación y coordinación interinstitucional formuladas y ejecutadas con el objeto de lograr la armonización integral de los recursos y la implementación de esquemas eficientes y sostenibles en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico, teniendo en cuenta las características locales, la capacidad institucional de las entidades territoriales y personas prestadoras de los servicios públicos y la implementación efectiva de esquemas de regionalización.”*

El principal objetivo del PAP-PDA es armonizar de manera integral los recursos e implementar esquemas eficientes y sostenibles en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico, teniendo en cuenta las características locales, la capacidad institucional de las entidades territoriales, las personas prestadoras de los servicios públicos y la implementación efectiva de esquemas de regionalización



Con el fin de materializar los citados conceptos, la Gerencia de Servicios Públicos de la Gobernación de Antioquia y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Antioquia, suscribieron el Contrato Interadministrativo N° 2017-SS-37-005 en el mes de noviembre del 2017, cuyo alcance es *“Diseño, Formulación y Gestión de Proyectos del Programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad- Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios De Agua y Saneamiento PAP-PDA en Antioquia”*. A través de dicho Contrato, se están formulando proyectos de Acueducto y Alcantarillado en los municipios vinculados y priorizados en el marco del PAP-PDA a efecto que los mismos sean presentados al Mecanismo Departamental de Evaluación y Viabilización de proyectos.

En el marco del citado contrato, se elabora el presente informe de diagnóstico y diseño del proyecto: **“CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO MULTIVEREDAL “EL BARCINO” PARA LAS VEREDAS PLAN DE LA ROSA, GUADUAS Y EL BARCINO EN EL MUNICIPIO DE CAMPAMENTO, ANTIOQUIA”** cuyo alcance contempla la construcción de un sistema de acueducto multiveredal, para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino, este sistema está diseñado para una población de 1405 habitantes y un caudal futuro de 3.66 L/s, se compone de un sistema de captación tipo dique-toma, un desarenador de flujo horizontal, una red de aducción que conduce el agua desde el desarenador hasta la Planta construida en fibra de vidrio y diseñada con un tren de tratamiento convencional floculación, filtración y cloración, tanques de almacenamiento construidos igualmente en fibra de vidrio, una red de distribución de aproximadamente 17 Km y sistemas de micromedición instalados en cada vivienda, este sistema permitirá ofrecer a la comunidad de las tres veredas a intervenir un servicio de buena calidad, con características de calidad, continuidad y cantidad. El informe contiene dos fases realizadas con fundamento en el insumo técnico entregado por la administración municipal de Campamento y en la revisión de información secundaria del mismo municipio, la cual fue posteriormente validada en las visitas realizadas por el equipo interdisciplinario de la Universidad de Antioquia a la zona de influencia del proyecto.




En la primera fase del informe se presenta el diagnóstico del municipio Campamento, veredas Plan de Rosa, Guaduas y El Barcino en el cual se describen los aspectos generales, la situación actual de la infraestructura existente de cada sistema (acueducto y alcantarillado), su funcionamiento y operación, así como el diagnóstico social y económico de la zona de estudio.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

En la segunda fase se presenta el diseño del proyecto, incluyendo un análisis de alternativas que permitió seleccionar la más adecuada en términos técnicos, ambientales, jurídicos y sociales. Desde la parte técnica se aplicaron los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), según la resolución 0330 de junio 17 de 2017.

Adicional a la formulación técnica del proyecto, la Universidad de Antioquia adelantó los trámites ambientales, sociales y jurídicos requeridos en la Resolución 672 de 2015 *“por la cual se adopta la Guía de que trata el artículo 2.3.3.2.4.14 del Decreto 1077 de 2015”* para su viabilización ante el Mecanismo Departamental. Para lo anterior, el municipio, como responsable del proyecto realizó la gestión necesaria para la culminación y obtención de los trámites.



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

## FASE I. DIAGNÓSTICO

### 1 EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

En el alcance del proyecto sistema de acueducto multiveredal El Barcino, veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino y el Plan Maestro de Acueducto de la vereda El Barcino, se incluye la compilación y estudio de la documentación existente relacionada con los sistemas de acueducto y alcantarillado. Para hacer exitoso el alcance de este proyecto, se recopiló información secundaria con el fin de completar el levantamiento de información de campo y realizar una adecuada caracterización de todos los aspectos que conforman el diagnóstico y diseño de los sistemas mencionados.

Entre los documentos generales relacionados con los diferentes aspectos del proyecto se destacan los siguientes:



- Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Campamento, año 1999.
- Plan Territorial de Salud, Municipio de Campamento 2012-2015
- Datos consolidados de la base del SISBEN del municipio de Campamento
- Anuario estadístico del departamento de Antioquia
- Información sistema de acueducto vereda el Barcino – municipio de Campamento, elaborado por Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A E.S.P – AAS SA.

### 2 CONSIDERACIONES GENERALES

Para el desarrollo del diagnóstico y diseño del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, la Universidad de Antioquia en el marco del PAP-PDA, realizó las siguientes actividades:

#### 2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

En las actividades preliminares se lleva a cabo todo lo relacionado con la planeación y organización de la logística requerida para la adecuada ejecución del proyecto. En esta etapa se realiza el plan de trabajo y se definen fechas para el desarrollo de las actividades, tanto de campo como de oficina.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

## 2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la realización del proyecto de acueducto multiveredal “El Barcino”, se realizó una exhaustiva recolección de información primaria y secundaria, con el fin de analizar y diagnosticar la problemática del sistema de acueducto de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino. Estas actividades de recopilación involucraron tanto las entidades del municipio de Campamento, la secretaria de planeación, catastro, servicios públicos y el SISBEN, como la junta de la acción comunal de la vereda El Barcino, además de otras entidades que de alguna u otra forma estuvieran relacionadas con el proyecto.

## 2.3 ACTIVIDADES DE CAMPO

Las visitas y reconocimientos de campo fueron apoyadas por funcionarios de planeación municipal y gerencia de servicios públicos de la cabecera municipal, además, funcionarios de la junta de acción comunal de la vereda El Barcino. Las actividades de campo se efectuaron durante los meses de febrero y junio de 2018.



## 3 GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el siguiente capítulo se describen los aspectos generales, tanto del municipio de Campamento, como de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino, tendientes a ubicar al lector en el área de estudio.

### 3.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL MUNICIPIO CAMPAMENTO

En el período prehispánico, el municipio de Campamento estuvo habitado por los indios Tuango, Llameéis y Nechí. En 1780 hubo una disputa entre los señores Joaquín Barrientos, Plácido Misas y el señor Antonio de La Quintana, los cuales reclamaban derechos sobre las tierras, resolviéndose en 1781 a favor de los señores Barrientos y Misas, quienes fueron en adelante los dueños de las tierras de Campamento y Yarumal (EOT Municipio de Campamento, 1999).

Campamento fue decretado parroquia de Yarumal el 23 de abril de 1835, siendo gobernador de Antioquia Don Juan de Dios Aranzazu. El municipio tomó el nombre de Campamento a raíz de la Batalla de Choros Blancos, el 12 de febrero de 1820, en la cual el general José María Córdoba derrotó al general Francisco Warletta.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Posterior a esto, en el año 1927 Campamento fue fundado por sus primeros habitantes, personas de Yarumal que llegaron al sitio por insinuación del cura de esa población, Don José Antonio Palacio Isaza, quien se considera como el fundador del municipio. En 1830 se creó la parroquia por solicitud del ayuntamiento de Santa Rosa de Osos y en 1835 se le dio a la localidad el estatuto de municipio por decreto del Gobernador Juan de Dios Aranzazu.

Además, el municipio ha recibido otros nombres como, Uriel en honor al cacique Uriel de la tribu Yemesí cañaverál debido a que en su flora predominaba la cañabrava (EOT Municipio de Campamento, 1999).

## 3.2 ASPECTOS FÍSICOS

### 3.2.1 Situación astronómica



El municipio de Campamento está ubicado al Norte del Valle de Aburrá sobre el ramal nororiental de la cordillera central a los 6°58'45.15" de latitud norte y a los 75°17'43.14" longitud oeste.

A su vez, las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, se localizan al nororiente de la cabecera urbana, aproximadamente a 5.45 km de este por vía terrestre (EOT Municipio de Campamento, 1999).

### 3.2.2 Situación geográfica

La cabecera municipal de Campamento está ubicada a 1700 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 20°C. Limita al oeste con el municipio de Yarumal, con Anorí por el este y por el sur con Angostura y Guadalupe.

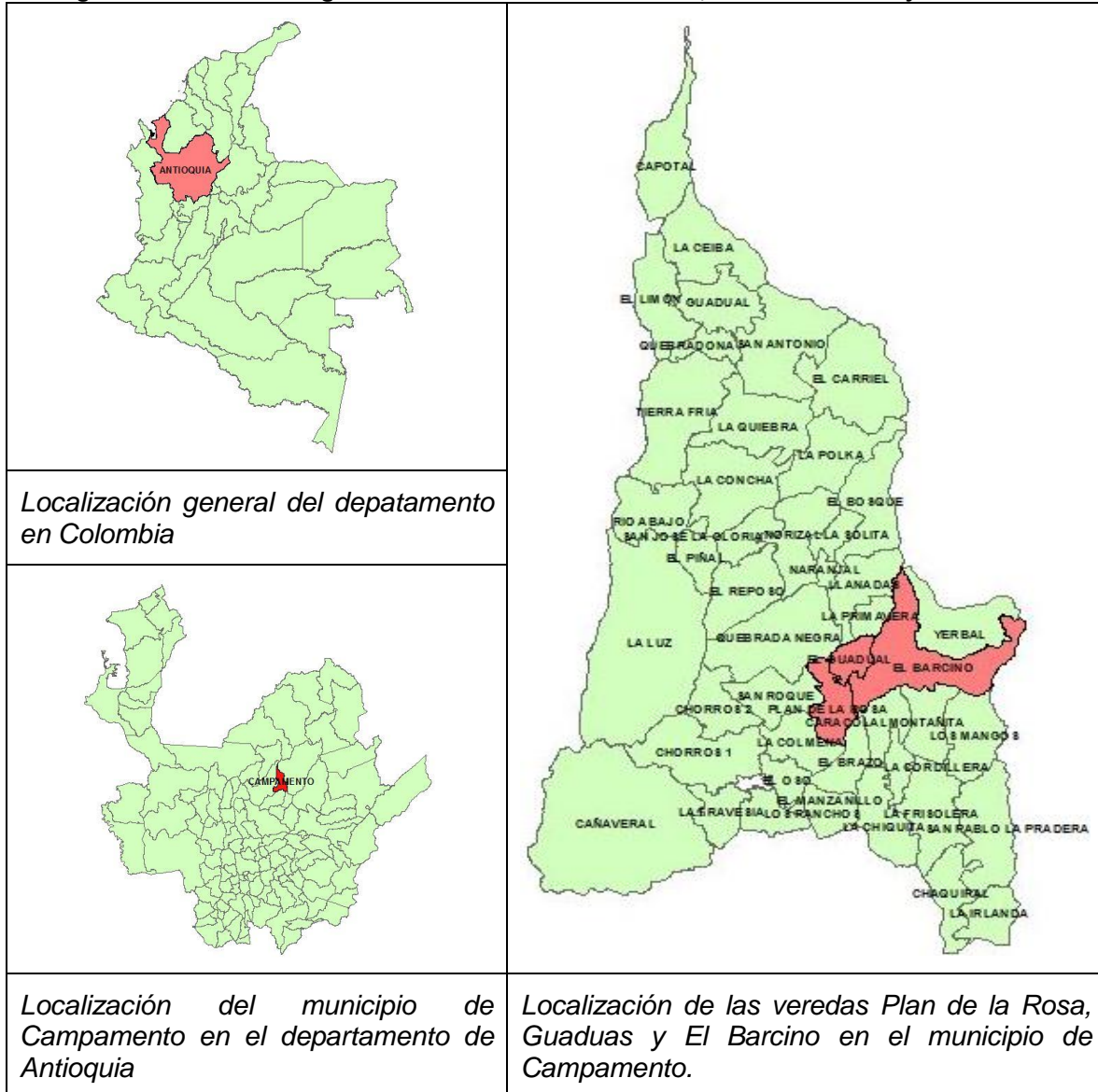
Las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino poseen una altura que varía entre los 1600 msnm partiendo desde la vereda Plan de la Rosa, hasta los 1100 msnm en la vereda El Barcino. Limitan al norte con las veredas Llanadas, El Yerbál y La Primavera, al este con el municipio de Anorí, al oeste con las veredas San Roque, La Colmena y Caracolal, al sur con las veredas El Brazo, Los Mangos y Montañita y al noroeste con la vereda Quebrada Negra (EOT Municipio de Campamento, 1999).

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		



### 3.2.3 Extensión

El municipio de Campamento cuenta con un área total de 200 km<sup>2</sup>; de los cuales 13.40 km<sup>2</sup> pertenecen a las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, como se evidencia en la Figura 1, (EOT Municipio de Campamento, 1999).

**Figura 1. Localización general de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino.**



**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir de información cartográfica de Catastro Antioquia.**

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

### 3.2.4 Vías de comunicación

El municipio de Campamento dista aproximadamente 129.7 km de Medellín, tomando la Troncal Occidental, que conecta el sur-occidente del país con la Costa Atlántica, el trayecto se recorre en un lapso de tres a tres horas y media, dependiendo del tipo de transporte terrestre utilizado.

El municipio no cuenta con vías de acceso aéreo, fluvial ni con Red Vial Primaria (RPV), tan solo cuenta con conectividad de Red Vial Secundaria (RVS) y Red Vial Terciaria (RVT), (EOT Municipio de Campamento, 1999).



Las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino se comunican con la cabecera urbana mediante la vía departamental Campamento-Anorí, vía destapada la cual presente carencia de cunetas adecuadas para evacuar el agua y un inadecuado manejo de taludes, afectando el estado de la vía en tiempos de lluvia y dificultando la movilidad, transporte y comercialización de productos, sin embargo, la vía presenta buenas condiciones para la movilidad la mayor parte del año.

### 3.2.5 Perímetro urbano y sanitario

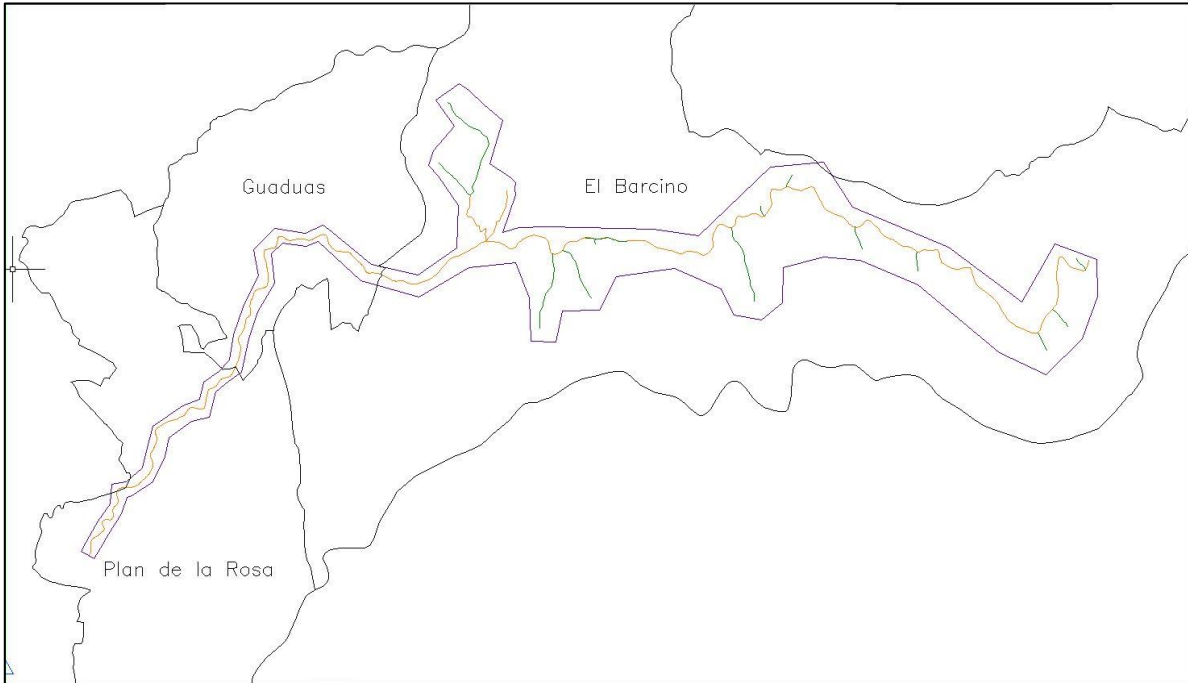
Según el Título D del RAS 2000, el perímetro urbano es la línea que enmarca el área utilizable y apta para la instalación y suministro de los servicios de acueducto y saneamiento, definida a partir del inventario de las redes de conducción y distribución y la capacidad que tiene esta de cubrimiento en un futuro, también llamada perímetro sanitario. Las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y el Barcino, no cuentan con un perímetro sanitario establecido, debido a que no se prestan los servicios de acueducto y saneamiento.

Cabe mencionar que en el actual proyecto se definió un perímetro urbano que logre dar la cobertura necesaria a las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, con el fin de prestar el servicio de agua potable a la población objetivo del proyecto, cabe mencionar que para este caso el perímetro sanitario y urbano son iguales. El perímetro sanitario y urbano del proyecto Construcción del sistema de acueducto multiveredal El Barcino, fue definido por parte del personal Técnico del PAP-PDA, el cual asegura la cobertura del servicio a toda la población objetivo (ver Figura 2) (A.A.S S.A, 2013); dicho perímetro equivale a un área de 1.74 Km<sup>2</sup>.



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos  PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

**Figura 2. Perímetro sanitario para las veredas Plan de la Rosa, Guadua y El Barcino**





**Fuente:** elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir de información obtenida del Plan Maestro de Acueducto, municipio de Campamento, A.A.S S.A (2013).

### 3.2.6 Área de expansión

Según planeación municipal en el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), no se hace relación al área de expansión o se definen áreas de expansión para la cabecera municipal ni sus veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino.

### 3.2.7 Extensión y división política

El municipio de Campamento cuenta con dos (2) corregimientos y un total de cuarenta y cinco (45) veredas en su mayoría comunicadas con la cabecera a través de caminos de herradura, estos se muestran en la Tabla 1 a continuación, (EOT Municipio de Campamento, 1999):

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Tabla 1. Corregimientos y veredas del municipio de Campamento.**

<b>Veredas</b>	Cañaveral, Capotal, Caracolal, Chaquiral, El Barcino, El Bosque, El Carriel, El Limón, El Manzanillo, El Oso, El Piñal, El Reposo, El Yerbal, Guadual, Guaduas, La Ceiba, La Colmena, La Concha, La Cordillera, La Esperanza, La Frisolera, La Irlanda, La Luz, La Polka, La Primavera, La Quiebra, La Solita, La Travesía, Llanadas, Los Chorros, Los Mangos, Los Ranchos, Montañita, Naranjal, Norizal La Mina, Plan de la Rosa, Quebrada Negra, Quebradona, Rio Abajo, San Antonio, San José La Gloria, San Luis, San Pablo, San Roque, Tierra Fría.
<b>Corregimientos</b>	La Chiquita, La Solita.

*Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) 1999.*



### 3.2.8 Usos del suelo

Los suelos del municipio de Campamento se utilizan en su mayor proporción en el cultivo de caña combinada con pastos enmalezados con rastrojos bajos y con pastos no manejados. Además, se encuentran en menor porcentaje rastrojos altos y bajos en sitios de nacimientos y laderas de quebradas y ríos. En el municipio hay presencia además de pastos no manejados y pastos enmalezados, pastos manejados asociados a cultivos permanentes, pastos enmalezados asociados a rastrojos bajos y por último se encuentran unos pocos relictos de bosques intervenidos muy fragmentados y repartidos a lo largo de todo el territorio.

En concordancia con lo anterior, la actividad económica más implementada en el municipio se basa en la siembra de caña, materia prima para la obtención de panela, en segundo reglón se encuentra la actividad ganadera de leche y doble propósito y en tercer lugar se tienen prácticas de minera, principalmente la mina de asbesto.

Por último, cabe destacar una mínima producción cafetera, la cual se ha ido reemplazando por la siembra de caña, debido a que los suelos han perdido fertilidad natural siendo necesario la incorporación de fertilizantes, a los viejos cafetales, lo que afecta la producción y calidad del producto (EOT Municipio de Campamento, 1999).

A continuación, se presenta en la Tabla 2 los usos del suelo de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Tabla 2. Usos del suelo de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino.**

Vereda	Usos del suelo, actividad económica.
Plan de la Rosa	Cultivo de caña para la producción de panela y un poco de ganado.
Guaduas	Cultivo de caña panelera y ganado de doble propósito.
El Barcino	Cultivo de caña panelera, ganado de doble propósito y un poco de cultivo de café.

**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) 1999.**

### 3.2.9 Geología y sismicidad

- **Geología**



A continuación, según el EOT se realiza un breve análisis de las unidades litológicas presentes y una pequeña descripción geomorfológica del municipio.

Geológicamente el municipio de Campamento cuenta con las siguientes unidades litológicas (EOT Municipio de Campamento, 1999):

- Rocas Metasedimentarias del Paleozóico.
- Rocas Intrusivas Paleozoico
- Rocas Ígneas
- Rocas Sedimentarias del Cretáceo
- Rocas Terciarias
- Depósitos Cuaternarios

Según el EOT de 1999 el municipio cuenta con la presencia de Neis Adamelita Porfiroblástico, intrusivo sintectónico, esta unidad forma un gran lente elongado con una superficie de aproximadamente 300 km<sup>2</sup> que se extiende hacia el norte del municipio, además cuenta con la presencia de unidades de serpentina, que son cuerpos ultramáficos generalmente serpentinizados, estas son de especial interés desde el punto de vista económico ya que en ellas se encuentran depósitos de asbestos crisotilo al norte de Campamento.

La presencia de Rocas Terciarias se evidencia en unidades de Laterita que es una capa ferruginosa y derivada de la serpentina subyacente, esta capa se encuentra sobre las serpentinas en la cresta de una amplia cuchilla con pendiente hacia el norte, llamada Morro Pelón en la parte alta del Valle del Río Nechí, este manto de laterita está enriquecido en hierro y níquel, aunque es demasiado pequeño y de bajo tenor para ser explotado económicamente.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Geomorfológicamente el municipio de Campamento se encuentra en su gran mayoría sobre el Batolito Antioqueño, debido a esto la topografía es suavemente ondulada y subredondeada.

En consecuencia, en el municipio hay presencia de unidades geomorfológicas constituidas por vertientes largas de pendiente fuerte a moderadas, donde la parte superior de estas pendientes son filos largos y subagudos, como lo son las Vertientes Largas de Fuerte Pendiente presentes en las veredas La Primavera, El Yermal, El Barcino, Guaduas, Plan de la Rosa, La Colmena, Manzanillo, El Oso y parte de Llanadas, Quebrada Negra y La Chiquita; estas vertientes caen hacia el Río Nechí. Los procesos erosivos superficiales no son muy frecuentes, pero los concentrados, en este caso deslizamientos, se observan con mucha continuidad sobre la vía que va hacia Anorí (ver Fotografía 1), estos deslizamientos arrastran material hacia el río Nechí. Estos deslizamientos han provocado la obstrucción de la vía en frecuentes ocasiones (EOT Municipio de Campamento, 1999).

**Fotografía 1. Deslizamientos encontrados en la vía Campamento-Anorí**






**Deslizamientos encontrados en la vía Campamento-Anorí, foto tomada el día 08 de mayo de 2018.**

**Fuente: elaboración propia, formulación PAP-PDA.**

- **Amenaza sísmica local**

El municipio y sus alrededores se ven afectados a nivel regional por fallas geológicas regionales como el sistema Cauca-Romeral y la Falla de Palestina, además de algunos lineamientos que controlan los cauces de los ríos San Pablo y Nechí. La baja elasticidad y las tensiones a las que se encuentra sometido el Batolito Antioqueño, dan lugar a la intensiva fracturación de este, generando fallas y diaclasas (EOT Municipio de Campamento, 1999).

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

El municipio de Campamento se encuentra ubicado en la Zona de Riesgo Sísmico Intermedio, donde las construcciones se deben diseñar teniendo en cuenta que se pueden presentar valores de aceleración pico efectiva de 0.20 g.



Por ende, Campamento puede verse afectado por sismos moderados a fuertes, que pueden generar pérdidas importantes tanto en su infraestructura y su economía. De acuerdo a los análisis del estado actual y la calidad de las construcciones realizados para el área urbana, se puede observar que los habitantes del municipio no están debidamente preparados para afrontar eventos como los que en teoría se pueden presentar (EOT Municipio de Campamento, 1999).

- **Zonas de riesgo y amenaza**

Con base en el EOT de 1999 se tiene una pequeña identificación de las zonas donde se presentan amenazas por movimientos en masa o deslizamiento y por la acción de procesos erosivos.

- **Amenaza Baja:** se ubican en el municipio en áreas con presencia de Vertientes Largas de Pendiente Suave y donde se llevan a cabo usos del suelo que se constituyen en Bosque Intervenido, Rastrojo Bajo y Rastrojo Alto. Esta amenaza se localiza en parte de las veredas La Luz, Los Chorros, Los Ranchos y unos sectores pequeños de Cañaveral.
- **Amenaza Media:** en su mayoría el municipio se encuentra en amenaza media, distribuida sobre toda el área, éste grado de amenaza se debe a los usos del suelo y a la geomorfología observada en el territorio, predominando las Vertientes Largas de Pendiente Moderada y las Colinas Alargadas de Gran Extensión. La amenaza media se ubica primordialmente en las veredas Capotal, La Ceiba, Guadual, El Limón, Quebradona, Tierra Fría, San Antonio, El Carriel, La Polka, El Bosque, Norizal, La Solita, San José de la Gloria, El Piñal, El Reposo, Naranjal, La Luz, Quebrada Negra, Guaduas, Caracolal, Montañita, Los Mangos, Cordillera, La Chiquita, La Frisolera, San Pablo, Chaquiral, La Irlanda, Los Ranchos, La Travesía, Cañaveral, Los Chorros y El Yerbal.
- **Amenaza Alta:** esta amenaza se encuentra muy influenciada por la geomorfología, la cual está dada en su mayoría por Vertientes Largas de Fuerte Pendiente y Colinas Altas de Pendiente Abrupta. Además de estar influencia por este factor, el uso actual del suelo le da un peso de gran importancia ya que estas zonas son de Pasto No Manejado-Pasto Enmalezado, Cultivos y Pasto Manejado, Cultivo Permanente. Las áreas de amenaza alta se ubican en algunos sectores de las veredas Capotal, Guadual, El Limón, La Ceiba, San Antonio, El Carriel, La Quebra, Tierra Fría, Río Abajo, La Concha, La Polka, Norizal, Llanadas, Primavera, El Reposo, La Luz, Quebrada Negra, Plan de la Rosa, El



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Oso, Colmena, Manzanillo, La Chiquita, El Barcino y El Yermal (EOT Municipio de Campamento, 1999).

### 3.2.10 Hidrografía

El municipio de Campamento es atravesado por tres ríos, siendo el principal el río Nechí, el cual nace en jurisdicción del municipio de Yarumal, cruzando gran parte del territorio y marcando el límite con los municipios de Angostura, Yarumal, Guadalupe y Anorí. La Cuenca del río Nechí es conformada por las veredas del Yermal, Guadua, Barcino, Plan de la Rosa, La Colmena, Manzanillo, La Chiquita, Los Chorros, Cañaverl, Las Travesía, Los Ranchos, El Oso, La Chiquita, Caracolal, El casco Urbano, Los Mangos, La Montañita, El Carriel, La Ceiba y Capotal.

En segundo lugar, se encuentra el río San José, el cual desemboca en el río Nechí, este se ubica en la parte central del municipio, entra en él a los 2400 m.s.n.m y desemboca a los 650 m.s.n.m, recorre las veredas de la Polka, La Solita, Los caños y El Diablo.



Por último, el río San Pablo, el cual nace en la zona suroeste del municipio de Santa Rosa de Osos a unos 1100 m.s.n.m y desemboca en el río Nechí a unos 850 m.s.n.m, recorre las veredas Los Mangos, San Pablo, Chaquiral, Frisolera y Montañita.

Además de otras microcuencas que bañan el municipio como son las quebradas: El Carmen, La Gil, Las Cantinas, El Cuchillo, El Oso (principal afluente de la Chiquita), La Chiquita, El Bejuquero, El Yermal, San Luciano, Pito, Pitocito, Cañada Doña María y Cañada Siberia (EOT Municipio de Campamento, 1999).

### 3.2.11 Climatología

Según el EOT de 1999 en el municipio de Campamento, se destacan zonas de vida de bosque húmedo premontano, tierra cafetera húmeda, bosque pluvial montano bajo, tierras frías súper húmedas, bosque seco tropical, tierra caliente seca, bosque muy húmedo premontano y bosque muy húmedo montano bajo.

El clima que se presenta en la mayor área del municipio es templado tropical húmedo (EOT Municipio de Campamento, 1999).

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

### 3.3 EQUIPAMIENTO COLECTIVO

La siguiente información incluye la cobertura de estos equipamientos para las veredas: Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino, las cuales hacen parte del entorno rural del acueducto multiveredal “El Barcino”.

#### 3.3.1 Educación

Cada una de las veredas cuenta con un Centro Educativo Rural – CER de básica primaria, además del Sistema de Aprendizaje Tutorial - SAT que sirve para que los estudiantes egresados de la escuela veredal puedan continuar los estudios de bachillerato.

Las veredas no cuentan con establecimientos para la educación a nivel técnico, tecnológico y universitario; por lo tanto, los estudiantes que desean continuar con sus estudios a nivel superior se deben desplazar hacia la cabecera municipal de Campamento o en su defecto a otros municipios cercanos o a la ciudad de Medellín.

#### 3.3.2 Salud




El entorno rural del acueducto multiveredal “El Barcino” no cuenta con ningún equipamiento dedicado a la atención primaria en salud.

#### 3.3.3 Deporte, recreación y cultura

Para las actividades de deporte y recreación cada una de las veredas cuenta con una cancha de fútbol construida artesanalmente en arenilla y grama, sin ningún tipo de cubierta. Adicionalmente, cada vereda cuenta con una caseta comunal y en la vereda Guaduas está ubicada una pequeña capilla para realizar oficios religiosos, para las personas de la propias de la vereda y comunidad aledaña.

#### 3.3.4 Movilidad y transporte.

El entorno rural del Acueducto Multiveredal El Barcino, se encuentra conectado desde y hacia la cabecera municipal a través de una vía terciaria, sin pavimentar. Esta vía, también conecta el municipio de Campamento con el municipio de Anorí. Igualmente, se cuenta con un transporte escolar que comunica a las veredas con la cabecera municipal.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

### 3.3.5 Servicios públicos

La siguiente información incluye la cobertura para las veredas: Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino, las cuales hacen parte del entorno rural del Acueducto Multiveredal El Barcino.

- **Acueducto**

No existe sistema de acueducto convencional para el abastecimiento de agua potable, los habitantes de las veredas se abastecen a partir de pequeños nacimientos, las captaciones son artesanales y el agua se conduce sin ningún tipo de tratamiento hasta las viviendas por medio de mangueras agrícolas (A.A.S S.A, 2013).

- **Alcantarillado**

Se cuenta con un sistema de control de aguas residuales domésticas, mediante sumideros conectados a la unidad sanitaria. Este sistema fue construido con aportes del Comité de Cafeteros y el municipio.

- **Aseo**

No se recolectan los residuos sólidos generados, estos son dispuestos en trincheras, mientras que otras familias prefieren realizar quema a cielo abierto.

- **Energía eléctrica**

El servicio de energía eléctrica, es prestado por las Empresas Públicas de Medellín. En las veredas hay presencia de red de postes eléctricos los cuales proveen de energía las viviendas las veinticuatro (24) horas del día.



- **Telecomunicaciones**

No se cuenta con el servicio de telefonía fija, sin embargo, se tiene acceso al sistema de telefonía celular, que es prestado por las empresas de telefonía móvil Claro y Tigo.

## 3.4 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

### 3.4.1 Estratificación

La estratificación socioeconómica del entorno rural del acueducto multiveredal, corresponde al nivel 1 para todas las viviendas de las veredas: El Barcino, Plan de la Rosa y Guaduas.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

### 3.4.2 Viviendas

De acuerdo con los datos del SISBEN realizado por el Municipio de Campamento, durante los meses de enero y abril de 2018, arrojaron los siguientes resultados en términos de número de viviendas (ver Tabla 3) ubicadas en el entorno rural del acueducto multiveredal “El Barcino”:

- Vereda El Barcino: 62 viviendas
- Vereda Guaduas: 22 viviendas
- Vereda Plan de La Rosa: 118 viviendas.

**Tabla 3. Número de viviendas de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, municipio de Campamento.**

Veredas	Nº de Viviendas
El Barcino	62
Guaduas	22
Plan de La Rosa	118
<b>Total</b>	<b>202</b>



**Fuente: SISBEN. Municipio de Campamento. Enero-abril de 2018**

## 3.5 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

### 3.5.1 Dinámica poblacional

Las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino del municipio de Campamento, basan su producción económica básicamente en la minería y la actividad agropecuaria, donde aproximadamente el 70 % de la tierra se divide en minifundios dedicados a la explotación de la caña panelera, siendo este el primer productor del municipio. Además, de estas actividades de manera complementaria también se produce café, tomate, algunos frutales, madera y ganado de doble propósito (carne y leche).

Estas condiciones sumadas a la cercanía y conexión vial del municipio de Campamento con los municipios de Yarumal y Anorí, han hecho que las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino tengan una composición social campesina, rural y minifundista, y se hayan convertido en un objetivo militar de diferentes grupos al margen de la ley (guerrilla y paramilitares), donde las acciones de fuerza y de enfrentamientos armados fueron una constante en más de 50 años de violencia en la región. Luego de los acuerdos de paz con la guerrilla de las FARC, la situación ha mejorado, la comunidad siente un ambiente más favorable para sus actividades comerciales y sociales, así como la posibilidad de incentivar procesos de retorno de

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

pobladores que fueron desplazados por este largo conflicto armado (A.A.S S.A, 2013).

### 3.5.2 Datos de población actual

- **Población según SISBEN**

Para los datos poblacionales, se tomó como fuente de información los datos del SISBEN, realizado por el Municipio de Campamento durante los meses de enero y abril de 2018, (ver Tabla 4) en tanto que no se cuenta con censos históricos, consecutivos y actualizados.

- **Vereda El Barcino:** se encuentran registradas 313 personas, de las cuales 170 son hombres y 143 son mujeres.
- **Vereda Guaduas:** se encuentran registradas 108 personas, de las cuales 60 son hombres y 48 son mujeres.
- **Vereda Plan de la Rosa:** se encuentran registradas 479 personas, de las cuales 240 son hombres y 239 son mujeres.



**Tabla 4. Datos de población de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino. municipio de Campamento**

Grupos de edad	El Barcino	Guaduas	Plan de La Rosa	Subtotales
Entre 0 y 15	102	30	161	293
Entre 16 y 20	35	10	63	108
Entre 21 y 50	116	42	167	325
Entre 51 y más	60	26	88	174
<b>Total</b>	<b>313</b>	<b>108</b>	<b>479</b>	<b>900</b>
	<b>900</b>			

*Fuente: SISBEN. Municipio de Campamento. Enero-abril de 2018*

El análisis del comportamiento poblacional de las veredas que conforman el entorno rural del acueducto multiveredal, está liderado por la vereda Plan de la Rosa con 479 habitantes, seguido por la vereda El Barcino con 313 habitantes y finalizado con la vereda Guaduas con 108 pobladores. En términos del comportamiento de los grupos por edades, se evidencia la importancia del número del grupo de niños y jóvenes (401) sobre los dos grupos restantes, lo que determina la necesidad de viabilidad en la formulación, diseño y, futura construcción, del proyecto denominado “Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”.

Además, la información entregada cuenta de 202 viviendas, 3 centros educativos, 3 casetas comunales, y una capilla. Todo lo cual representa 209 edificaciones, que

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

cubren un total de 900 pobladores, tal como se resume en los documentos del proyecto (Archivos denotados como: Carpeta 20-Estudios y diseños- Estad\_SISBEN\_Vereda El Barcino y Estad\_SISBEN\_Veredas Guaduas\_Plan de la Rosa ubicados).

- **Población según Censo Sanitario**

Según datos de población levantados por la empresa A.A.S S.A mediante un censo sanitario elaborado en el año 2013 en las viviendas de la vereda El Barcino se pudo definir una población de 310 habitantes, para su ejecución se contó con líderes comunitarios y jóvenes de la vereda que en todo momento acompañaron a la consultoría A.A.S. S.A. quien coordinó todas las actividades de campo y procesamiento de la información generada. El censo se realizó puerta a puerta, para obtener una mejor calidad de la información se procuró que una persona mayor de edad contestara las preguntas propuestas por el censo.

- Total personas: 310
- Total inmuebles: 84
- Total inmuebles residenciales: 83
- Inmuebles Institucionales:1

Tal como se resume en los documentos del proyecto (Archivos denotados como: Carpeta 20-Estudios y diseños Censo Sanitario\_El\_Barcino\_AASSA)




Los datos anteriormente mencionados evidencian que la población en la vereda El Barcino al año 2013 era mayor en comparación a la población obtenida en el año 2018 por el SISBEN que es de 313 habitantes, lo que puede evidenciar que el crecimiento de la población en los cinco años de diferencia fue bastante lenta y pausada o que la población de la vereda ha migrado a otros lugares, sin embargo, esta información no se tomará como el valor oficial para realizar las proyecciones de la población debido a que solo se cuenta con los datos de la vereda El Barcino, pero no de las veredas Guaduas y Plan de la Rosa.

Por ende, se decide tomar los datos provenientes del SISBEN por ser más actualizada y confiable, además porque se tiene información de las tres veredas objetivo mejorando así la simetría en la proyección de los datos.

- **Densidad poblacional**

Para la determinación de este dato, se hace uso de la información suministrada por el censo realizado por el SISBEN municipal en el año 2018, para el cual se tiene un registro 202 viviendas y un total de 900 habitantes en las tres veredas. A partir de estos datos, se realiza una división del número de habitantes por la cantidad de



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

viviendas en las tres veredas, como resultado de este procedimiento se obtiene una densidad poblacional de 4.45 habitante/vivienda como se muestra a continuación.

$$Densidad Poblacional = \frac{900 \text{ hab}}{202 \text{ viv}} = \frac{4.45 \text{ hab}}{\text{viviendas}}$$

## 4 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

A continuación, se hará una descripción del estado actual de los sistemas de acueducto y alcantarillado de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, del municipio de Campamento, sin embargo, el proyecto contempla según identificación de necesidades el sistema de acueducto como prioridad, por lo tanto, se profundiza en el diagnóstico de dicho sistema.

### 4.1 SISTEMA DE ACUEDUCTO



Actualmente las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no cuentan con un sistema de acueducto convencional, es decir, no hay presencia de ninguno de los componentes del sistema bocatoma, desarenador, red de aducción, planta de potabilización, tanque de almacenamiento, macromedidores, red de conducción, red de distribución y micromedidores.

#### 4.1.1 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

Para evaluar las condiciones actuales de los elementos de los sistemas de acueducto artesanales presentes en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, se tuvieron en cuenta si existía o no el componente, en que material estaba construido y en qué condiciones se encontraba su infraestructura. Debido a que en la actualidad no hay presencia de un sistema convencional, no se pueden realizar evaluaciones hidráulicas mediante software EPANET.

##### 4.1.1.1 Población

La estimación de la población es un elemento fundamental para evaluar la capacidad hidráulica del sistema de acueducto a proyectar, ya que, a partir de ella, se establecen y evalúan las demandas del sistema y la dotación.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Por ende, es de gran importancia que esta se encuentra sujeta a las dinámicas socioeconómicas que se dan en la zona de estudio, además de involucrar fenómenos importantes como los procesos de migración y reintegración al territorio. Cabe mencionar que dichos procesos se ven afectados por eventos adversos como la violencia, el municipio de Campamento fue foco de ataques por parte de grupos armados ilegales, que lograron generar procesos migratorios y de abandono de tierra por parte de los habitantes del municipio, sin embargo, posterior al proceso de paz que se está llevando a cabo en el país, el municipio ha logrado evidenciar en el último año un fenómeno de retorno y de migración por parte de habitantes de otras regiones del país. Lo que ha logrado generar un aumento de la población en el municipio en comparación con años anteriores.

Para conocer y analizar los datos de la población presentes en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, se solicitó a la oficina del SISBEN del municipio los datos de población más actualizados que se tuvieran registrados. Los datos de población base corresponde a la estimada por el SISBEN para los años 2017-2018, la cual es de 900 habitantes en total para las tres veredas como se mencionó en el numeral 3.5.2, con una población distribuida por vereda, tal como se evidencia en la Tabla 5.



**Tabla 5. Población base actual para cada una de las veredas que integran el sistema de acueducto multiveredal El Barcino.**

Vereda	Población (Habitantes)
Guaduas	108
Plan de la Rosa	479
El Barcino	313

**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir de los datos de población registrados en la oficina del SISBEN del municipio de Campamento.**

#### a) Población flotante

Como se mencionó en el numeral 3.5 el entorno rural del Acueducto Multiveredal El Barcino no tiene componentes turísticos importantes que generen un incremento de población en tiempos determinados del año, sin embargo, para la estimación de la población flotante para el sistema multiveredal “El Barcino”, se consideran sus actividades económicas como la minería de asbesto, el cultivo de caña de azúcar y fabricación de panela, la cual ocasiona que vendedores de panela en su mayoría de la ciudad de Medellín visiten las moliendas de caña los fines de semana para comprar la panela a los productores de la región, además la región es visitada por personas de localidades cercanas con intención de buscar empleo y mejorar sus ingresos familiares, cabe mencionar que hay en la región presencia de cascadas de abundante agua fresca como Los Tres Saltos y Las Dantas ubicadas

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

cerca de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, que son un atractivo turístico de la región. Sin embargo, las veredas no cuentan con una zona hotelera, por lo cual se dificulta la estimación de la población que las visita con fines turísticos o de negocios.

Dicho esto, para el diseño del sistema en acuerdo con la administración municipal, los datos de población flotante se adoptan como el 10% de la población permanente total presenten en las tres (3) veredas, en la Tabla 6 se encuentran consignados los datos de población flotante para el año 2018 con base a la población total de las veredas en el mismo año.

**Tabla 6. Población flotante actual para las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino que integran el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.**

Veredas	Población Permanente Total (Habitantes)	Población Flotante Total (Habitantes)
Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino	900	90

*Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir de los datos de población registrados en la oficina del SISBEN del municipio de Campamento.*

A partir de la población permanente y población flotante se obtiene la población total base actual para el sistema de acueducto multiveredal, como ya se mencionó siendo la población flotante un 10% de la población permanente de las veredas. Para una población total para el sistema de 990 habitantes. En la Tabla 7 se evidencia por veredas el valor de población total actual.



**Tabla 7. Población total actual para cada una de las veredas que integran el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.**

Vereda	Población Total (Habitantes)
Guaduas	119
Plan de la Rosa	527
El Barcino	344

*Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir de los datos de población registrados en la oficina del SISBEN del municipio de Campamento.*

## b) Población Total

Para efectos de evaluar la capacidad del sistema de acueducto y garantizar que se puedan cubrir las demandas de agua de la población, es necesario considerar tanto la población fija o residente como la población flotante, máxime cuando esta última corresponde a un valor tan significativo, por tal motivo se incluye en los cálculos de proyección de población y estimación de demanda de agua, ambas poblaciones.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Con base en lo anterior, se establece la población total al año 2018 para el entorno rural del multiveredal es de 990 habitantes, considerando la población residente de 900 habitantes y 90 habitantes como población flotante.

#### 4.1.1.2 Proyección de la población

Según la Resolución 0330 del año 2017 en el Capítulo 1 de aspectos generales, en el artículo 40 se establece el periodo de diseño para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño 25 años. En la Tabla 8 se resumen los parámetros para la proyección de la población.

**Tabla 8. Parámetros de diseño para la proyección de la población del sistema de acueducto multiveredal El Barcino.**

Aspectos	Consideraciones
Población total actual	990 habitantes
Periodo de diseño	25 años
Tasa de crecimiento	1.4 %

*Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA*

Para realizar las proyecciones de población se implementaron tres métodos de proyección, el método Wappaus, el método geométrico y el método exponencial.

##### a) Métodos de cálculo

Con el fin de obtener un dato confiable de la población proyectada se hace uso de los siguientes métodos de proyección consignados en el Título B.2.2.4 del RAS 2000. Los datos de población deben estar ajustados con la población flotante y la población permanente.

- **Método aritmético**

Este método supone que la población aumenta linealmente con una tasa constante de crecimiento o decrecimiento uniformes, a la misma velocidad y con incrementos por la migración y la mortalidad. Se aplica solo a pequeñas comunidades, en especial rurales y en escaso desarrollo económico (ver Ecuación 1)

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc}) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:



$P_f$  = Población correspondiente al año del periodo de diseño (hab)

$P_{uc}$  = Población correspondiente a la proyección del DANE (hab)

$P_{ci}$  = Población correspondiente al censo inicial (hab)

$T_{uc}$  = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE

$T_{ci}$  = Año correspondiente al censo inicial con información

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

$T_f$ = Año al cual se quiere proyectas la información.

- **Método geométrico**

Este método es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión, las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. El método se calcula como se muestra en la Ecuación 2.

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$r$ =Tasa de crecimiento anual en forma decimal

$P_f$ = Población correspondiente al año del periodo de diseño (hab)

$P_{uc}$ = Población correspondiente a la proyección del DANE (hab)

$P_{ci}$ =Población correspondiente al censo inicial (hab)

$T_{uc}$ = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE

$T_{ci}$ =Año correspondiente al censo inicial con información

$T_f$ =Año al cual se quiere proyectas la información.

La tasa de crecimiento anual se calcula mediante la Ecuación 3 de la siguiente manera:

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(t_{uc} - t_{ci})}} - 1 \quad \text{Ecuación 3}$$



- **Método exponencial**

Este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se aplica generalmente en poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión. Se emplea la Ecuación 4.

$$P_f = P_{ci} \times e^{kx(T_f - T_{ci})} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde  $k$  es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula mediante la Ecuación 5.

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad \text{Ecuación 5}$$

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Donde:

- $P_{uc}$  = Población del censo posterior
- $P_{ca}$  = Población del censo anterior (hab)
- $T_{cp}$  = Año correspondiente al censo posterior
- $T_{ca}$  = Año correspondiente al censo anterior
- $L_n$  = Logaritmo natural o neperiano.

- **Método Wappaus:**

Este método es basado en la tasa de crecimiento anual y el periodo de diseño, se utiliza para todos los niveles de complejidad. Se puede implementar cuando el producto de la tasa de crecimiento y la diferencia entre el año a proyectar y el año del censo inicial sea menor a 200. Puede ser implementado para poblaciones desde 5000 habitantes hasta 100000 habitantes. Se calcula mediante la Ecuación 6.

$$P_f = P_{ci} \frac{200 + i * (T_f - T_{ci})}{200 - i * (T_f - T_{ci})} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- $P_f$  = Población correspondiente al año del periodo de diseño (hab)
- $P_{ci}$  = Población correspondiente al censo inicial (hab)
- $T_{ci}$  = Año correspondiente al censo inicial con información
- $T_f$  = Año al cual se quiere proyectar la información.
- $i$  = índice de crecimiento anual (%)

El índice  $i$  se calcula mediante la Ecuación 7.



$$i = \frac{200 * (P_{uc} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci}) * (P_{ci} + P_{uc})} \quad \text{Ecuación 7}$$

Los métodos de proyección implementados fueron el método geométrico, exponencial y wappaus, siendo aplicados a la población de referencia de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, con la finalidad de establecer la población para el periodo de diseño de 25 años y de esta manera determinar el dimensionamiento de las nuevas unidades del sistema a proyectar.

**b) Determinación de la tasa de crecimiento**

Para llevar a cabo la respectiva proyección de población, se hizo uso de los datos consignados en el anuario estadístico para la población rural del departamento de



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Antioquia, subregión del norte antioqueño, municipio de Campamento, registrados por el DANE desde los años 1964 hasta el 2005.



Los datos anteriormente mencionados se consignan en la Tabla 9.

**Tabla 9. Estimación de la tasa de crecimiento de las veredas Guaduas, Plan de Rosa y El Barcino, mediante el anuario estadístico del DANE.**

CENSOS		TASAS DE CRECIMIENTO		
AÑO	POBLACIÓN	PROYECCIÓN GEOMETRICA	PROYECCIÓN EXPONENCIAL	PROYECCIÓN WAPPAUS
		r (%)	k	i (%)
<b>POBLACIÓN RURAL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA</b>				
1964	1143943	0.296	0.003	0.296
1973	1174785	1.184	0.012	1.175
1985	1353037	1.130	0.0112	1.123
1993	1480308	-0.715	-0.007	-0.717
2005	1358241	0.019	0.000	0.019
<b>POBLACIÓN RURAL SUBREGION NORTE ANTIOQUEÑO</b>				
1964	132430	0.295	0.003	0.295
1973	135989	0.363	0.004	0.363
1985	142040	0.861	0.0086	0.857
1993	152123	-0.984	-0.010	-0.988
2005	135094	-0.250	-0.003	-0.251
<b>POBLACIÓN RURAL CAMPAMENTO</b>				
1964	9038	1.06	0.011	1.057
1973	9941	-1.23	-0.012	-1.239
1985	8565	1.74	0.0173	1.723
1993	9833	-2.52	-0.026	-2.534
2005	7238	-0.838	-0.008	-0.840
Tasas de Crecimiento Asumidas		1.40	0.01	1.39

**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir de los datos de población registrados en el anuario estadístico del DANE.**

Para hallar la tasa de crecimiento se realiza un promedio entre los datos de proyección obtenidos por cada método para la población rural del municipio de Campamento, casillas de la Tabla 9 resaltadas en color verde claro, de dicho promedio se obtiene el valor de **1.40**, tasa de crecimiento.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Esta tasa se justifica debido a los procesos de retorno observados en los últimos años en Colombia, en consecuencia, del proceso de Paz iniciado con las fuerzas guerrilleras; por lo tanto, se observa un crecimiento de la población rural en la zona.

### c) Determinación de la población proyectada

La determinación de la población proyectada se realizó mediante los tres métodos de proyección poblacional mencionados anteriormente, luego de esto se analizó cual método era el que más se ajustaba a los modelos socioeconómicos de la zona de estudio, por ende, se elige como el más razonable el método de proyección geométrico. Las proyecciones se realizan al año 2043, con una tasa de 1.4 % como se evidencia en la Tabla 10.

**Tabla 10. Proyecciones de población mediante los métodos geométrico, exponencial y Wappaus para la determinación de la población de diseño para un periodo de 25 años.**

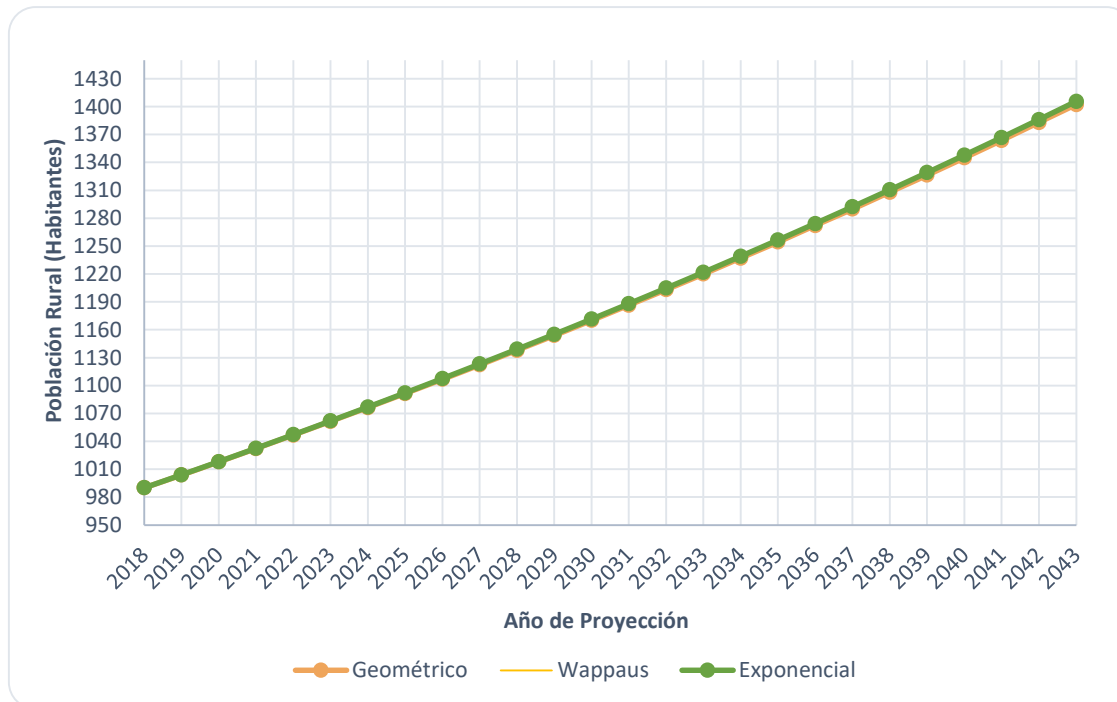
AÑO	PROYECCIÓN GEOMETRICA	PROYECCIÓN EXPONENCIAL	PROYECCIÓN WAPPAUS	PROYECCIÓN PROMEDIO
2018	990	990	990	990
2019	1004	1004	1004	1004
2020	1018	1018	1018	1018
2021	1032	1033	1032	1032
2022	1047	1047	1047	1047
2023	1061	1062	1061	1062
2024	1076	1077	1076	1076
2025	1091	1092	1091	1092
2026	1107	1108	1107	1107
2027	1122	1123	1122	1122
2028	1138	1139	1138	1138
2029	1154	1155	1154	1154
2030	1170	1171	1170	1171
2031	1186	1188	1187	1187
2032	1203	1205	1203	1204
2033	1220	1222	1220	1221
2034	1237	1239	1238	1238
2035	1254	1256	1255	1255
2036	1272	1274	1273	1273
2037	1290	1292	1291	1291
2038	1.308	1310	1310	1309
2039	1326	1329	1328	1328

AÑO	PROYECCIÓN GEOMETRICA	PROYECCIÓN EXPONENCIAL	PROYECCIÓN WAPPAUS	PROYECCIÓN PROMEDIO
2040	1345	1348	1347	1347
2041	1364	1367	1367	1366
2042	1383	1386	1386	1385
2043	1402	1406	1406	1405

**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir de los datos de población obtenidos de los censos realizados por el SISBEN en el municipio de Campamento entre los meses de enero y abril de 2018.**



En el Gráfico 1, se presenta el comportamiento de la proyección de la población por los métodos geométrico, exponencial y wappaus.

**Gráfico 1. Diferentes métodos para el cálculo de la proyección de la población.**



**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA.**

De acuerdo con los resultados anteriormente mencionados, se observa un crecimiento muy similar entre los resultados de los tres métodos analizados. Por ende, se toma como población base para, el cálculo de la demanda futura del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” y la capacidad de los componentes del mismo, la encontrada mediante el promedio de los resultados de los tres métodos de proyección, siendo esta **1405 habitantes en el año 2043.**

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

#### 4.1.1.3 Dotación

##### a) Dotación neta actual del sistema

Dado que las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no cuentan con un sistema de acueducto, no hay presencia ni de micromediación ni de macromediación, por lo tanto, no hay registro de información histórica de consumo de agua potable actualmente, es decir, no se tiene un dato de dotación neta actual.

##### b) Dotación neta futura del sistema

La dotación neta futura del sistema según la Resolución 0330 de 2017 y teniendo en cuenta las características físicas de la región como la altura sobre el nivel del mar que varía entre los 1600 m.s.n.m y los 1300 m.s.n.m, se tiene que la dotación neta a implementar corresponde a 130 L/Hab\*día, teniendo en cuenta los rangos mostrados en la Tabla 11.

**Tabla 11. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.**

Altura Promedio sobre el Nivel del Mar de la Zona Atendida.	Dotación Neta Máxima (L/Hab*Día)
>2000 m.s.n.m	120
1000-2000 m.s.n.m	130
<1000 m.s.n.m	140

*Fuente: Resolución 0330 de 2017, capítulo 1, artículo 43.*

##### c) Dotación bruta actual del sistema

Debido a que en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no se cuenta con un sistema de acueducto actualmente no se tienen componentes de macromediación y micromediación para tener registros de pérdidas en el sistema, por lo tanto, no se tiene una dotación bruta actual.

##### d) Dotación bruta futura del sistema

Teniendo en cuenta las consideraciones establecidas en la Resolución 0330 de 2017 en su artículo 14, la dotación bruta futura del sistema se calcula mediante la Ecuación 8.




$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{(1-\%p)} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

$D_{bruta}$ =Dotación bruta

$d_{neta}$ =Dotación neta

$\%p$ =porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Al aplicar la ecuación anterior con un porcentaje de pérdidas del 25% como se estipula en la Resolución 0330, se obtiene que la dotación bruta futura para el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” es de **173.33 L/Hab\*día**.

#### 4.1.1.4 Coeficientes de consumo

##### a) K1

El coeficiente de consumo máximo diario  $K_1$ , se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando datos registrados en un período mínimo de un año (RAS, 200).

Como el sistema de acueducto que se va a implementar en la zona de estudio es nuevo, y según la Resolución 0330 de 2017, artículo 47 en su párrafo 2°, la población de diseño es menor de 12500 habitantes, el coeficiente de consumo máximo diario  $K_1$  es de 1.3.

##### b) K2

Al no poseer un registro de los datos históricos de macromedición, y como se menciona en la Resolución 0330 de 2017, artículo 47 en su párrafo 2°, el coeficiente  $K_2$  no debe ser superior a 1,6 para poblaciones menores a los 12500 habitantes aplicable para este caso, ya que la población de diseño es de 1405 habitantes.

#### 4.1.1.5 Estimación de la demanda actual y futura

La definición de los caudales medio diario (Qmed), caudal máximo diario (QMD) y caudal máximo horario (QMH) se dan en base a lo establecido en el RAS 2000, como se evidencia a continuación.

##### a) Caudal medio diario (Qmed)




El caudal medio diario (Qmed) corresponde al caudal calculado para la población, mediante el uso de la dotación bruta, como se evidencia en la Ecuación 9.

$$Q_{med} = \frac{No.suscriptores \times d_{bruta}}{86400} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$Q_{med}$ = Caudal medio en L/s

$Dotación$ = en L/hab.día

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

### b) Caudal máximo diario (QMD)

El Caudal Máximo Diario corresponde al consumo máximo durante 24 horas en un período de un año. Para estimar el caudal máximo diario se estimó el coeficiente  $K_1$  en un valor de 1.30. El QMD se halla mediante la Ecuación 10.

$$QMD = Q_{med} \times K_1 \text{ Ecuación 10.}$$

### c) Caudal máximo horario (QMH)

El Caudal Máximo Horario corresponde al consumo máximo durante una hora en un período de un año. Para estimar el caudal máximo diario se estimó el coeficiente  $K_2$ , en un valor de 1.60 (ver Ecuación 11).

$$QMH = QMD \times K_2 \text{ Ecuación 11}$$

En la Tabla 12 se relacionan los valores de caudales medio, máximos diarios y horarios para el horizonte del proyecto de 25 años, con un porcentaje de pérdidas en el sistema del 25% y una tasa de crecimiento del 1.4%.



### d) Almacenamiento requerido actual y futuro

Los tanques de almacenamiento son estructuras que como su nombre lo dicen almacenan el agua, esto con el fin de compensar los picos de consumo durante el día. Estas estructuras también tienen la capacidad de compensar las variaciones entre el caudal de entrada a los sistemas de potabilización y el caudal de consumo en el área de estudio.

A partir de lo anterior y de acuerdo con el artículo 81 de la Resolución 0330 de 2017, el volumen de diseño del tanque de almacenamiento debe ser la mayor cantidad obtenida entre la capacidad de regulación y la capacidad de almacenamiento. La capacidad de regulación se debe estimar a partir de los patrones de consumo de cada zona abastecida, sin embargo, como actualmente en la zona de estudio no hay presencia de macromedición o micromedición, no hay registros históricos de los consumos de agua por la comunidad, por lo tanto, el volumen del tanque se debe hallar solo con la ayuda de la capacidad de almacenamiento la cual es igual a 1/3 del caudal máximo diario (QMD) distribuido en la zona que va a ser abastecida.

Bajo las anteriores consideraciones, las demandas de caudal y almacenamiento futuros se presentan a continuación en la Tabla 12.






 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Tabla 12. Datos de Caudales medios, máximos diarios, horarios y volumen de almacenamiento para el sistema de acueducto multiveredal El Barcino, para el horizonte de diseño de 25 años.**

Año	Población (Hab)	Dotación Neta de Agua de Consumo (L/hab-d)	Dotación Bruta de Agua de Consumo (L/hab-d)	Caudal Medio (Qmed) (L/s)	Caudal Máximo Diario (QMD)	Caudal Máximo Horario (QMH)	Vol. Almac. (1/3 del QMD) (m3)
					K1 = 1,3 (L/s)	K2 = 1,6 (L/s)	
2018	990	130	173	1.99	258	4.13	74
2019	1004	130	173	2.01	2.62	4.19	75
2020	1018	130	173	2.04	2.65	4.25	76
2021	1032	130	173	2.07	2.69	4.31	78
2022	1047	130	173	2.10	2.73	4.37	79
2023	1062	130	173	2.13	2.77	4.43	80
2024	1076	130	173	2.16	2.81	4.49	81
2025	1092	130	173	2.19	2.85	4.55	82
2026	1107	130	173	2.22	2.89	4.62	83
2027	1122	130	173	2.25	2.93	4.68	84
2028	1138	130	173	2.28	2.97	4.75	85
2029	1154	130	173	2.32	3.01	4.82	87
2030	1171	130	173	2.35	3.05	4.88	88
2031	1187	130	173	2.38	3.10	4.95	89
2032	1204	130	173	2.41	3.14	5.02	90
2033	1221	130	173	2.45	3.18	5.09	92
2034	1238	130	173	2.48	3.23	5.17	93
2035	1255	130	173	2.52	3.27	5.24	94
2036	1273	130	173	2.55	3.32	5.31	96
2037	1291	130	173	2.59	3.37	5.39	97
2038	1309	130	173	2.63	3.41	5.46	98
2039	1328	130	173	2.66	3.46	5.54	100
2040	1347	130	173	2.70	3.51	5.62	101
2041	1366	130	173	2.74	3.56	5.70	103
2042	1385	130	173	2.78	3.61	5.78	104
<b>2043</b>	<b>1405</b>	<b>130</b>	<b>173</b>	<b>2.82</b>	<b>3.66</b>	<b>5.86</b>	<b>106</b>

**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA, a partir de los datos de población obtenidos de los censos realizados por el SISBEN en el municipio de Campamento entre los meses de enero y abril de 2018 y parámetros consignados en la Resolución 0330 de 2017.**

Retomando lo indicado en la Tabla 12, se tiene que el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, al final del horizonte de diseño (año 2043), demanda un caudal máximo diario (QMD) de 3.66 L/s, mientras requiere una capacidad de almacenamiento de 106 m<sup>3</sup>; como actualmente no hay existencia de ninguno de los componentes de un sistema de acueducto en la zona, con estas especificaciones

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

deben ser diseñadas los nuevos componentes del sistema de acueducto multiveredal proyectado.

## **4.1.2 INDICADORES ACTUALES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO**

### **4.1.2.1 Cobertura del servicio de acueducto**

La cobertura de acueducto en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino es del 0%, además no hay existencia de una entidad prestadora de servicios públicos que administre los sistemas de acueducto y alcantarillado. Las veredas se abastecen mediante sistemas de acueducto artesanales los cuales llevan el agua desde las fuentes o nacimientos hasta las viviendas utilizando mangueras tipo agrícola, sin embargo, no toda la población de las veredas cuenta con este sistema, existe gran parte de la comunidad que debe recoger el agua con baldes directamente desde la fuente o mediante sistemas individuales de recolección de aguas lluvia.

### **4.1.2.2 Continuidad del servicio**



Actualmente no se puede hablar de continuidad del servicio en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, debido a que no hay presencia de un sistema de acueducto convencional que supla la necesidad de agua en la comunidad, ya que, en el momento, los habitantes de las veredas se abastecen mediante sistemas de acueducto artesanal los cuales no permiten medir la continuidad del servicio.

### **4.1.2.3 Cobertura de micromedición instalada y efectiva**

La cobertura de micromedición instalada y efectiva es nula en el área de estudio, debido a que no hay presencia de un sistema de acueducto convencional que surta la zona con agua potable.

## **4.1.3 GENERALIDADES Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO**

Actualmente, las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no cuentan con un sistema de acueducto convencional; cada una de las viviendas existentes en estas veredas se abastecen de fuentes cercanas a sus hogares ya sea de manera individual o colectiva. Los sistemas de abasto, consisten en simples mangueras agrícolas colocadas en las fuentes de agua, para conducir el líquido por gravedad



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

directamente hasta las viviendas, además de captaciones artesanales hechas con costales llenos de piedras y arena. En su mayoría los pobladores de las veredas se logran abastecer con estos mecanismos en épocas de lluvias ya que las aguas de escorrentías e infiltraciones hacen abundantes los cuerpos abastecedores, además de la implementación de sistemas individuales de recolección de aguas lluvias para recolectar agua que posteriormente destinan al riego de cultivos, sin embargo, en tiempos de sequía los pobladores tienden a padecer por la falta de agua ya que las fuentes de las cuales toman el líquido vital se secan y no logran cubrir la demanda de agua de toda la población.

El agua que captan para uso doméstico y consumo humano es agua cruda y no tiene control alguno, es decir, que no se le aplica ningún tratamiento para mejorar sus parámetros de calidad aumentando las probabilidades de la propagación de enfermedades de origen hídrico en la comunidad, como las enfermedades gastrointestinales y diarreicas agudas.

En el año 2013 la empresa de consultoría Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. (A.A.S S.A) diseño el plan maestro de acueducto (PMA) para la vereda El Barcino, el plan proyectaba un sistema de acueducto el cual se abastecería de la quebrada El Barcino, el sistema estaría compuesto por una estructura de captación (Bocatoma), un desarenador, una línea de aducción, un sistema de bombeo el cual llevaría el agua cruda desde el tanque de succión hasta la planta de tratamiento de agua potable, una línea de impulsión, una planta de potabilización, un tanque de almacenamiento, redes de distribución, macromedición y micromedición. Es importante mencionar que dicho proyecto, no se ejecutó debido a los altos costos de construcción y mantenimiento en consecuencia de la implementación de un sistema de bombeo tan robusto para transportar el agua cruda desde la fuente hasta la planta, lo que generaba que el sistema no fuera rentable económicamente para la comunidad que no cuenta con los recursos económicos para su sostenimiento. Debido a esto la información consignada en el PMA del año 2013 solo se tuvo en cuenta como una fuente de información secundaria.

Por ende, a continuación, se presenta una descripción detallada de los diferentes elementos que componen los sistemas de abastecimiento que se implementan actualmente en las veredas Guaduas, El Barcino y Plan de la Rosa, con base en este diagnóstico, se determinan las acciones que se deben realizar para dar solución a las problemáticas presentes y para alcanzar una cobertura del cien por ciento (100%) en la prestación del servicio de acueducto, dentro del perímetro sanitario de las tres veredas.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos  GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	



#### **4.1.4 Fuente de abastecimiento**

##### **4.1.4.1 Fuente de abastecimiento actual**

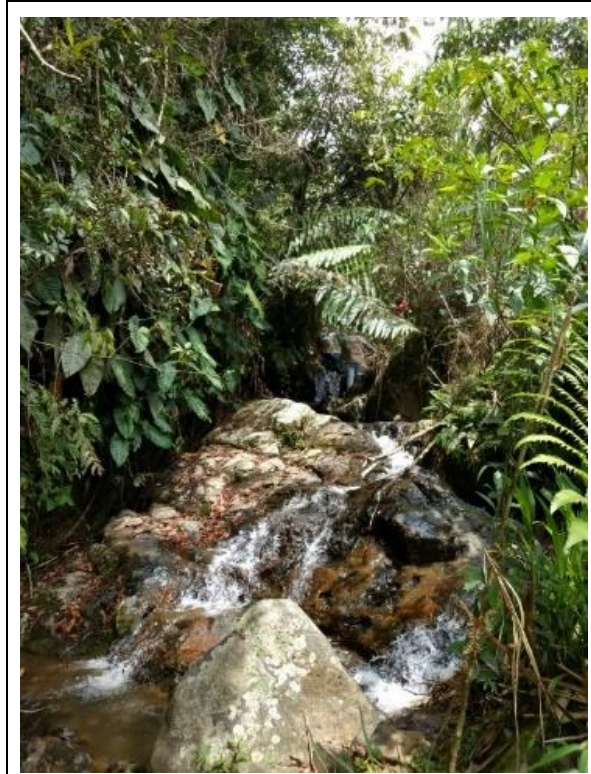
En la actualidad la gran mayoría de las viviendas de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, se abastecen de nacimientos o quebradas cercanas mediante sistemas de abastecimientos artesanales y para el riego de cultivos se implementa usualmente la recolección de aguas lluvias. Estos sistemas de abastecimiento no cuentan con ningún tipo de tratamiento preliminar antes de llevar el agua a cada una de las viviendas. Las fuentes de abastecimiento actuales son en su gran mayoría producto de escorrentías, debido a esto en época de sequía tiende a secarse, lo que ocasiona que la comunidad no pueda suplir su demanda de agua en estas épocas del año.

##### **4.1.4.2 Fuente de abastecimiento del sistema proyectado.**

El Afluente de la quebrada El Oso (ver Fotografía 2), es la fuente de abasto proyecta para el Sistema de Acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino. La fuente de abasto se encuentra ubicada en la vereda La Colmena, aproximadamente a 22 metros de la vía Campamento-Anorí. Esta presenta un caudal de 29.4 L/s, de acuerdo con el aforo puntual realizado mediante correntómetro, el cual es un método preciso, donde se establece la velocidad de una corriente a diferentes alturas y diferentes distancias dependiendo de su profundidad y ancho respectivamente. El caudal obtenido en el aforo permite comprobar que la fuente de abastecimiento posee un caudal más que suficiente para suplir el caudal necesario del sistema de acueducto proyectado, permitiendo además asegurar un caudal ecológico de tal modo que no se genere un gran impacto al ecosistema perteneciente a la zona. Cabe mencionar que la comunidad ha manifestado que inclusive en épocas de sequía, la fuente no se seca, concluyendo así que aun en tiempos donde se presenten altas temperaturas y bajas precipitaciones la fuente logrará abastecer a la comunidad.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Fotografía 2. Afluente de la quebrada El Oso, fuente de captación proyectada para el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino.**



**Cauce de la quebrada Afluente de la quebrada El Oso, fuente con morfología tipo escalón.**

**Fuente:** recolección de información primaria, equipo de formulación PAP-PDA.




El cauce de la corriente de la fuente de abasto presenta una morfología de tipo escalón, el lecho se conforma por rocas de gran tamaño y gravas. Los taludes que conforman el cauce de la quebrada presentan en su mayoría abundante vegetación, sobre la margen derecha en dirección agua abajo hay presencia de vegetación variada y sobre la margen izquierda en su mayoría se encuentra cubierta por cultivos de caña.

#### **4.1.5 Caracterización de agua**

##### **4.1.5.1 Fuentes de abastecimiento actual**

En la actualidad no se tienen estudios físico-químicos y microbiológicos de los nacimientos de agua de los que se abastece la comunidad de las veredas Guaduas,



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Plan de la Rosa y El Barcino, sin embargo, en el momento que se defina la nueva fuente de abastecimiento se procederá con la realización de un nuevo estudio de caracterización de sus aguas, para determinar si esta es apta para consumo humano o no.

#### 4.1.6 Bocatoma

Según el PMA del año 2013 las veredas no cuentan con un sistema de captación convencional como se evidencia en la Fotografía 3; las veredas de Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino captan el agua de los nacimientos cercanos a sus viviendas de manera artesanal, mediante diques construidos con costales llenos de tierra y piedras.

**Fotografía 3. Captaciones artesanales, para captar el agua en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino.**





**Captaciones artesanales encontradas en el área de estudio para represar el agua de los nacimientos abastecedores.**

**Fuente: A.A.S S.A (2013). Plan Maestro de Acueducto, municipio de Campamento**

#### 4.1.7 Red de aducción – desarenador

Las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no cuentan con un sistema de acueducto convencional por ende no hay presencia de estructuras de captación y desarenado, en consecuencia, no hay presencia de redes que cumplan solo la función de aducción, sino que las redes existentes en el área de estudio cumplen la función de aducción y distribución, al mismo tiempo.



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

#### 4.1.8 Desarenador

Actualmente no existe ningún tipo de estructura desarenadora en la zona de estudio, el agua captada de los nacimientos va directamente a las viviendas sin ningún tratamiento preliminar, lo que aumenta las probabilidades de enfermedades en los pobladores de las veredas.

#### 4.1.9 Red de aducción – Planta de tratamiento de agua potable

Las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino al no contar con un sistema de acueducto convencional, no tienen presencia de una planta de potabilización, en consecuencia, no hay redes de aducción solo hay presencia de redes artesanales realizadas con mangueras de agricultura de ½” y 1” de diámetro (ver Fotografía 4), que cumplen la función de aducción y distribución.

**Fotografía 4. Tanque de almacenamiento colectivos existentes en la vereda El Barcino.**





**Redes de aducción-conducción no convencionales presentes en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, realizadas con mangueras de agricultura de ½” y 1” de diámetro. . Fotografía tomada el día 27 de febrero de 2018.**

Fuente: A.A.S S.A (2013). Plan Maestro de Acueducto, municipio de Campamento.

#### 4.1.10 Planta de tratamiento de agua potable

Como se menciona en el PMA del año 2013, en la zona de estudio no existe una planta de tratamiento de agua potable, cada una de las viviendas de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, consumen agua cruda sin ningún tipo de tratamiento. Esta situación puede ocasionar que las enfermedades por ingerir agua contaminada como las enfermedades diarreicas agudas o gastrointestinales se presenten con mayor frecuencia en la comunidad.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

#### 4.1.11 Tanque de almacenamiento

Según el PMA del año 2013 en la vereda El Barcino existen dos (2) tanques de almacenamiento colectivos construidos en concreto (Fotografía 5), para aproximadamente 10 viviendas cada uno, además existen canecas plásticas de aproximadamente 20 litros y tanques plásticos de aproximadamente 250 litros para la recolección de agua de las demás viviendas.

**Fotografía 5. Tanque de almacenamiento colectivos existentes en la vereda El Barcino.**



**Tanques de almacenamiento presentes en la vereda El Barcino, para almacenar el agua recolectada de los nacimientos mediante mangueras para el abastecimiento de aproximadamente 10 viviendas.**



Fuente: A.A.S S.A (2013). Plan Maestro de Acueducto, municipio de Campamento.

#### 4.1.12 Red de conducción

Hoy en día las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no cuentan con redes conducción, ya que no hay presencia de una Planta de Potabilización en la zona de estudio, por lo tanto, el agua que se capta de los nacimientos no es tratada antes de ser llevada hasta las viviendas.

#### 4.1.13 Redes de distribución

En las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no existen redes de distribución, en su mayoría, las viviendas cuentan con tuberías (mangueras) de ½” y 1” de diámetro que van desde las captaciones artesanales o nacimientos directamente a las viviendas transportando agua cruda, como se evidencia en la Fotografía 6 (A.A.S S.A (2013)).

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Fotografía 6. Redes de distribución artesanales en conexión con una de las viviendas.**



Fuente: recolección de información primaria, equipo de formulación PAP-PDA.

#### 4.1.13.1 Accesorios redes de distribución

En la red de distribución artesanal de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no hay presencia de accesorios, debido a que la red consta solo de mangueras agrícolas de ½” y 1” de diámetro que se conectan mediante empates reforzados con alambre, tela o plástico (ver Fotografía 7), pertenecientes al sistema de acueducto artesanal que surte la población (A.A.S S.A (2013).

##### a) Válvulas

No hay presencia de válvulas de ningún tipo, ya que en la actualidad las veredas de interés no cuentan con un sistema de acueducto convencional.



##### b) Hidrantes

No hay presencia de hidrantes debido a que actualmente no se cuenta con un sistema de acueducto que abastezca las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino.

##### c) Macromedición

No hay presencia de macromedición en la zona de estudio, ya que no se cuenta con un tanque de almacenamiento, debido a que las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino tienen sistema de acueducto.



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

#### d) Micromedición

No existe macromedición, ya que como se ha mencionado no hay presencia de un sistema de acueducto que abastezca las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino con agua potable.

**Fotografía 7. Tubería existente en las veredas Plan de la Rosa.**





***Redes existentes en la vereda Plan de la Rosa, las cuales tienen empates reforzados con tela, alambre y cinta debido a esto se generan fugas en el sistema, por las cuales se ocasiona mucha pérdida de agua. Fotografía tomada el 30 de mayo de 2018.***

**Fuente:** recolección de información primaria, equipo de formulación PAP-PDA.

Durante el tiempo de la formulación y las visitas de campo realizadas no se apreciaron áreas con inestabilidad geológica que pudieran afectar de manera significativa la infraestructura proyectada de las redes de distribución y aducción. De acuerdo con la norma vigente Gestión del Riesgo de Desastres es el municipio y particularmente la EPS a cargo del sistema quien debe formular y poner en práctica un Plan de Gestión del Riesgo para todos los servicios públicos acueducto y saneamiento básico una vez que estos entren en operación.

#### **4.1.14 EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO**

Las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no cuenta con un sistema de acueducto que supla la necesidad de agua potable en la comunidad, los habitantes se abastecen mediante captaciones artesanales que transportan el agua desde los nacimientos cercanos hasta las viviendas sin ningún tipo de tratamiento. Por ende, no hay presencia de ninguno de los componentes convencionales en un sistema de acueducto, bocatoma, desarenador, red de aducción, planta de potabilización,

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

tanque de almacenamiento, red de conducción, red de aducción, en consecuencia, no se puede realizar una evaluación hidráulica.

## 4.2 GENERALIDADES Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino no cuentan con un sistema de recolección y transporte de aguas residuales, las viviendas poseen sistemas independientes que descargan principalmente a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento. Entre los sistemas que utiliza la población de las veredas están: vertimientos en cuerpos de agua cercanos, pozos sépticos, aunque estos no son implementados de manera adecuada, descargas a cielo abierto y vertimientos a potreros colindantes, cabe mencionar que no existen redes, ni conexión entre las viviendas.

### 4.2.1 Sistema de tratamiento




Las veredas no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, algunas viviendas presentan soluciones individuales como pozos sépticos, sin embargo, en su mayoría no son implementados correctamente (ver Fotografía 8), las demás viviendas no cuentan con ningún tipo de tratamiento, a excepción de los anteriormente expuestos.

**Fotografía 8. Pozos sépticos mal implementados presentes en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino.**



**Pozos sépticos presentes en las veredas, lo cuales no reciben un uso adecuado, o simplemente no se implementan. Fotografía tomada el 06 de junio de 2018.**

Fuente: recolección de información primaria, equipo de formulación PAP-PDA.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

#### 4.2.2 Redes de alcantarillado



Como las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino, no cuentan con un sistema de alcantarillado para tratar las aguas residuales, no hay presencia de redes para transportar las aguas negras hacia un lugar donde sean tratadas.

### 5 CONCLUSIONES TÉCNICAS DEL DIAGNÓSTICO

De acuerdo a las condiciones actuales del sistema se presentan a continuación las conclusiones para cada uno de los componentes, es de vital importancia mencionar que la formulación y construcción de un sistema de acueducto que abastezca la comunidad con agua potable es de alta prioridad ya que las veredas principalmente la vereda El Barcino no cuenta con la cantidad suficiente de agua para abastecer a la población en épocas de sequía puesto que las aguas de esorrentía se secan y los nacimientos o pequeñas fuentes se ubican por debajo de la altura a la cual están ubicadas las viviendas, dificultando así el transporte y captación de agua mediante los sistemas artesanales.

- Las veredas no cuentan con un sistema de acueducto convencional, sino que se abastecen mediante sistemas artesanales de recolección y distribución del agua, debido a esto no hay presencia de una Junta de Administración del Acueducto.
- Las proyecciones de población se realizaron con los datos obtenidos mediante el SISBEN ya que son datos más confiables y que están certificados por la administración municipal.
- Los caudales de diseño Qmed, QMD y QMH se proyectaron para un total de 990 habitantes repartidos entre las tres veredas El Barcino, Plan de la Rosa y Guaduas.
- El sistema de acueducto planteado en el PMA de 2013, no se realizará completamente como se proyectó, debido a que requería de un sistema de bombeo bastante robusto compuesto por dos (2) bombas centrifugas de 20 HP cada una, las cuales trabajarían por intervalos, mientras una (1) trabajaba la otra estaría en stock. Impulsando agua a una altura dinámica total de 257m, en un funcionamiento de diez (10) horas diarias. Este sistema es altamente costoso, tanto desde la ejecución hasta la manutención por la comunidad, lo que generaría que el sistema no pueda ser administrado y regulado por la comunidad, ya que esta no cuenta con los recursos económicos para hacerlo.
- Las fuentes de abastecimiento actual no proporcionan la cantidad de agua suficiente para las tres veredas de interés.





 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

- La fuente Afluente de la Quebrada El Oso cuenta con la cantidad de agua suficiente para abastecer a la población en todo el periodo de diseño (2043) con la capacidad de captar el caudal requerido al horizonte de diseño (QMD=3.66 L/s).
- La calidad del agua que posee la fuente Afluente de la quebrada El Oso, presenta buena calidad frente a la mayoría de parámetros evaluados, sin embargo, para los parámetros de turbiedad, *E-coli* y coliformes totales el tratamiento de potabilización a diseñar debe asegurar la remoción y disminución de estos, con el fin de que el agua potable cumpla con los parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007.
- Las estructuras de captación que existen actualmente son completamente artesanales y no logran captar el caudal requerido para abastecer las tres veredas contempladas en el alcance del proyecto.
- Las redes de distribución existentes se encuentran totalmente expuestas lo que ocasiona que sean vulnerables a daños por vehículos que transitan por la vía, debido a esto los habitantes de las veredas reparan las tuberías con trozos de tela y bolsas plásticas por lo que se presentan fugas de agua es estas reparaciones o uniones.
- Se recomienda diseñar y posteriormente construir los componentes del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, capas de abastecer a la comunidad por gravedad y bajo los requerimientos y condiciones establecidas en la Resolución 0330 de 2017 y demás normativas aplicables al tema.
- Los tanques de almacenamiento existentes no presentan la suficiente capacidad para abastecer las tres veredas objetivo ya que su volumen máximo es de 250 litros, volumen que solo logra abastecer un promedio de 10 viviendas, además su infraestructura evidencia un gran deterioro y en su gran mayoría los tanques son en material plástico.



## 6 DIAGNÓSTICO SOCIAL

El equipo técnico interdisciplinario de la Universidad de Antioquia, considera la formulación de un proyecto por gravedad, lo cual evitaría sobre costos a la operación del servicio y cobro del servicio a la comunidad.

Las implicaciones sociales de esta alternativa determinan que la actual Junta de Acción Comunal de la vereda El Barcino debe iniciar un proceso de socialización y conformación de una nueva Junta Administradora del Acueducto con el objetivo de administrar los servicios de acueducto que se proyectan, la cual deberá entrar en etapa de formalización de su estructura administrativa y operativa a través de la

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

implementación de la "Estrategia de Fortalecimiento Institucional" a los integrantes de la Junta de Acueducto Veredal, así como implementar la estrategia de socialización llamada “Cultura del Agua" dirigida a la comunidad del entorno rural del acueducto multiveredal “El Barcino”, de modo que se asegure el sostenimiento y operatividad del nuevo sistema de agua potable y las implicaciones que ello deriva al iniciar la facturación del sistema a una comunidad que no está acostumbrada a este método de la “cultura de pago del servicio de agua potable”.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

## FASE II. ALTERNATIVAS

### 7 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS SISTEMA DE ACUEDUCTO

La formulación de alternativas para el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, tiene como objeto plantear diferentes soluciones a la problemática encontrada en el componente de abastecimiento, transporte y tratamiento de agua.



Con base en los análisis de la infraestructura existente en el sistema de acueducto no convencional de las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, municipio de Campamento-Antioquia, se tomará como punto de partida para el planteamiento de las soluciones a los inconvenientes y dificultades encontradas en el actual sistema.

Una vez agotada la fase de diagnóstico y considerando las conclusiones y medidas a proyectar indicadas en los numerales 4 y 5, realizadas frente a cada uno de los componentes del sistema, a continuación, se presentan las alternativas propuestas para dar una correcta y eficiente solución a la problemática que se presenta en la zona de estudio. Cabe mencionar que, para este proyecto, se realizará la evaluación de alternativas para el sistema completo, es decir, se describirán los componentes de cada sistema y posteriormente se calificarán cuantitativa y cualitativamente cada uno de ellos, con el fin de elegir el sistema que presente mejores características para la comunidad y se asegure la correcta y eficaz prestación de los servicios de acueducto.

Las medidas a plantear se regirán por las indicaciones establecidas en la Resolución 0330 de 2017, teniendo en cuenta el horizonte del diseño, las proyecciones de caudal y población y las características propias de la zona de estudio.

Como se logró definir en el numeral 4 el caudal de diseño (QMD) es de 3.66 L/s para el diseño de las estructuras del sistema como lo son la bocatoma, el desarenador, la planta de potabilización y el tanque de almacenamiento, además de la dotación máxima de 130 L/s de acuerdo a la altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida y un porcentaje de pérdidas del 25%, como se estipula en la Resolución 0330 de 2017.

Las alternativas que se expondrán a continuación se diferencian términos de ubicación geoespacial, parámetros de cobertura, costos de construcción y aspectos técnicos de diseño de las estructuras que componen cada uno de los sistemas. Por ende, la alternativa seleccionada debe garantizar ser soluciones integrales que

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

garanticen de forma eficiente y continua el abastecimiento de la población, puesto que las estructuras pasan a ser de la comunidad y para la comunidad.



### 7.1 Sistema de acueducto veredal El Barcino

Según el PMA del año 2013 se propone como solución a los problemas expuestos en la fase de diagnóstico para la zona de estudio, como la escasez de agua, la inexistencia de un sistema de acueducto que trate y transporte el agua desde la fuente hasta las viviendas, asegurando cantidad, continuidad y calidad, se exponen acciones como la construcción de una estructura de captación, desarenador, tanque de almacenamiento, planta de potabilización, redes de aducción, conducción y distribución de agua tratada.

Se proyecta un sistema convencional el cual se abastecerá de la Quebrada El Barcino, fuente que cuenta con buena oferta hídrica en épocas de sequía, según información suministrada por la comunidad. Esta fuente presenta altos niveles de turbiedad y color por el arrastre de material en épocas de lluvias. La zona de captación presenta una buena cobertura vegetal para su protección, además la fuente se encuentra expuesta a contaminación proveniente de aproximadamente 5 casas ubicadas cerca a esta. El punto de captación proyectado se encuentra a 1071.98 m.s.n.m, cota que es menor a la altura promedio que presenta la vereda El Barcino, la cual oscila entre los 1250 m.s.n.m y 1050 m.s.n.m.

Como se mencionó en el diagnóstico la vereda El Barcino no cuenta actualmente con un sistema de captación, por ende, se hace necesario el diseño y construcción de una nueva estructura de captación. Se proyecta la construcción de una nueva bocatoma de fondo por las condiciones de caudal moderado y por las secciones transversales de la quebrada. La estructura estará compuesta de una rejilla de captación, una caja de derivación con un vertedero triangular de 90°, tubería de rebose, tubería de lavado y tubería de salida hacia el desarenador.

Posterior a esta se proyecta la construcción de la línea de aducción hasta el desarenador en material PEAD. Para el sistema de desarenado, se proyecta la construcción de un desarenador de flujo horizontal en concreto reforzado, ubicado en la cota 1070 m.s.n.m, se proyecta que la estructura tenga una eficiencia de remoción del 87.5% para partículas mayores de 0.0075mm. Se compone de una pantalla distribuidora del flujo en la zona de entrada en concreto, además la estructura tiene: rebose y desagüe en tubería de PVC-P, y un vertedero en la zona de salida con una tubería de salida en PVC-P.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

A raíz de lo mencionado anteriormente se logra evidenciar que la estructura de desarenado se ubica incluso en una cota menor a la bocatoma, debido a esto se hace necesario en el sistema el diseño de un sistema de bombeo que permita transportar el agua desde el desarenador hasta la planta de tratamiento y posteriormente sea distribuida.




Luego del sistema de desarenado, se requiere un tanque de succión en concreto reforzado, ubicado en la cota 1066.55 m.s.n.m, el tanque contará con una válvula flotadora que regula el estado del tanque cuando este se encuentra lleno, sellando el paso del agua del desarenador al tanque. Además, se proyectan en el tanque respiraderos y zonas de acceso, adicionalmente contará con un rebose y desagüe que se unen en una misma tubería y se controla mediante una válvula.

Teniendo en cuenta la topografía del terreno, la localización de la fuente de abastecimiento y la planta de tratamiento, tanque de succión y tanque de almacenamiento; se proyectará un sistema de bombeo de agua cruda. Cuyo objetivo es impulsar el agua cruda a la planta de tratamiento de agua potable. El sistema de bombeo será proyectado realizando un montaje de dos bombas centrifugas de 20 HP cada una, las cuales trabajarán una, mientras la otra estará en stock, con el objetivo de alcanzar el horizonte del proyecto. Este sistema tiene la capacidad de impulsar una altura dinámica total de 257m, en funcionamiento durante diez (10) horas diarias. A partir de este sistema partirá una red de impulsión en material PEAD, esta línea cuenta con una longitud de 2.09 m e irá enterrada a mínimo 0.6m y máximo 1.0m desde la base del terreno a la clave de la tubería. Se proyecta la instalación de dos válvulas a lo largo de la línea de impulsión, una de cierre lento y una tipo cheque. Además de la válvula de corte a la salida de la estación de bombeo y la válvula a la entrada de la PTAP.

Con base en las características que presenta la fuente de abastecimiento mencionada anteriormente y sabiendo que en la vereda El Barcino no se realiza ningún tipo de tratamiento al agua, se plantea la construcción de una planta de potabilización de tipo convencional construida en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), ubicada en la cota 1319 m.s.n.m.

Se propone que este sistema este conformado por las siguientes unidades:

- Sistema de floculación, con manto de lodos (lecho suspendido).
- Sistema de sedimentación alta tasa, conformado por módulos de sedimentación acelerada “tipo panal”.
- Sistema de entrada con dispositivo tipo Ventury, para garantizar la mezcla rápida para la dosificación de coagulante.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

- Sistema de filtración, conformado por cuatro (4) filtros de flujo descendente, lecho mixto de arena y antracita y retro lavado con flujo ascendente.
- Lechos de secado para la deshidratación de los lodos provenientes de la unidad de floculación-sedimentación y las aguas de lavado de los filtros.
- Sistema de desinfección, a la salida del tanque de aguas filtradas y/o al ingreso del tanque de almacenamiento.



Como sistema de almacenamiento se proyecta un tanque de almacenamiento en concreto reforzado, se ubicará en la cota 1316.55, contará con una válvula flotadora que regula el estado del tanque cuando éste encuentre lleno, sellando el paso del agua de la PTAP al tanque. El tanque, además, contará con respiraderos y zonas de acceso, adicionalmente tendrá rebose y desagüe que se unen en una misma tubería y se controla mediante una válvula.

Para la red de distribución se proyecta un diseño que garantice el suministro de agua potable a toda la población servida cumpliendo con cada uno de los parámetros técnicos. Las redes de distribución parten desde el tanque de almacenamiento para cubrir todo el perímetro sanitario, garantizando la cobertura en el servicio del 100%. Para garantizar la demanda de los usuarios en todo el horizonte del diseño se propone la proyección de 8328.4 m de tubería en material PEAD.

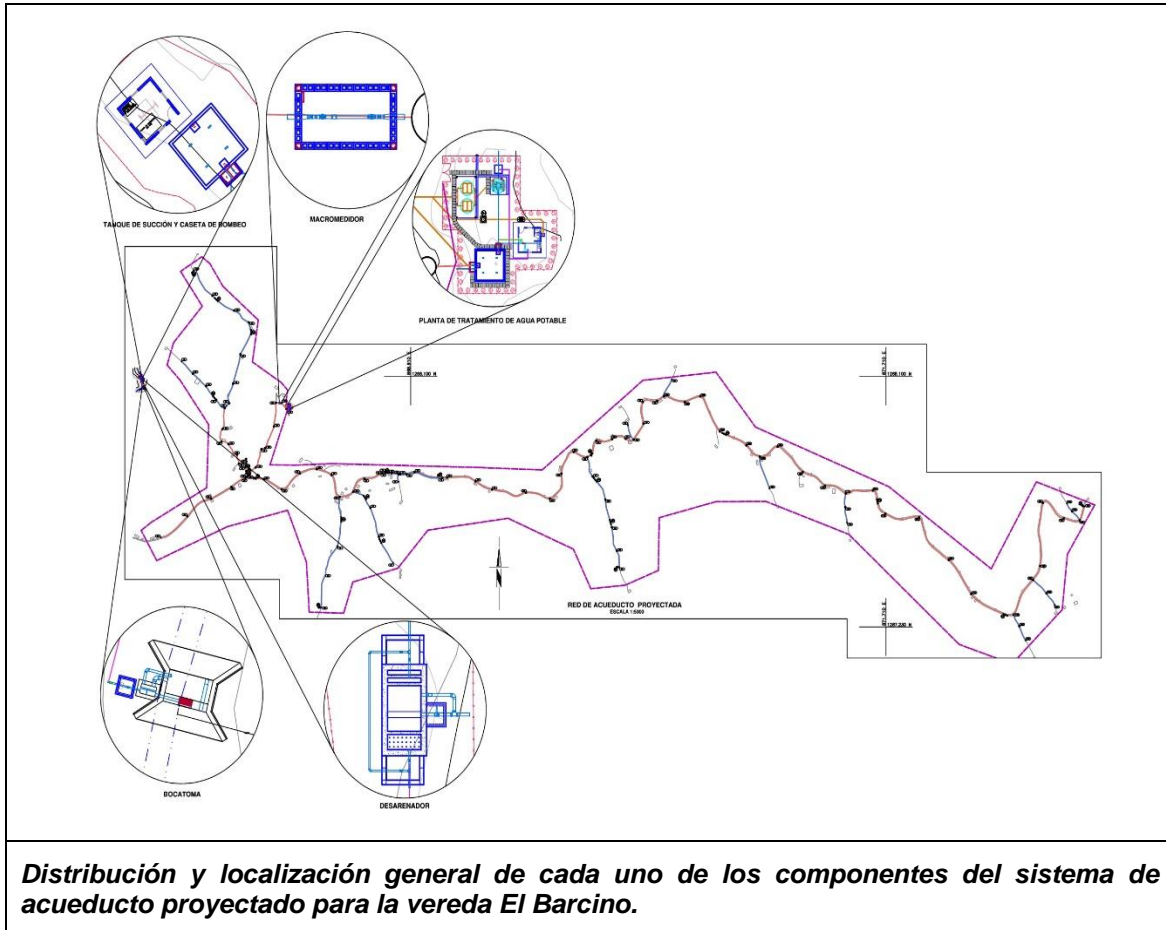
Finalmente, se proyecta la instalación de medidores domiciliarios para cada uno de los suscriptores individuales del servicio de acueducto, con el objetivo de cumplir con el uso racional del agua.

Con base en la descripción anterior, se puede concluir que el sistema de acueducto veredal El Barcino, tiene como único objetivo suplir las necesidades de agua de la vereda El Barcino, ya que el sistema está diseñado exclusivamente para esta. Los componentes del sistema proyectados y su ubicación a lo largo de la vereda El Barcino se logran evidenciar en la Figura 3.



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Figura 3. Distribución y localización general de los componentes del sistema de acueducto veredal El Barcino.**





**Fuente: A.A.S S.A (2013). Plan Maestro de Acueducto, municipio de Campamento**

## 7.2 Sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.

Con base en lo analizado en el capítulo de diagnóstico, en el cual se evalúan las condiciones de las estructuras existentes para la captación y transporte del agua en las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino, en el municipio de Campamento. Considerando las conclusiones y medidas a proyectar en el sistema, se propone como solución integral un sistema de acueducto multiveredal compuesto por un sistema de captación, un sistema de desarenado, red de aducción y distribución, una planta de potabilización, macromedición y micromedición.

A continuación, se realiza una breve descripción del sistema propuesto:

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

- **Fuente de Captación:**

Como fuente de abastecimiento para el sistema proyectado se propone la fuente Afluente de la quebrada El Oso perteneciente a la cuenca Quebrada El Oso, la cual presenta una buena oferta hídrica y calidad del agua, según información proporcionada por la comunidad. La fuente presenta caudales mayores que la demanda futura de la población, por lo cual la fuente tiene la capacidad de abastecer el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, en todo el periodo de diseño.

La fuente de abasto Afluente la Quebrada El Oso se encuentra ubicada en la cota 1628 m.s.n.m, siendo esta una cota más alta con respecto a la ubicación proyectada para la PTAP, proporcionando características hidráulicas que permiten establecer un sistema de acueducto por gravedad.

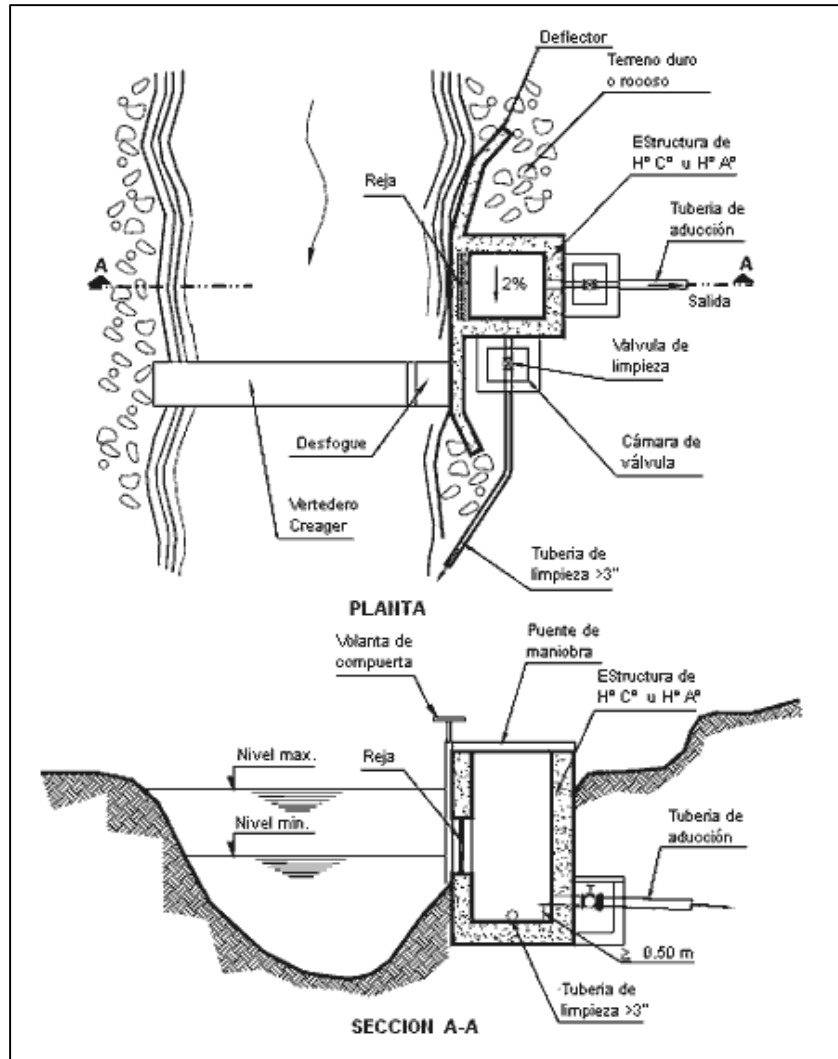
- **Estructura de Captación:**

Como se mencionó en el diagnóstico del sistema actualmente no se cuenta con un sistema de captación, se hace necesaria el diseño y construcción de una nueva estructura de captación, la cual asegure el QMD para el periodo de diseño. Para ello es necesario analizar diferentes tipos de captación y si estos son acordes con la morfología de la fuente de captación seleccionada.

— **Captación de toma lateral.**

Es la obra civil que se construye en uno de los flancos del curso de agua, de forma tal, que el agua ingresa directamente a una caja de captación para su posterior conducción a través de tuberías o canal. Una captación lateral es conveniente cuando la fuente de aprovechamiento posee un caudal relativamente grande (ver Ilustración 1). La obra de toma se ubicará en el tramo del río con mayor estabilidad geológica, debiendo prever además muros de protección para evitar el desgaste del terreno natural (Ingeniería civil, 2010).

**Ilustración 1. Vista en planta de Captación lateral y sección de la fuente de aprovechamiento y la cámara de derivación.**



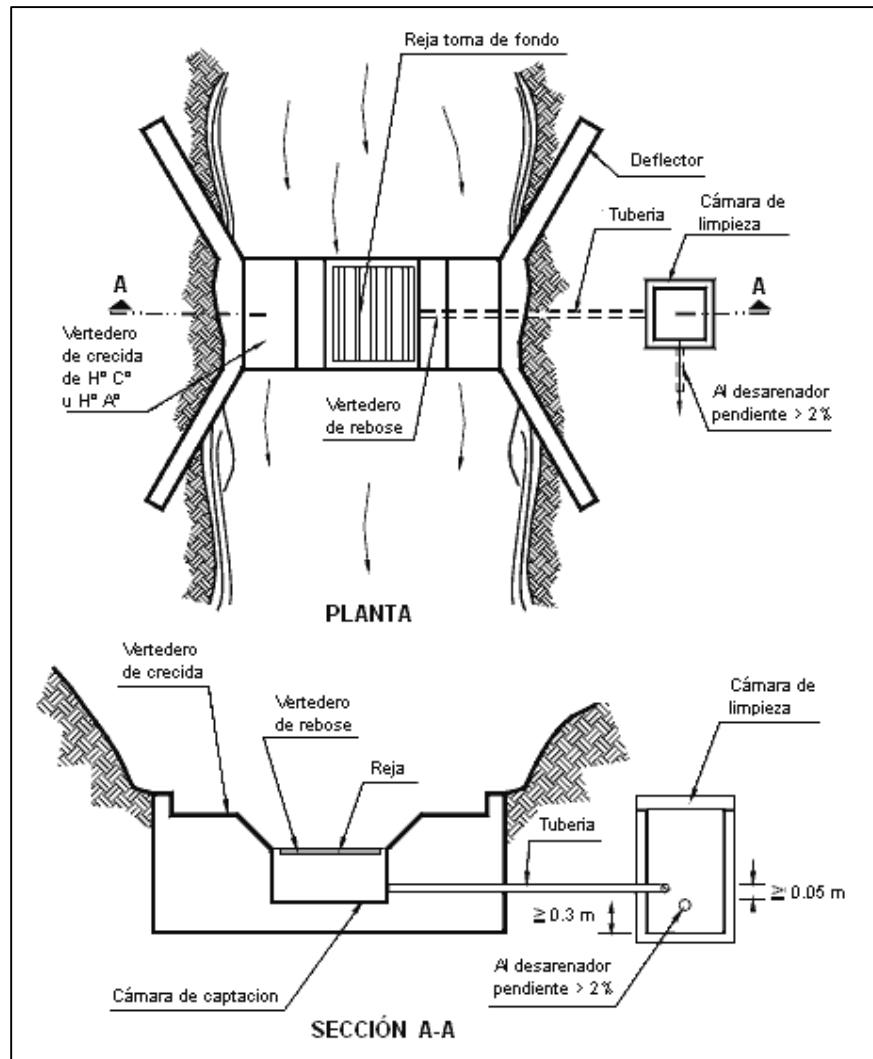
**Fuente: Ingeniería Civil. (2010). Toma Lateral. Colombia.**  
<http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/03/toma-lateral.html>

### — Captación tipo Dique-Toma.

Es la obra civil que consiste en un dique de represamiento construido transversalmente al cauce del río, donde el área de captación se ubica sobre la cresta del vertedero central y está protegida mediante rejas que permiten el paso del agua. El empleo de estas captaciones esta aplicado en aguas superficiales de desplazamiento continuo como ríos, quebradas y tributarios, se aconseja su empleo




en ríos de poco caudal y gran pendiente. Deberán ser construidos en el lecho del río de forma que no alteren su perfil longitudinal (Moreno, J. (2004).

**Ilustración 2. Vista en planta y corte de la bocatoma de dique-toma o de fondo.**



**Fuente: Ingeniería Civil. (2010). Toma Dique-toma o de fondo. Colombia.**  
<http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/03/toma-lateral.html>

De acuerdo con las características morfológicas de la fuente mencionadas en el numeral 4.1.4.2 se propone diseñar una bocatoma tipo dique-toma en concreto reforzado, compuesta de una rejilla de captación, un canal recolector y una estructura de reparto de caudales, la cual asegura que se devolverá a la fuente el caudal de excesos para asegurar el caudal ecológico exigido.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

- **Red de aducción:**

Para la aducción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, se proyecta la instalación de tubería en PEAD, debido a que la red de aducción proyecta ubicarse por el margen derecho de la vía Campamento-Anorí, la vía presenta una topografía bastante irregular, además de un gran número de curvas, no se encuentra pavimentada por lo que está cubierta por un gran número de rocas y frecuentemente se presentan deslizamientos en la vía. Con base en todo lo anterior, se establece que la mejor opción constructiva para la red es instalarla en material PEAD, a pesar de que este es más costoso que el PVC, es más resistente y flexible, por lo que puede deformarse sin sufrir daño permanente y sin generar efectos adversos sobre el servicio a largo plazo, lo que es ideal para instalarla en terrenos con irregularidades como lo es en este caso.

- **Desarenador:**



Para el sistema de desarenado, se plantea la construcción de una estructura rectangular en concreto reforzado, debido a las condiciones topográficas y geomorfológicas del lugar donde se proyecta la ubicación de la estructura, este necesita ser resistente para contrarrestar el empuje que realiza el terreno. Se propone un desarenador de flujo horizontal que debe tener tres zonas: zona de entrada, zona de sedimentación y zona de salida; según la Resolución 0330 de 2017 la estructura diseñada deberá asegurar la remoción de partículas con diámetro mínimo de 0.1 mm.

- **Planta de Potabilización:**

Luego de analizar las exigencias por parte de la normatividad vigente (Res 2115/2007), la necesidad de tratamiento del agua cruda según las características de la fuente es de remoción de partículas suspendidas, para esto se plantean dos tipos de sistema para la Planta de Potabilización.

**Alternativa 1: Sistema filtración convencional ascendente-descendente.**

En la filtración directa doble (asociación entre filtración ascendente-descendente), se le adiciona coagulante al agua cruda antes de ingresar a la unidad de filtración ascendente y el efluente es enviado a la unidad de filtración descendente. La calidad del afluente de entrada al sistema, se considera de buena calidad. Para potabilizar a este tipo de aguas aun frecuentes en nuestro territorio, se presenta un sistema de tratamiento que de forma general consiste en aplicar bajas dosis de coagulante a la

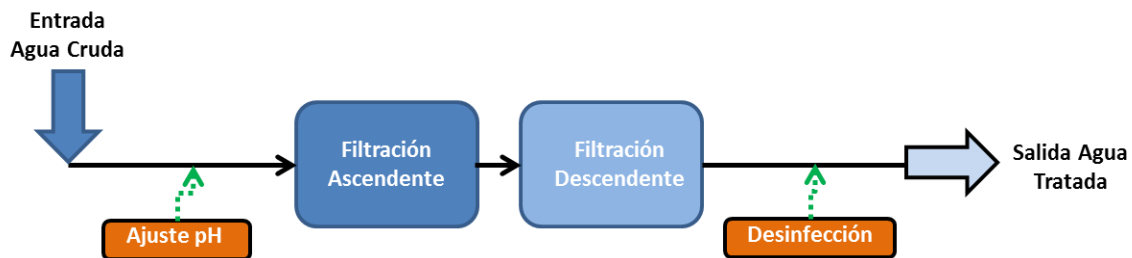
 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

entrada del sistema de tratamiento (20-25% menos de lo normal) al agua previamente desarenada, y garantizar tres zonas de tratamiento que son:

- **Filtración Ascendente:** Conformada por los poros o vacíos que dejan las piedras que sirven como lecho, y en donde las partículas coaguladas son puestas en contacto una con otra y con las demás partículas presentes, esta interacción favorece que las partículas se aglomeren, incrementen su tamaño y adquieran mayor densidad.
- **Filtración Descendente:** Se proyecta una unidad descendente de filtración, haciendo uso del carbón activado como lecho o antracita, teniendo claro que el primero es el mejor adsorbente de uso general y aprobado para remoción/reducción de muchos compuestos orgánicos y aún algunos inorgánicos del agua, ya que con su estructura porosa y desarrollada le da una gran área específica y habilidad de adsorber sustancias de origen orgánico e inorgánico.

A continuación, se presenta el esquema de un sistema convencional (ver Esquema 1)

**Esquema 1. Sistema de filtración directa.**





**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA**

Las características de este tratamiento son:

- Recomendable para aguas de muy buena calidad y baja variabilidad
- Sensible a variaciones de turbiedad y color.
- Bajos tiempos de retención en el sistema, por lo que requiere un monitoreo constante.
- Con una buena combinación de granulometría, el agua debe hacer recorridos más largos, mejorando la eficiencia del proceso.

Como se evidencia en la Tabla 13, al combinar la filtración en arena y carbón activado se obtienen altas eficiencias de remoción con bajos costos de operación,



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

implementación y mantenimiento, siempre y cuando el agua a tratar cumpla con las características físicas.

Los procesos de filtración pueden llevarse a cabo mediante sistemas a bajo costo, tales como: filtros lentos de arena, de carbón activado, hueso calcinado, entre otros (Rojas, 2015); los cuales son empleados principalmente en comunidades rurales con recursos económicos limitados.

**Tabla 13. Costos de inversión y operación para diferentes procesos.**

	TECNOLOGÍA	APLICACIÓN	MANEJO	COSTO	LIMITANTES
Filtración convencional	Filtro de arena	Sedimentos suspendido, remoción media de bacterias y materia orgánica	Sencillo	Costo bajo de inversión en infraestructura y de manejo, costo elevado de terreno	Remoción de 80 - 90% de bacterias y 60% de materia orgánica, requiere gran superficie
	Filtros de tierras diatomáceas	Remoción de turbiedad y bacterias	Sencillo	Costo bajo de inversión y de manejo	Útiles en caso de poca turbiedad y bajos conteos bacterianos, no retiene materia orgánica
	Filtros de carbón activado	Remoción de materia orgánica y bacterias	Sencillo	Costo bajo de inversión, costo medio de mantenimiento	Generación de residuos, continua renovación del filtro, no remueve bacterias ni nitrato
Desinfección	Cloro	Desinfección	Sencillo con medidas adicionales de seguridad	Costo bajo de inversión y medio de mantenimiento	Generación de subproductos
	Cloramina	Desinfección	Sencillo con medidas adicionales de seguridad	Costo medio de inversión y de mantenimiento	Poder desinfectante limitado

	TECNOLOGÍA	APLICACIÓN	MANEJO	COSTO	LIMITANTES
	Ozono	Desinfección	Manejo complejo	Costo elevado de operación	Escaso poder residual
	Luz ultravioleta	Desinfección	Operación y mantenimiento sencillo	Costo medio de inversión y de operación	No previene recrecimiento, no genera poder residual
	Tecnología	Aplicación	Manejo	Costo	Limitantes
Filtros de membrana	Microfiltración	Remoción de sólidos disueltos algunas especies bacterianas	Operación sencilla	Costo moderado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
	Ultrafiltración	Remueve virus, bacterias y materia orgánica	Manejo sencillo, posible automatización	Costo elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
	Nanofiltración	Remueve virus, bacterias y materia orgánica	Manejo sencillo, posible automatización	Costo muy elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana
	Ósmosis inversa	Remueve virus, bacterias, parásitos y materia orgánica e inorgánica		Costo muy elevado de inversión y operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana, requiere manejo de salmuera

Fuente: Tomado de Leal-Ascencio, 2005.

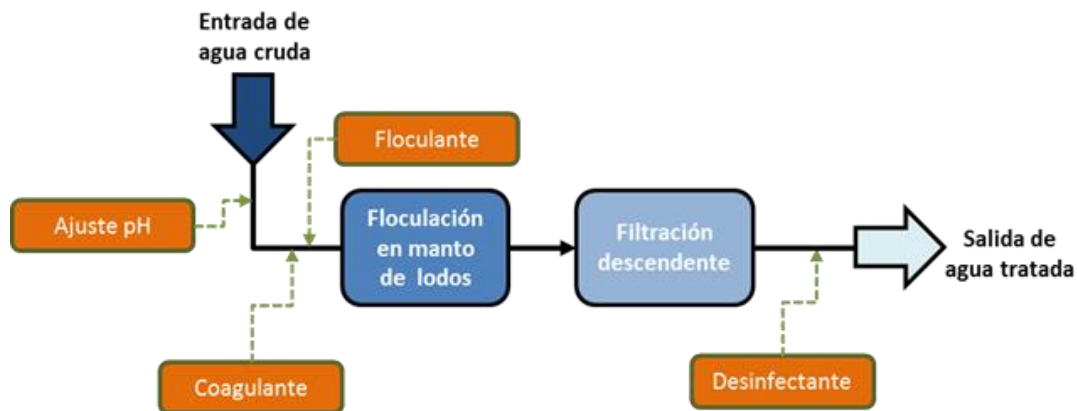
### Alternativa 2: Sistema convencional

Los procesos unitarios de los que se compone este sistema son:

- **Floculación:** Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.
- **Filtración:** De flujo ascendente, se lleva a cabo en ocho tanques verticales, compuestos por un medio filtrante mixto arena y gravas de soporte. en este proceso se remueven sólidos finos que no han quedado sedimentados y que provocan turbiedad en el agua, por tanto, se requiere efectuar limpiezas periódicas, con el fin de evitar su colmatación.
- **Cloración:** La tarea de la desinfección del agua potable es la eliminación de las bacterias patógenas y la inactivación de los virus patógenos. Para actuar sobre el microorganismo, en el caso de las bacterias y los microorganismos eucariotas, el agente oxidante debe atravesar la membrana plasmática

A continuación, se presenta el esquema de un sistema convencional (ver Esquema 2)

**Esquema 2. Esquema Sistema Convencional.**






**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA**

### Evaluación y selección de alternativa para la Planta de Potabilización

Para la implementación de un sistema de tratamiento de potabilización, los costos se clasifican básicamente en: costos de inversión y de operación. En la Tabla 14 se observan los tipos de costos y sus actividades correspondientes:

**Tabla 14. Tipos de costos y sus actividades correspondientes.**

Costos	Actividad
Inversión	Estudios Preliminares y Estudios de Suelo
	Diseño e Ingeniería
	Construcción
	Terreno

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Costos	Actividad	
	Interventoría	
	Gastos Administrativos, Legales y Financieros	
	Reposición	
Costos	Actividad	
Funcionamiento	Operación y mantenimiento	Reposiciones
		Reparaciones
		Energía
		Insumos químicos
		Monitoreo de los procesos y de la calidad del agua
		Mano de obra para operación y mantenimiento
		Disposición de lodos
	Administrativos	Mantenimiento de los equipos
		Personal administrativo
		Gastos generales
		Tasas ambientales

Fuente: Tomado de Quintero et al, 2007.

En base a lo anterior, a continuación, se presenta un cuadro comparativo en diferentes insumos entre las dos alternativas propuestas (ver Tabla 15).

**Tabla 15. Comparación entre el sistema Filtración directa y Floculación-Filtración.**

		TECNOLOGIA	
		FILTRACIÓN DIRECTA	FLOCULACION + FILTRACIÓN
INSUMOS	Área requerida	Medio	Medio
	Costo de obra civil	Medio	Medio
	Consumo Eléctrico	Bajo	Medio
	Necesidad de Operador	Medio	Medio
	Consumo de químicos	Medio	Medio
	Costos de implementación	Medio	Medio
	Costos de operación	Medio	Medio
	Costos de mantenimiento	Medio	Medio
	Periodo de arranque	Bajo	Medio

		TECNOLOGIA	
		FILTRACIÓN DIRECTA	FLOCULACION + FILTRACIÓN
	Requerimiento de pre-tratamiento	Alto	Medio
	Nivel de complejidad de operación	Medio	Medio
	Muestreo para control de proceso	Alto	Medio
	Calidad de efluente	Alto	Alto
	Mecanismos de control	Medio	Medio

**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA**

A partir de la Tabla 15, se realiza un resumen con los porcentajes obtenidos de la comparación cualitativa realizada para las dos alternativas de la Planta de Potabilización, presentados en la Tabla 16.



**Tabla 16. Tabla resumen de la comparación cualitativa en costos de ambos sistemas.**

	TECNOLOGIA	
	FILTRACIÓN DIRECTA	FLOCULACION + FILTRACIÓN
<b>Alto</b>	21%	7%
<b>Medio</b>	64%	93%
<b>Bajo</b>	14%	0%

**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA**

En base a la comparación cualitativa realizada, el sistema de filtración directa califica sus costos como 14% Altos, 64% medios y 21% bajos, mientras que el sistema Floculación + Filtración califica sus costos como 0% Altos, 93% medios y 7 % bajos. Haciendo un análisis de los datos anteriores, se podría concluir que en el tema de costos la alternativa de filtración directa es la más viable, y que es uno de los sistemas más implementados en el territorio nacional por sus bajos costos y altas eficiencias. Sin embargo, para el sistema de filtración directa, debe garantizarse una calidad de efluente constante, ya que altas variaciones en su calidad pueden afectar su desempeño.

Por otro lado, el sistema convencional Floculación + Filtración implica una robustez mayor ante estas variaciones, y debido a que la fuente Afluente de la Quebrada El Oso, presenta alta variabilidad estacional en los parámetros fisicoquímicos de interés para el diseño del tren de tratamiento. A continuación, en la Tabla 17 se

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

presentan las ventajas y desventajas de las alternativas planteadas para la Planta de Potabilización de Agua del sistema de Acueducto multiveredal “El Barcino”. Con fin de elegir la mejor alternativa se analizan cada una de ellas y como factor determinante para la selección del sistema de tratamiento la remoción de turbiedad y la alta variabilidad que se presenta en la fuente, debido a esto y lo analizado con anterioridad, **la alternativa elegida para el proyecto es el sistema convencional.**

**Tabla 17. Ventajas y desventajas de las alternativas propuestas para el sistema de potabilización del acueducto multiveredal "El Barcino".**



TECNOLOGIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>FILTRACIÓN DIRECTA</b>	Altas Eficiencias de remoción Facilidad de control operacional Poca área para su instalación en comparación con otras tecnologías Posibilidad de incorporar procesos de pretratamiento y pos-tratamiento Periodo de arranque corto Alta calidad del efluente Aplicable a pequeña y gran escala Facilidad para escalar el sistema Consumo medio de químicos	Alta sensibilidad a Variaciones en el afluente Cambio de lechos filtrantes Necesidad de realizar retrolavados
<b>FLOCULACIÓN + FILTRACIÓN</b>	Altas eficiencias de remoción Gran estabilidad de operación Posibilidad de incorporar procesos de pretratamiento y pos-tratamiento Aplicable a pequeña y gran escala Facilidad para escalar el sistema	Control operacional Necesidad de mayores áreas de instalación Dificultad para modificar condiciones de operación Necesidad de operador Largo periodo de arranque Costos de operación elevados Alto consumo de químicos

**Fuente: elaboración propia Formulación PAP-PDA**

- **Tanque de Almacenamiento.**

Para el tanque de almacenamiento del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, se propone la construcción de un nuevo tanque que cumpla con la capacidad de almacenamiento continuo requerido para el periodo de diseño establecido. El tanque de almacenamiento proyectado deberá poseer una



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

capacidad instalada de 106 m<sup>3</sup>, se propone la construcción de dos tanques en fibra de vidrio cada uno de 55 m<sup>3</sup>.

- **Red de distribución.**

Como se mencionó en el capítulo de diagnóstico las veredas no cuentan con redes de aducción para transportar el agua desde la captación hasta la planta de potabilización, por lo que es necesaria la construcción de una línea de aducción que proporcione el transporte el caudal necesario hasta la PTAP con el objetivo de abastecer a toda la comunidad.

**Alternativa 1: Policloruro de Vinilo (PVC).**



El Policloruro de Vinilo (PVC) material presenta las siguientes características:

- Libre de olor, sabor o toxicidad
- Menores pérdidas de presión
- Vida útil estimada en 50 años
- Resistencia a la corrosión interna
- Resistencia a la corrosión externa
- Químicamente inerte
- Facilidad de instalación
- Resistencia a la presión (PAVCO, Manual técnico)

**Alternativa 2: Polietileno de Alta Densidad (PEAD)**

El Polietileno de Alta Densidad (PEAD) presenta las siguientes características:

- Su instalación es más fácil y rápida porque tiene un peso más liviano.
- Más económicas: transportan un mayor volumen de agua que las tuberías convencionales. Obras más rápidas de ejecutar. Se minimiza el uso de accesorios.
- Sismo-Resistentes: por su flexibilidad tienen un excelente comportamiento en zonas altamente sísmicas.
- El material es 100% atóxico, (ideal para la conducción de agua potable).
- Gran resistencia al impacto y a los suelos abrasivos (aspecto importante para zonas pedregosas).
- Amigos del Medio Ambiente: uniones por termofusión o electrofusión totalmente monolíticas: impiden por tal motivo la contaminación del agua conducida. Además, también impiden la erosión de los suelos y el hundimiento de vías, debido a exfiltraciones.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		



En la Tabla 18 se muestra una matriz de puntuación para cada alternativa de material de tubería con el fin de determinar cuál de estas trae consigo más beneficios.

**Tabla 18. Matriz de selección de alternativas para el material de la red de distribución proyectada.**

		Puntaje máximo	Nivel de incidencia	Puntaje x Clasificación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
					Tubería en Policloruro de Vinilo (PVC)	Tubería en Polietileno de Alta Densidad (PEAD)
					Clasificación	Clasificación
Costos económicos (35)	Costos por inversión inicial	15	Alto	5	10	15
			Medio	10		
			Bajo	15		
	Costos por operación y mantenimiento	20	Alto	5	10	20
			Medio	10		
			Bajo	20		
Aspectos técnicos (40)	Facilidad constructiva	40	Alta	40	20	40
			Media	20		
			Baja	10		
Socio-ambiental (25)	Impacto comunitario	25	Alto	5	25	25
			Medio	10		
			Bajo	25		
<b>Calificación Total</b>		<b>100</b>			<b>65</b>	<b>100</b>

*Fuente: Equipo de formulación PAP-PDA*

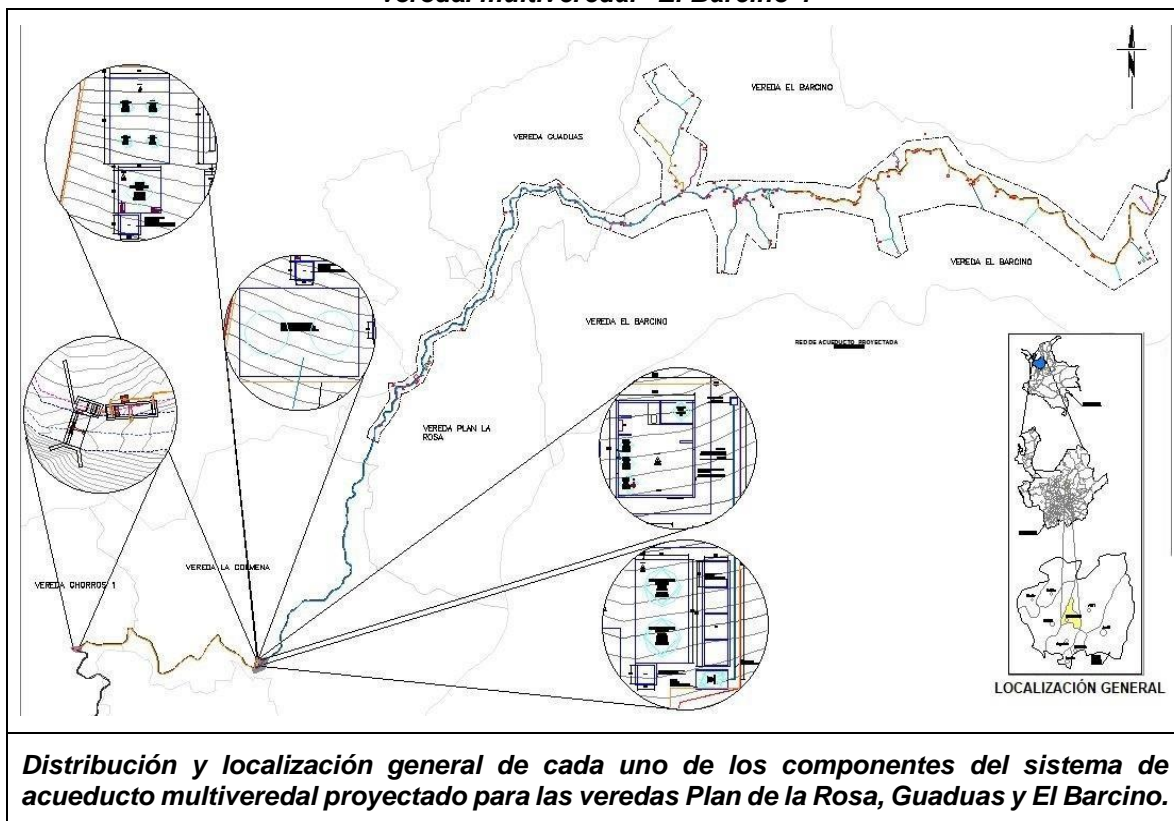
Con base en las características de la zona de estudio donde se proyecta la construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” y teniendo en cuenta aspectos relevantes como la distribución de las viviendas, zonas de acceso, caminos, calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, continuidad en el servicio, tipo de topografía de zona, impacto comunitario, entre otros, se propone la instalación de redes en material Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Finalmente, se proyecta la instalación de medidores domiciliarios para cada uno de los suscriptores individuales del servicio de acueducto, con el objetivo de cumplir con el uso racional del agua.



Con base en la descripción anterior, se puede concluir que el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino2, tiene como objetivo suplir las necesidades de agua de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino, ya que todos los componentes del sistema están diseñados con la capacidad futura de abastecer en un 100% las tres veredas, aunque inicialmente se plantea la conexión de 161 viviendas, 33 viviendas de la vereda Plan de la Rosa, 17 viviendas de la vereda Guaduas y 111 viviendas de la vereda El Barcino, lo que permitiría tener un porcentaje de conexión del 100% de la vereda El Barcino y un 35.7% de conexión de las veredas Plan de la Rosa y Guaduas. Los componentes del sistema proyectados y su ubicación se logran evidenciar en la Figura 4.

**Figura 4. Distribución y localización general de los componentes del sistema de acueducto veredal multiveredal “El Barcino”.**



**Fuente: Elaboración propia Formulación PAP-PDA**

Para valorar las alternativas planteadas en el capítulo anterior, se presenta en la Tabla 19 lo parámetros de evaluación, debido a que son parámetros que presentan



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

una gran incidencia al momento de definir qué solución se dará a la problemática presentada en la zona de estudio.

**Tabla 19. Criterios de evaluación y selección de alternativas.**

Criterio	Descripción	Puntaje máximo
Costos por inversión inicial (resolución 287 de 2004. artículo 26, decreto 565 de 1996. artículos 4,6,11,14)	Hace referencia a los costos presupuestados para cada alternativa durante su fase constructiva; se calificará con el máximo puntaje a la alternativa de costos más bajos y con el mínimo puntaje a la alternativa de costos más altos.	15
Costos de construcción operación y mantenimiento. (decreto 302 de 2000. artículo 22)	Compara el costo en un período de tiempo asociado a los requerimientos de personal calificado, contratistas y equipos necesarios para realizar la operación y el mantenimiento de las redes. Se calificará con el mínimo puntaje al que se estima exigirá los mayores costos y con el máximo puntaje al de menor costo.	20
Aspectos técnicos	Determina la facilidad constructiva de las alternativas propuestas, de acuerdo con diferentes aspectos como: la topografía del terreno a intervenir, consecución de suministros y materiales secundarios para llevar a cabo la construcción. Además de la vida útil del proyecto y si es o no la tecnología apropiada para las condiciones locales.	40
Impacto Comunitario (RAS 2000-D.1.3.5)	Evalúa los trastornos que se puedan generar durante el tiempo que dura la construcción de las obras, como son las afectaciones por movimientos de tierra, generación de ruidos, olores y material particulado, restricciones a la movilidad.	25

**Fuente: Matriz elaborada a partir de RAS 2000.**



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos  GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Adicionalmente, al formular las diferentes alternativas para la construcción del sistema de acueducto y la proyección de sus nuevas estructuras, se tendrán en cuenta las siguientes proposiciones:

- La fuente de abastecimiento debe abastecer por gravedad en el sistema y debe garantizar la demanda de agua actual y futura, evitando en lo posible los sistemas de bombeo.
- Se debe conservar la continuidad y calidad en la prestación del servicio de acueducto, es decir las 24 horas del día.
- La capacidad de las estructuras proyectadas debe cumplir con los requerimientos exigidos en la normatividad vigente la Resolución 0330 de 2017 y RAS/2000, además se deben tener en cuenta las condiciones particulares de la zona de estudio y los indicadores actuales y proyectados que se retoman del capítulo de diagnóstico.

A continuación, en la Tabla 20 se presenta la evaluación de las dos alternativas planteadas para los sistemas de acueducto completos proyectados, siendo la primera alternativa el sistema de acueducto veredal “El Barcino” y como segunda alternativa el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, es decir, se identificará cuál de las dos alternativas trae consigo más beneficios.

De manera análoga se evalúan los dos sistemas frente al tipo de sistema propuesto, ya que el sistema de acueducto veredal “El Barcino”, propone un bombeo de aproximadamente 20 HP, sistema que aumentaría los costos de construcción y mantenimiento de esta alternativa, además esta presenta una menor cobertura en términos de población, ya que solo beneficiaría a los habitantes de la vereda El Barcino. Por el contrario, la segunda alternativa se basa en un sistema de acueducto por gravedad que tiene como objetivo abastecer el 100% de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino, disminuyéndose costos de construcción, operación y mantenimiento, situación que hace evidente que la alternativa más viable con respecto a las proposiciones mencionadas anteriormente es la alternativa de construir un sistema de acueducto multiveredal.




 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Tabla 20. Matriz de selección de alternativas para el sistema completo de acueducto proyectado.**

		Puntaje máximo	Nivel de incidencia	Puntaje x Calificación	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
					Sistema de acueducto veredal “El Barcino” para la vereda El Barcino	Sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino.
					Clasificación	Clasificación
Costos económicos (40)	Costos por inversión inicial	15	Alto	5	10	15
			Medio	10		
			Bajo	15		
	Costos por operación y mantenimiento	20	Alto	5	10	20
			Medio	10		
			Bajo	20		
Aspectos técnicos (40)	Facilidad constructiva	40	Alta	40	20	40
			Media	20		
			Baja	10		
Socio-ambiental (25)	Impacto comunitario	25	Alto	25	10	25
			Medio	10		
			Bajo	5		
<b>Calificación Total</b>		<b>100</b>			<b>50</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

## 8 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA SISTEMA DE ACUEDUCTO

Con base en la evaluación realizada en el numeral pasado y teniendo en cuenta los parámetros evaluados se selecciona la segunda alternativa planteada, la construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, debido a que presenta mejores índices de cobertura a la comunidad y además es un sistema de acueducto surtido por gravedad. A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los componentes de la alternativa seleccionada.

La fuente Afluente quebrada El Oso será la fuente de abastecimiento para el Sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, debido a que esta posee capacidad y calidad necesaria para suplir las demandas futuras del sistema.



Para la estructura de captación se determina que se debe diseñar y construir una bocatoma tipo-dique toma en concreto reforzado.

Para la aducción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, se selecciona como alternativa la instalación de tubería en PEAD, debido a que la zona de estudio donde se proyecta la instalación de la red presenta una topografía bastante irregular, a pesar de que la inversión inicial de la instalación de tubería en PEAD es más costosa, desde el punto de vista constructivo, esta es más resistente y flexible.



Con base en el análisis anterior y teniendo en cuenta la alternativa seleccionada, para la construcción del desarenador del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, se requiere la construcción de un desarenador de flujo horizontal en concreto reforzado, que asegurará un buen porcentaje de remoción de partículas, además de una correcta funcionalidad, fácil operación y mantenimiento durante el periodo de diseño.

De acuerdo con el análisis realizado en el numeral anterior para decidir qué tipo de tren de tratamiento utilizar para la potabilización del agua del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, se selecciona la **alternativa 2** como la más opcional en concordancia con los resultados de expuestos en la Tabla 16, evidenciando que la floculación, filtración y cloración es la más viable respecto a su eficiencia de operación frente a la variabilidad de la fuente de abastecimiento Afluente de la Quebrada El Oso.

Para la construcción del tanque de almacenamiento, se define que para el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, se requiere el diseño dos tanques de almacenamiento en fibra de vidrio, cada uno con una capacidad de 55 m<sup>3</sup>, pues presenta mayor facilidad constructiva y menor costo de inversión.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

De acuerdo con el análisis realizado y dependiendo de las características de los materiales y las condiciones de la zona de estudio, referentes a su estabilidad geológica y sobre todo a la disponibilidad, flexibilidad, facilidad de instalación, mantenimiento de la tubería y costo tanto de construcción como de mantenimiento de los materiales, se elige la tubería de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) como el material a implementar en el sistema, variando sus diámetros y RDE (Relación Diámetro – Espesor) de acuerdo con las condiciones presión y demás escenarios de diseño que se puedan presentar.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

## FASE III. DISEÑO

### 9 OPTIMIZACIÓN Y DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente indicadas y con base en las demandas de agua actual y futura de la población, como el caudal máximo diario (QMD) y el caudal máximo horario (QMH), a continuación, se presenta la descripción de cada una de las estructuras que componen el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.

#### 9.1 Fuente de abastecimiento

Con el objetivo de determinar las condiciones de calidad de la fuente de abasto proyectada para el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica por parte del grupo de ingeniería y gestión ambiental GIGA. El muestreo se realizó el día 11 de abril de 2018, la ubicación y altura del punto de muestreo, se encuentran consignadas en la Tabla 21.

**Tabla 21. Ubicación del punto de captación proyectado de la fuente de abasto Afluente de la Quebrada El Oso.**



Fuente de abastecimiento	Coordenadas Geográficas		Altitud (msnm)
	Longitud	Latitud	
Afluente de la quebrada El Oso	75° 17' 51,5"W	6° 59' 19,3" N	1628

Fuente: estudio hidrológico para la fuente Afluente de la Quebrada El Oso, ver Info\_calidad\_captacion.

En el estudio se en él se midieron in situ parámetros como la temperatura, conductividad, pH y caudal (ver Tabla 22). Además, se recolectaron muestras para medir en laboratorio parámetros fisicoquímicos como Coliformes totales, E-coli, nitratos, alcalinidad total, dureza total, cloruros, entre otros, como se muestra a continuación en la Tabla 23 (Ver carpeta 20 estudios y diseños-Diseño-Calidad del agua- Info\_calidad\_captacion).

**Tabla 22. Parámetros medidos in situ por el equipo del grupo GIGA en el punto de captación proyectado.**

Parámetro	Unidades	Valor obtenido Punto de captación proyectado (Afluente quebrada El Oso)	Rango de valores para una fuente aceptable. Según RAS/2000.
Hora medición	-	12:13	-



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Parámetro	Unidades	Valor obtenido Punto de captación proyectado (Afluente quebrada El Oso)	Rango de valores para una fuente aceptable. Según RAS/2000.
Temperatura	°C	24.3	-
pH	Unidades de pH	7.3	6.0 - 8.5
Conductividad eléctrica	µS/cm	84.7	1000
Caudal	L/s	29.4	-

**Fuente: Estudio de la calidad fisicoquímica y microbiológica realizado por el grupo de ingeniería y gestión ambiental G.I.G.A.**

**Tabla 23. Parámetros fisicoquímicos obtenidos para la caracterización del agua en el punto de captación proyectado en el Afluente la quebrada El Oso.**

Parámetro	Unidades	LMD*	Valor obtenido Punto de captación proyectado (Afluente quebrada El Oso)	Rango de valores para una fuente aceptable. Según RAS/2000.
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.00	17.1	200
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	0.125	0.996	<50
Color verdadero	UPC	1.00	7.37	<10
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	3.00	20.0	300
Hierro Total	mg/L Fe	0.050	0.250	0,3
Manganeso	mg/L Mn	0.050	<LDM	0,1
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	0.023	0.167	10
Ortofosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	0.050	<LDM	-
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.100	0.430	250
Turbiedad	NTU	0.010	3.50	<2
Coliformes Totales	NMP/100 mL	1	16420	0

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Parámetro	Unidades	LMD*	Valor obtenido Punto de captación proyectado (Afluente quebrada El Oso)	Rango de valores para una fuente aceptable. Según RAS/2000.
<i>E-coli</i>	NMP/100mL	1	270	0
* <b>LDM</b> : Límite de detección del método.				

**Fuente: Estudio de la calidad fisicoquímica y microbiológica realizado por el grupo de ingeniería y gestión ambiental G.I.G.A.**

De acuerdo con los resultados anteriores observados en la Tabla 22 y la Tabla 23, el agua de la fuente Afluente de la quebrada El Oso en el punto de captación proyectado, cuenta con condiciones físico-químicas adecuadas para ser la fuente de abasto del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, esto puede verse reflejado en los valores recomendados presentes en el RAS 2000, Título B, numeral 3.4.2.1 “Calidad del agua de la fuente”, en la cual se presentan los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano, evidenciados anteriormente para una fuente aceptable en la Tabla 22 y la Tabla 23. Si bien el valor de turbiedad es mayor al nivel permisible este no supera con gran diferencia dicho valor, por lo que, mediante el tren de tratamiento seleccionado para la Planta de Potabilización de agua, este parámetro lograría establecerse dentro del rango permisible, además a pesar de que la caracterización microbiológica arroja presencia de *E-coli* y coliformes totales, estos parámetros pueden ser controlados a partir de la cloración que se implementa en la potabilización.



De acuerdo al estudio hidrológico realizado sobre la zona de captación proyectado, se observan los valores de caudal máximo, medio y mínimo de la fuente para un tiempo de retorno de 25 años (ver Tabla 24).

**Tabla 24. Caudales arrojados por el estudio hidrológico realizados por el equipo de ambiental del PAP-PDA para el Afluente de la Quebrada El Oso y demanda de la población al periodo de diseño (2043).**

Fuente de abastecimiento	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)	Caudal medio (L/s)	Caudal mínimo (L/s)	Demanda futura (L/s)
Afluente de la Quebrada El Oso	3.81	15.07	4.21	3.66

**Fuente: estudio hidrológico para la fuente Afluente de la Quebrada El Oso, ver anexo 3**

A partir de la Tabla 24 se puede concluir que la fuente presenta caudales mayores que la demanda futura de la población, por lo cual la fuente tiene la capacidad de

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

abastecer el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, en todo el periodo de diseño.

## 9.2 Bocatoma

La zona de la bocatoma, se caracteriza por estar constituida por una roca maciza en su lecho y parte de sus taludes laterales, la cual se encuentra in situ, con discontinuidades estructurales que no representan un riesgo importante o significativo para la vida útil de la presa que estará anclada a esta; de otro lado, dada su composición rica en sílice, no muestra evidencias de meteorización química importante, ni procesos erosivos que constituyan una amenaza para el abastecimiento de la comunidad. Como se muestra a continuación en la Fotografía 9.



**Fotografía 9. Zona de ubicación de la bocatoma del sistema de Acueducto multiveredal "El Barcino".**



**Fuente: recolección de información primaria, equipo de formulación PAP-PDA.**

Se proyecta la construcción de un sistema de captación tipo dique-toma en concreto reforzado localizada en la cota: 1609.801 m.s.n.m y en las coordenadas Norte: 1264739.0930 m y Este: 865188.5357 m sus parámetros iniciales de diseño se presentan en la Tabla 25; la estructura contará con una rejilla de 0.8 m de largo por



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

0.20 m de ancho, con 27 barras de 3/8” de diámetro espaciadas cada 2 cm como se muestra en la Tabla 26 y se detalla en la Figura 5.

**Tabla 25. Parámetros iniciales de diseño para la estructura de captación.**

Datos iniciales		
Parámetros	Valor	Unidades
Caudal Máximo de la cuenca (Q <sub>máx</sub> )	3,81	m3/s
Caudal Medio de la cuenca (Q <sub>med</sub> )	0,01511	m3/s
Caudal Mínimo de la cuenca (Q <sub>mín</sub> )	0,0042	m3/s
Caudal Máximo Diario Proyectado año 2043 (QMD)	0,00366	m3/s
Aceleración de la gravedad	9,81	m/s <sup>2</sup>
Factor de seguridad	1	
Ancho del Río (W)	2,8	m
<b>Caudal de diseño (2043)</b>	0,00366	m3/s

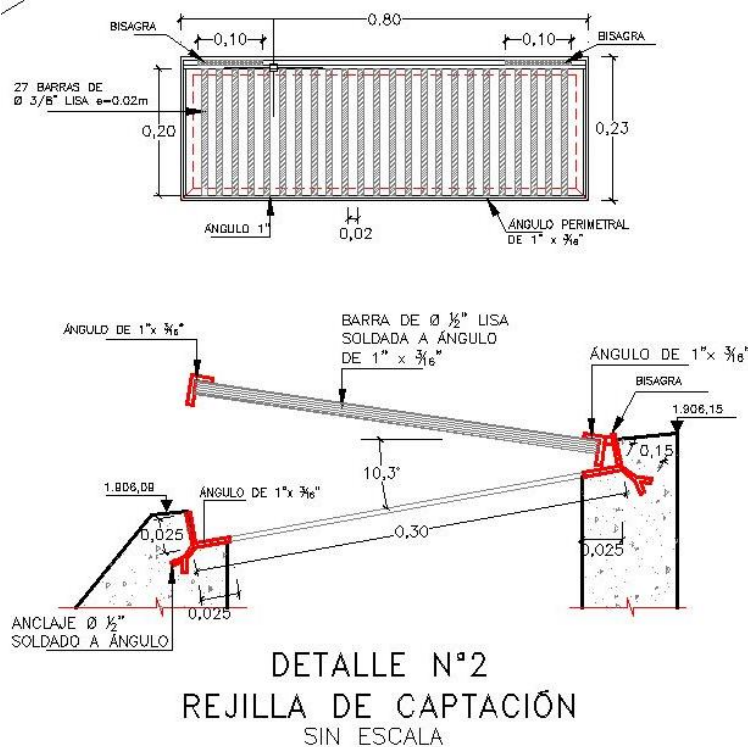
*Fuente: equipo de formulación PAP-PDA.*

**Tabla 26. Dimensionamiento de la rejilla de captación.**

Calculo de la longitud de la rejilla		
Parámetro	Valor	Unidades
Largo de la Rejilla	0,8	m
Diámetro de Barras ( $\Phi$ )	3/8	Pulg
Diámetro de Barras ( $\Phi$ )	0,953	cm
Espacio entre barras	2	cm
Número de barras; n	26,418	
Número de barras utilizadas; n	<b>27,000</b>	
Número de espacios	27,418	
Número de espacios utilizados	<b>28,000</b>	
e	0,677	
Longitud (x) de la rejilla	2,074	cm
Factor de seguridad (Reja)	3,000	adm
Longitud (x) de la rejilla final	6,221	cm
Longitud (x) de la rejilla, utilizada	20,000	cm
Área libre entre barras	0,112	m <sup>2</sup>
Velocidad Rejilla	0,033	m/s
Factor de forma $\beta$ para rejilla cuadrada	2,420	Adimensional
Coefficiente de pérdidas menores (K <sub>m</sub> )	0,902	Adimensional
Pérdidas menores de la Rejilla	0,000049	m

*Fuente: equipo de formulación PAP-PDA.*

**Figura 5. Rejilla de captación de la bocatoma tipo Dique-Toma del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.**





**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

Además, se proyecta una caja de derivación de dimensiones 1.85 m de largo por 0.80 m de ancho con una profundidad de 0.8 m; incluye una zona de excesos la cual posee una tubería de excesos en PVC-P de 4” de diámetro que asegura la derivación del caudal ecológico a la fuente, además de una tubería de entrada en PVC-P a una zona de reparto de caudales de 3” de diámetro el cual está diseñado para captar únicamente el caudal máximo diario (QMD). En la zona de reparto de caudales primeramente se ubica una pantalla invertida, cuya función es disminuir la velocidad del agua para pasar posteriormente por un vertedero triangular de 90°. La tubería que conduce el agua hasta el desarenador se proyectó en PVC-P de 3”. La cámara de derivación cuenta además con dos tuberías para la limpieza EN PVC-P, cada una de 4” de diámetro, la limpieza del sistema se encuentra regulado por dos válvulas de compuerta de igualmente 4” de diámetro esta tubería de lavado se dirige a la fuente, todo lo anterior se resumen en la Tabla 27. La memoria hidráulica de la captación, se presenta en la carpeta 20 Estudios y diseños-Diseño-Memo\_dis\_hidraulico\_acu\_A.

**Tabla 27. Dimensionamiento de la cámara de derivación.**

<b>Cámara de derivación</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Ancho de los muros	0,2	m
Borde Libre	0,2	m
Ancho	0,80	m
Largo	1,850	m
H total cámara	0,782	m
H total cámara, utilizada	0,800	m
<b>Zona de reparto de caudales</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Ancho	0,80	m
Largo	0,8	m
Diámetro tubería de entrada	0,085	m
Diámetro tubería de entrada	3	pulg
Diámetro tubería de entrada, utilizada	4	pulg
Caudal de excesos; mínima condición	0,001	m <sup>3</sup> /s
Diámetro tubería sumergida; caudal QMD	3,0	pulg
Diámetro tubería sumergida; caudal QMD	0,076	m
Área de la tubería sumergida	0,005	m <sup>2</sup>
Velocidad en la tubería sumergida	0,803	m/s
Pérdidas por orificio	0,088	m
Coefficiente de contracción	0,610	
Altura sedimentos	0,250	m
Altura de la lámina de agua en la cámara, desde el centro de la tubería	0,088	m
Altura total de la lámina de agua, desde el fondo de la cámara	0,480	m
Altura de la tubería de excesos; cota batea	0,480	m
Diámetro tubería de excesos	4	pulg
Diámetro tubería de excesos	0,102	m
<b>Zona de aforo</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Ancho	0,80	m
Largo	0,3	m
Pantalla invertida, se ubica desde la parte superior de la cámara	0,700	m
Espesor de la pantalla invertida	0,10	m
Altura de la lámina de agua sobre el vertedero triangular (90°)	0,093	m
Ancho de la lámina de agua sobre el vertedero triangular	0,185	m
Ancho total del vertedero triangular	0,300	m
Altura del vertedero triangular	0,150	m
Capacidad total de aforo del vertedero triangular	12,217	L/s
Altura del vertedero triangular	0,30	m
Altura del vertedero triangular total	0,45	m
Espesor del vertedero triangular	0,10	m
Diámetro de la aducción hacia el desarenador	3,0	pulg

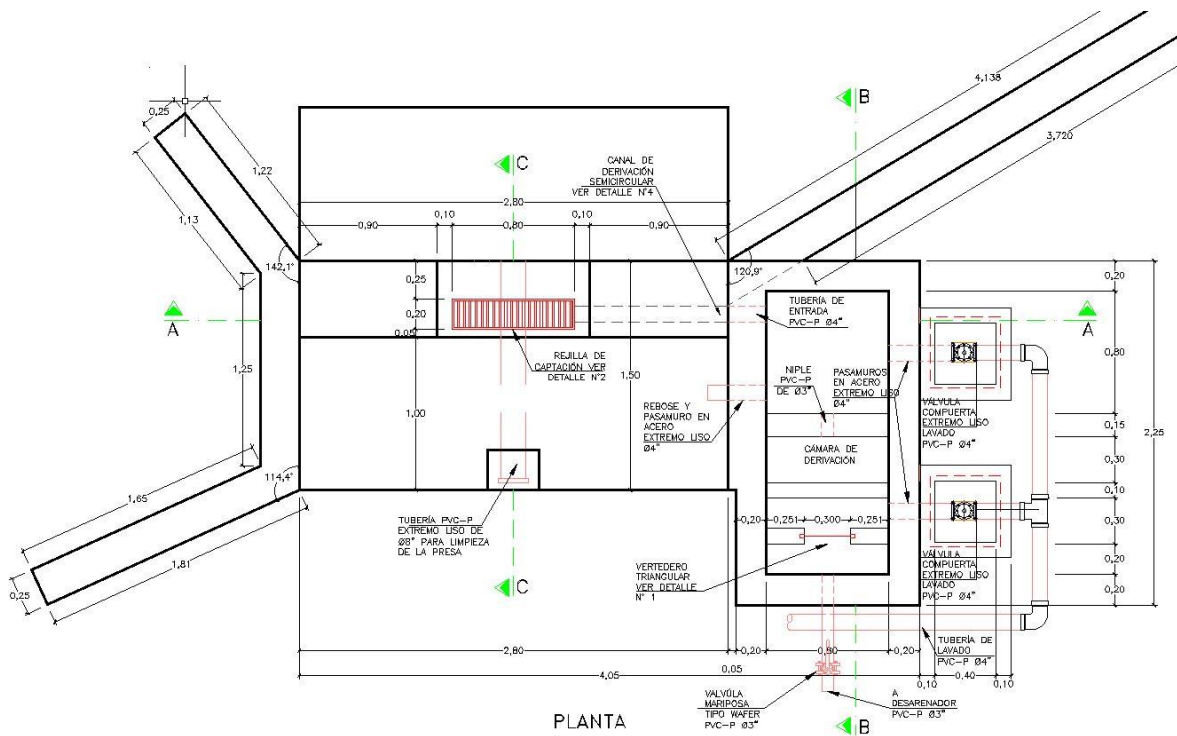
 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Cámara de derivación		
Parámetro	Valor	Unidades
Diámetro de la aducción hacia el desarenador	0,076	m
Altura de la lámina de agua sobre la tubería de aducción	0,143	m
Altura de la lámina de agua sobre la tubería de aducción + la mitad del diámetro < Altura del vertedero triangular	<b>OK</b>	

**Fuente: equipo de formulación PAP-PDA.**

En la Figura 6 se evidencia la vista en planta de la bocatoma diseñada y su dimensionamiento con todos sus elementos.

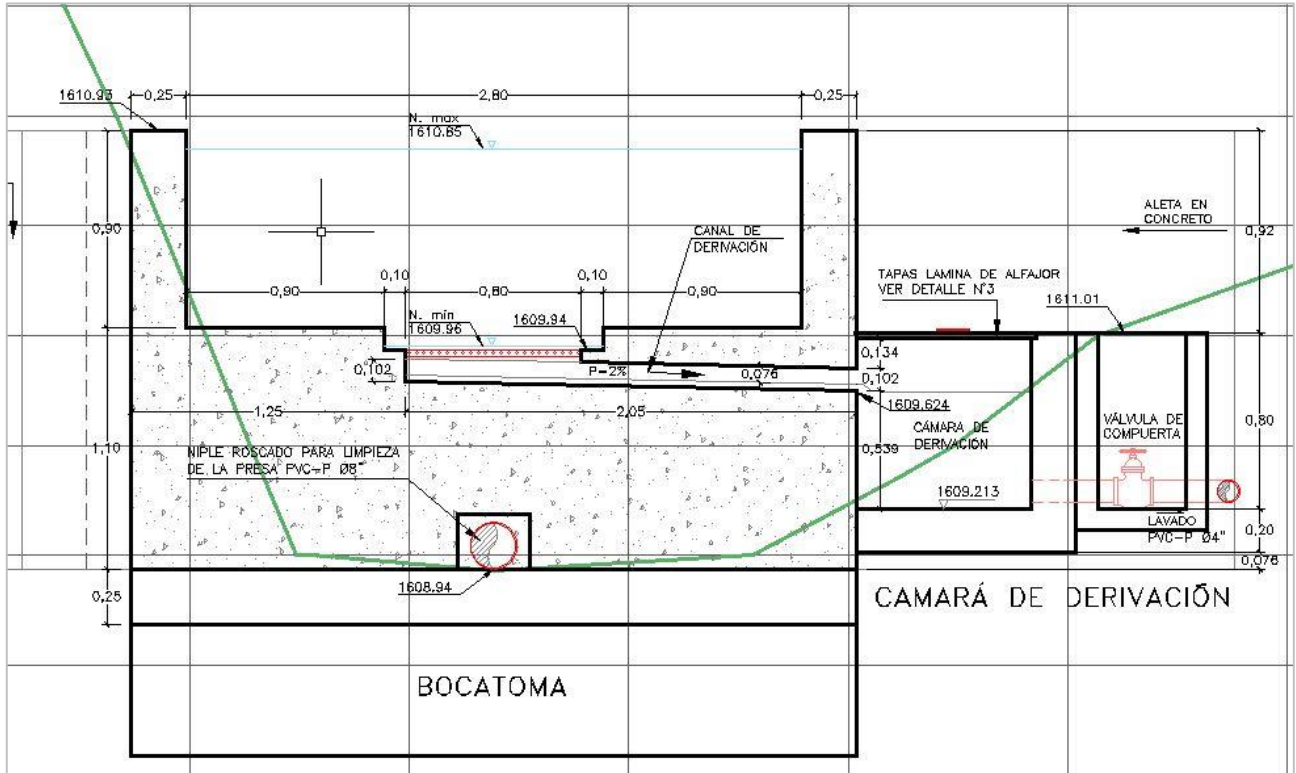
**Figura 6. Vista en planta de la estructura de captación del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino"**



**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

En la Figura 7 se logra evidenciar la vista en perfil de la bocatoma y como esta se emplaza en el terreno, además del dimensionamiento de sus vertederos tanto el de rebose como el de crecida, evidenciando que cuentan con la longitud y altura suficiente para retener los niveles de agua que probablemente se presentaran con los caudales mínimo y máximos de la fuente.

**Figura 7. Vista en perfil de la estructura de captación.**



**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**



### 9.3 Red de aducción entre Bocatoma y PTAP.

Las estructuras de captación y desarenado se encuentran unidas por un tramo de tubería de 65.9 cm, al ser un tramo tan corto no se realizó simulación, sino que mediante la ecuación de Hazen-Williams que se muestra a continuación en la ecuación 12:

$$D = \sqrt[2.63]{\frac{Q}{0.2785 * C * J^{0.54}}}$$

**Ecuación 12**

En la Tabla 28 se consignan los datos iniciales y del procedimiento para el cálculo del diámetro de la tubería de aducción ubicada entre la bocatoma y el desarenador.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Tabla 28. Dimensionamiento de la tubería de aducción entre la bocatoma y el desarenador.**

<b>DISEÑO RE DE ADUCCIÓN BOCATOMA – DESARENADOR.</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Caudal Máximo Diario Proyectado año 2043 (QMD)	0,00366	m3/s
Aceleración de la gravedad	9,81	m/s <sup>2</sup>
Cota de salida cámara de derivación	1609,213	m.s.n.m
Cota de entrada desarenador	1609,187	m.s.n.m
Material de la tubería	PEAD	
Coeficiente de fricción ( c )	150	Adimensional
Longitud de la tubería	0,659	m
Pérdida de energía por fricción H <sub>f</sub>	0,026	m
Pérdida de carga Unitaria J	0,039	m
Diámetro de la tubería	0,056	m
Diámetro de la tubería	55,655	mm
Diámetro de la tubería	2,191	pulg
Diámetro de la tubería utilizado	2,500	pulg
Acorde con lo anterior, la tubería de aducción entre la bocatoma y el desarenador tendrá un diámetro de 2,5 pulgadas y una longitud de L = 0,659 m		

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

#### **9.4 Red de aducción entre desarenador y PTAP.**

La red de aducción inicia en el desarenador y termina en la Planta de Potabilización de agua, el diámetro de la tubería se proyectó de 4” (110 mm) diámetro en PEAD PE 100 PN10 RDE 17, en la que se alcanza una velocidad de 0.50 m/s a lo largo de toda la red, que cumple con lo determinado en la Resolución 0330 de 2017, la cual estipula como la velocidad mínima en 0.5 m/s. La red tiene una longitud de 1757 m, en donde se presentan un valor promedio de pérdidas de 2.66 m/Km como se muestra en la Tabla 30.

Se proyecta la instalación siete (7) válvulas a lo largo de la línea de aducción, tres (3) válvulas de purga y cuatro (4) válvulas de ventosa. Las características y ubicación de cada una de ellas se presentan en la Tabla 29.



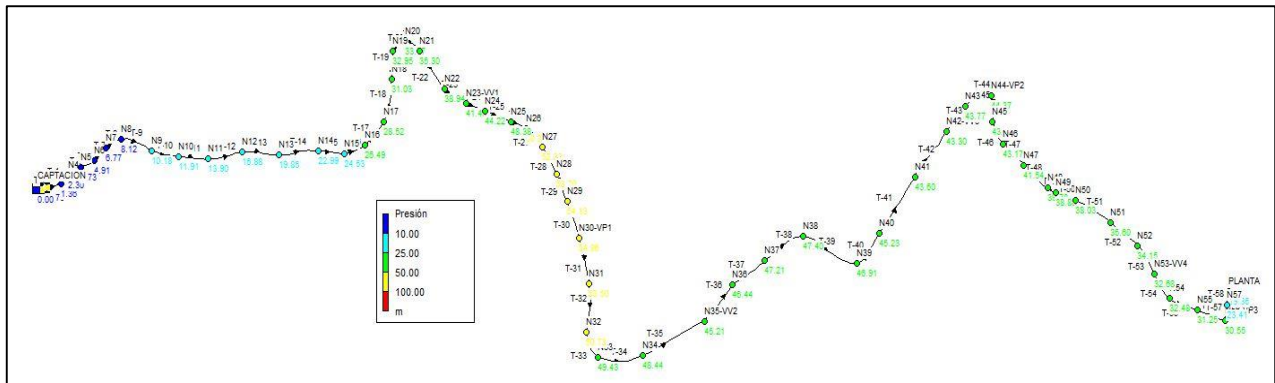
**Tabla 29. Características de las válvulas proyectadas a lo largo de la red de aducción del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino".**

Nodo	ID	Coordenadas		Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Diámetro (pulg)
		Este (m)	Norte (m)					
N23	VV1	865.625,02	1.264.821,87	1.565,54	1.564,54	41,49	1.607,11	1 1/2
N30	VP1	865.739,63	1.264.694,41	1.551,65	1.550,65	54,86	1.606,62	2
N35	VV2	865.867,66	1.264.615,69	1.560,69	1.559,69	45,21	1.605,99	1 1/2
N42	VV3	866.114,69	1.264.794,92	1.561,67	1.560,67	43,30	1.605,06	1 1/2
N44	VP2	866.160,82	1.264.828,96	1.560,44	1.559,44	44,37	1.604,90	2
N53	VV4	866.326,65	1.264.660,29	1.571,47	1.570,47	32,68	1.604,22	1 1/2
N56	VP3	866.398,88	1.264.617,02	1.573,38	1.572,38	30,55	1.603,99	2

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

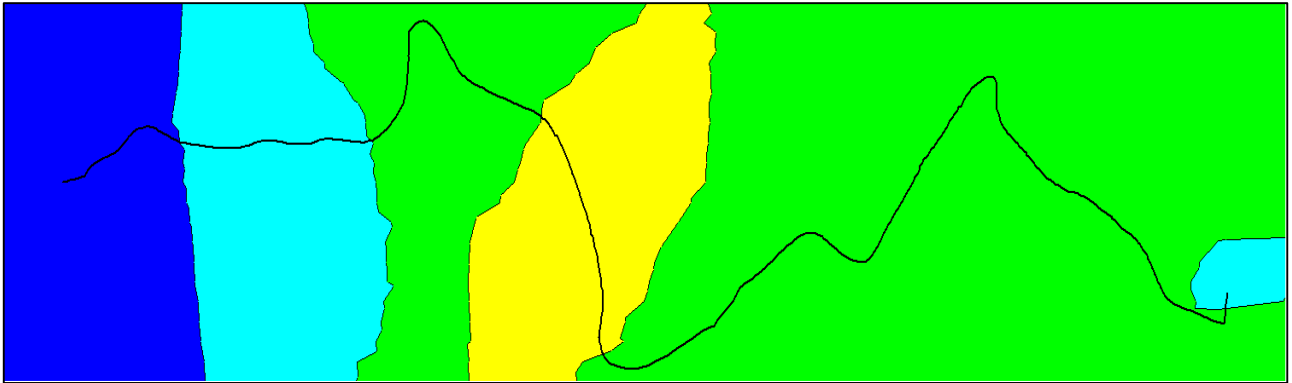
En la Figura 8 y Figura 9, se muestra el comportamiento de la red de aducción en términos de presión, la simulación hidráulica de la red se realizó en el software de simulación EPANET, con el fin de evaluar los diámetros, presiones y caudales requeridos para el periodo de diseño.

**Figura 8. Presiones en la red de aducción del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino".**



**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

**Figura 9. Mapa de presiones de la red de aducción del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino"**



**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

A continuación, en la Tabla 30 se logran apreciar algunos de los parámetros obtenidos en la simulación de la red de aducción como la pérdida unitaria, el caudal, la cota terrena, piezométrica y de enterramiento de la tubería. Toda la tubería se encuentra enterrada a 1 m de profundidad debido a que se ubica por vía con el objetivo de evitar el deterioro de la misma por el paso de vehículos pesados que transitan por el lugar. Se logra analizar además las presiones en el sistema siendo la menor de estas 0.34 m.c.a de agua que se da al inicio de la red luego de partir de la estructura de captación y la presión máxima con un valor de 54.86 m.c.a valor que cumple con lo estipulado en la Resolución 0330 de 2017, ambos valores se encuentran resaltados en amarillo en la Tabla 30. A partir de los datos de presión obtenidos en la simulación se determina como material de la tubería PEAD PN 10 RDE 17 ya que tiene una resistencia de presión de 101.98 m.c.a.

**Tabla 30. Resumen de criterios y resultados de la simulación de la red de aducción.**

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Pérdida unitaria (m/km)
T-1	CAPTACION	N1	1.608,24	1.607,24	1.608,58	0,34	3,66	2,66
T-2	N1	N2	1.607,81	1.606,81	1.608,57	0,76	3,66	2,67
T-3	N2	N3	1.607,17	1.606,17	1.608,53	1,36	3,66	2,67
T-4	N3	N4	1.606,20	1.605,20	1.608,51	2,30	3,66	2,66
T-5	N4	N5	1.604,72	1.603,72	1.608,46	3,73	3,66	2,66
T-6	N5	N6	1.603,50	1.602,50	1.608,42	4,91	3,66	2,66
T-7	N6	N7	1.601,60	1.600,60	1.608,38	6,77	3,66	2,66
T-8	N7	N8	1.600,20	1.599,20	1.608,33	8,12	3,66	2,66
T-9	N8	N9	1.598,04	1.597,04	1.608,24	10,18	3,66	2,67

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Perdida unitaria (m/km)
T-10	N9	N10	1.596,23	1.595,23	1.608,17	11,91	3,66	2,66
T-11	N10	N11	1.594,16	1.593,16	1.608,09	13,90	3,66	2,66
T-12	N11	N12	1.591,08	1.590,08	1.607,99	16,88	3,66	2,66
T-13	N12	N13	1.588,00	1.587,00	1.607,89	19,85	3,66	2,66
T-14	N13	N14	1.584,74	1.583,74	1.607,78	22,99	3,66	2,66
T-15	N14	N15	1.583,13	1.582,13	1.607,71	24,53	3,66	2,66
T-16	N15	N16	1.581,10	1.580,10	1.607,65	26,49	3,66	2,66
T-17	N16	N17	1.579,00	1.578,00	1.607,57	28,51	3,66	2,66
T-18	N17	N18	1.576,37	1.575,37	1.607,46	31,03	3,66	2,66
T-19	N18	N19	1.574,38	1.573,38	1.607,39	32,95	3,66	2,66
T-20	N19	N20	1.573,51	1.572,51	1.607,35	33,77	3,66	2,66
T-21	N20	N21	1.571,93	1.570,93	1.607,30	35,30	3,66	2,67
T-22	N21	N22	1.568,17	1.567,17	1.607,18	38,94	3,66	2,66
T-23	N22	N23-VV1	1.565,54	1.564,54	1.607,11	41,49	3,66	2,67
T-24	N23-VV1	N24	1.562,74	1.561,74	1.607,06	44,22	3,66	2,66
T-25	N24	N25	1.558,50	1.557,50	1.606,98	48,38	3,66	2,66
T-26	N25	N26	1.556,47	1.555,47	1.606,94	50,36	3,66	2,66
T-27	N26	N27	1.554,44	1.553,44	1.606,87	52,33	3,66	2,67
T-28	N27	N28	1.552,98	1.551,98	1.606,79	53,70	3,66	2,66
T-29	N28	N29	1.552,48	1.551,48	1.606,72	54,13	3,66	2,67
T-30	N29	N30-VP1	1.551,65	1.550,65	1.606,62	54,86	3,66	2,66
T-31	N30-VP1	N31	1.552,90	1.551,90	1.606,50	53,50	3,66	2,66
T-32	N31	N32	1.555,54	1.554,54	1.606,38	50,73	3,66	2,66
T-33	N32	N33	1.556,77	1.555,77	1.606,30	49,43	3,66	2,66
T-34	N33	N34	1.557,64	1.556,64	1.606,18	48,44	3,66	2,66
T-35	N34	N35-VV2	1.560,69	1.559,69	1.605,99	45,21	3,66	2,66
T-36	N35-VV2	N36	1.559,34	1.558,34	1.605,87	46,43	3,66	2,66
T-37	N36	N37	1.558,46	1.557,46	1.605,76	47,21	3,66	2,66
T-38	N37	N38	1.558,15	1.557,15	1.605,64	47,39	3,66	2,66
T-39	N38	N39	1.558,47	1.557,47	1.605,48	46,91	3,66	2,66
T-40	N39	N40	1.560,06	1.559,06	1.605,38	45,23	3,66	2,66
T-41	N40	N41	1.561,52	1.560,52	1.605,21	43,60	3,66	2,66
T-42	N41	N42-VV3	1.561,67	1.560,67	1.605,06	43,30	3,66	2,66
T-43	N42-VV3	N43	1.561,12	1.560,12	1.604,98	43,77	3,66	2,66
T-44	N43	N44-VP2	1.560,44	1.559,44	1.604,90	44,37	3,66	2,67
T-45	N44-VP2	N45	1.561,03	1.560,03	1.604,83	43,71	3,66	2,66

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Perdida unitaria (m/km)
T-46	N45	N46	1.561,51	1.560,51	1.604,76	43,17	3,66	2,66
T-47	N46	N47	1.563,06	1.562,06	1.604,69	41,54	3,66	2,66
T-48	N47	N48	1.564,74	1.563,74	1.604,60	39,78	3,66	2,67
T-49	N48	N49	1.565,61	1.564,61	1.604,57	38,88	3,66	2,67
T-50	N49	N50	1.566,41	1.565,41	1.604,52	38,03	3,66	2,66
T-51	N50	N51	1.568,73	1.567,73	1.604,40	35,60	3,66	2,66
T-52	N51	N52	1.570,08	1.569,08	1.604,31	34,15	3,66	2,66
T-53	N52	N53-VV4	1.571,47	1.570,47	1.604,22	32,68	3,66	2,66
T-54	N53-VV4	N54	1.571,60	1.570,60	1.604,15	32,48	3,66	2,66
T-55	N54	N55	1.572,75	1.571,75	1.604,07	31,25	3,66	2,66
T-56	N55	N56-VP3	1.573,38	1.572,38	1.603,99	30,55	3,66	2,66
T-57	N56-VP3	N57	1.580,49	1.579,49	1.603,95	23,41	3,66	2,66
T-58	N57	PLANTA	1.584,53	1.583,53	1.603,92	19,35	3,66	2,66

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

La simulación hidráulica de la red de aducción se presenta en la carpeta 20 Estudio y diseños-Diseño- Simulacion\_Red\_Aduccion\_Mod\_hidraulica\_dis\_acu.

## 9.5 Desarenador

Se proyecta la construcción de un desarenador de flujo horizontal en concreto reforzado, que será ubicado en la cota 1609.57 m.s.n.m y las coordenadas Norte: 1264740.4890 m y Este: 865193.5964 m; este se encuentra adherido a la estructura de captación, específicamente a la caja de reparto de caudales mediante una tubería de 2.5” de diámetro 0.659 m de longitud. El desarenador se diseñó para un caudal de 3.66 L/s, los parámetros básicos de diseño se consignan en la Tabla 31.

**Tabla 31. Parámetros básicos de diseño de la estructura de desarenado.**

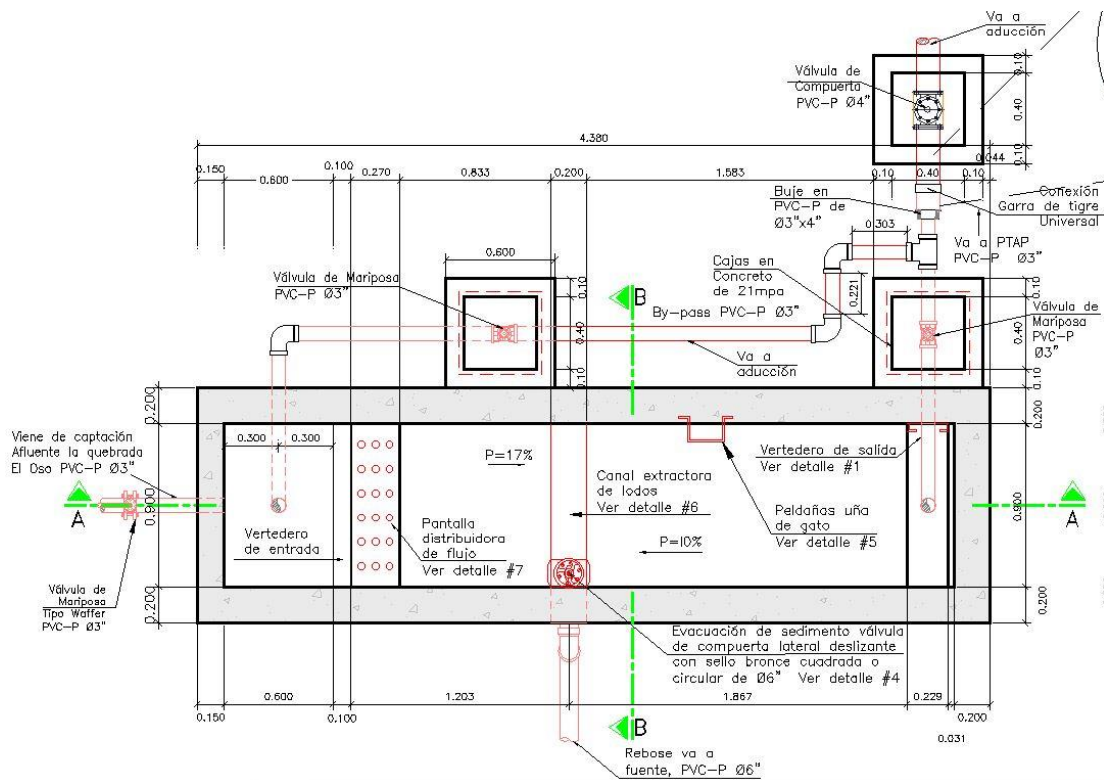
Parámetros Básicos		
Parámetros	Valor	Unidades
Caudal máximo diario (QMD)	<b>3,660</b>	L/s
Caudal máximo diario (QMD)	0,00366	m <sup>3</sup> /s
Temperatura del agua	20,000	°C
Viscosidad cinemática; $\mu$	0,010	cm <sup>2</sup> /s
Diámetro de la partícula; Dp	0,0075	cm
Densidad de la arena; ps	2,650	gr/cm <sup>3</sup>

Parámetros Básicos		
Parámetros	Valor	Unidades
Densidad específica del agua; pa	998,230	kg/m <sup>3</sup>
Aceleración de la gravedad; g	9,810	m/s <sup>2</sup>
Aceleración de la gravedad; g	981,000	cm/s <sup>2</sup>

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

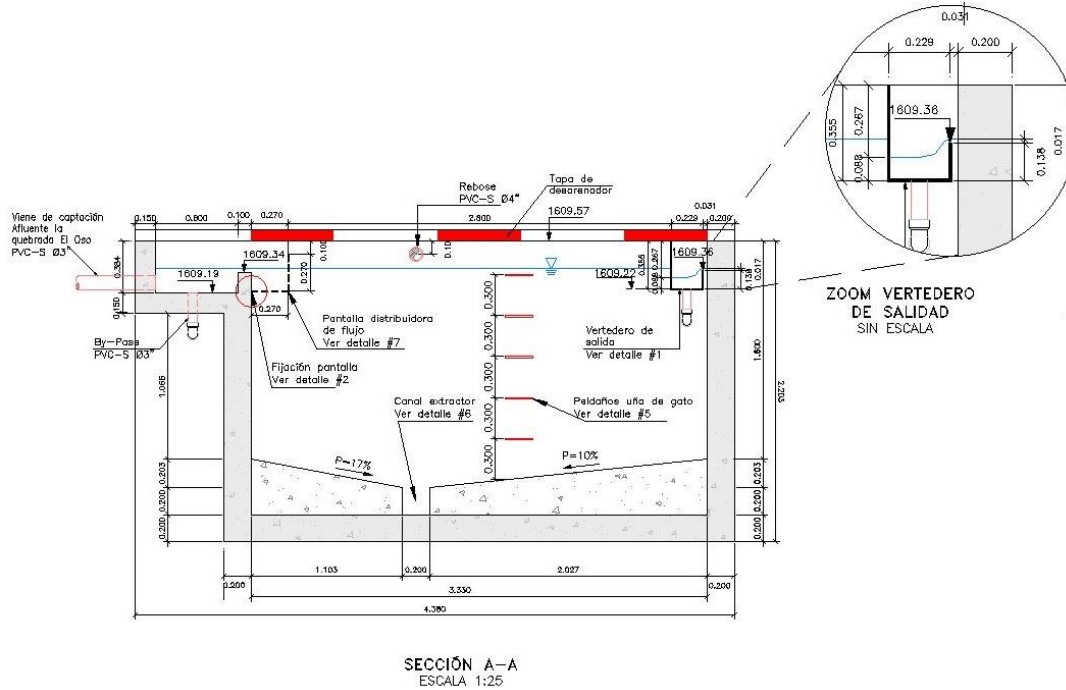
Sus dimensiones son 4.380 m de largo por 1.3 m de ancho, cuenta con una zona de entrada dotada de dos pantallas perforadas cada una con 18 orificios de 1.5” de diámetro cada uno, una zona de salida con un vertedero rectangular invertido, además del sistema de desagüe y el sistema de by-pass (ver Figura 10 y Figura 11); debido a las condiciones del terreno donde se proyecta la ubicación de la estructura se optó por construir la estructura en concreto reforzado, para lograr soportar las fuerzas de empuje ejercidas por el talud derecho de la quebrada. La memoria de cálculo hidráulico del desarenador se observa en la carpeta 20 Estudios y Diseños- Diseño-Memo\_dis\_hidraulico\_acu\_B.

**Figura 10. Vista en planta de la estructura de desarenado en concreto reforzado, para el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.**



**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

**Figura 11. Vista en perfil de la estructura de desarenado en concreto reforzado, para el sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”**





**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

A continuación, en la Tabla 32 se evidencian las velocidades horizontal y de sedimentación que se presentarán en el desarenador, además de su relación y como estos cumple con lo estipulado en la Resolución 0330 de 2017.

**Tabla 32. Velocidades Horizontal y de sedimentación en la estructura de desarenado.**

Velocidad horizontal		
Parámetros	Valor	Unidades
Fs (2 - 4) se asume	3	
Velocidad horizontal; Vh	0,046	m/s
Velocidad de sedimentación		
Se utilizarán las ecuaciones de Stokes y Allen Hazen para hallar la velocidad de sedimentación de las partículas.		
Parámetros	Valor	Unidades
Velocidad de sedimentación usando Stokes; Vs	0,501	cm/s
Velocidad de sedimentación usando Stokes; Vs	0,005	m/s
Vs según Allen Hazen a una temp de 10 °C; Vs10°C	0,550	cm/s
Vs según Alten-Hazen a la temp. de diseño ; Vs,T <sup>0</sup>	0,715	cm/s
Velocidad de sedimentación promedio ; Vsp	0,608	cm/s
Número de Reynolds	0,451	



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Chequeo		
Parámetros	Valor	Chequeo
Número de Reynolds; $Re < 1$	0,451	OK, Flujo Laminar $Re < 0,5$
$V_h \leq 0.25$ m/s	0,046	OK
Relación $V_h/V_s < 20$	6,499	OK

Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.

### 9.5.1 Zona de entrada.

Antes de la zona de entrada se ubica una zona de quietamiento con dimensiones 0.9 m de ancho y 0.6 de largo, la cual permite la estabilidad y quietamiento del agua antes de ingresar por la pantalla deflectora asegurando que el líquido se distribuya de manera uniforme y con la misma velocidad por los agujeros de esta. Además, esta estructura permite el funcionamiento del by-pass, ya que cuenta con un dique de 0.15 m de altura el cual impide el paso del agua cuando se pone en funcionamiento el by-pass. Luego de este dique se ubican las pantallas distribuidoras de flujo, cada una con 18 orificios de 1.5” de diámetro, una de ellas ubicada de manera transversal al flujo y la otra ubicada de manera paralela al flujo, las pantallas tienen 0.9 m de ancho y 0.270 m de largo, la información anterior se consigna en la Tabla 33 (ver Figura 12).

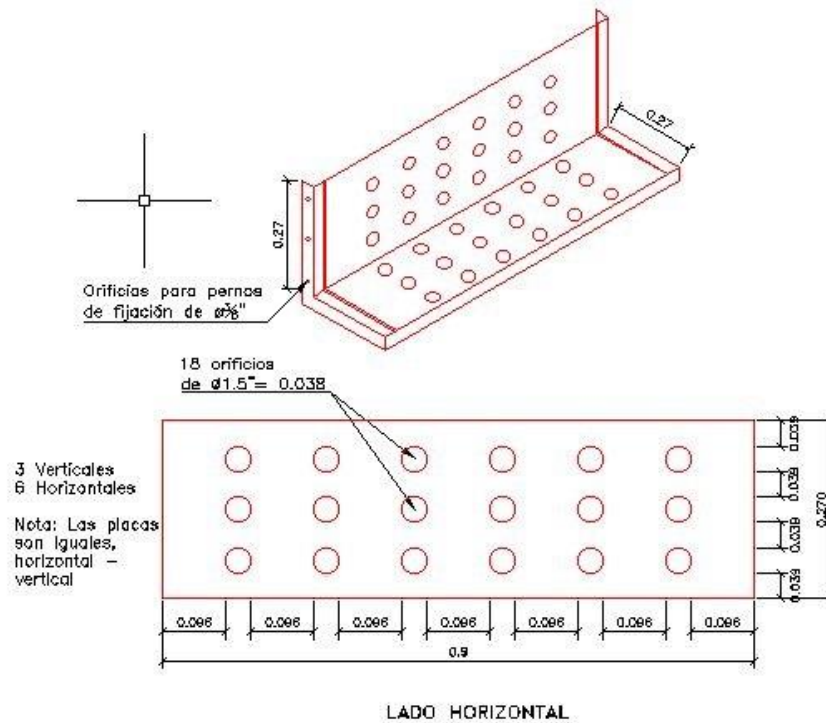
Tabla 33. Dimensionamiento de la Pantalla distribuidora de flujo de la zona de entrada del desarenador.

Parámetros	Valor	Unidades
Diámetro del orificio; $D_o$	1,500	pulg
	0,038	m
Número de orificios; $N_o$	36,000	
Caudal por cada orificio; $q_o$	0,102	L/s
Área de cada orificio; $A_o$	0,001	m <sup>2</sup>
Velocidad de cada orificio; $V_o$	0,089	m/s
<b>Chequeo: <math>V_o</math> debe ser <math>&lt; 0.1</math> m/s</b>	<b>OK</b>	
Dimensiones de la pantalla distribuidora de flujo		
Parámetros	Valor	Unidades
Distribución orificios en la pared vertical	18(6x3)	
Número de orificios verticales	3	
Numero de espacios verticales	4	
Número de orificios horizontales	6	
Numero de espacio horizontales	7	
Distribución orificios en el fondo	18(6x3)	

Parámetros	Valor	Unidades
Número de orificios verticales	3,000	
Numero de espacios verticales	4,000	
Número de orificios horizontales	6,000	
Numero de espacio horizontales	7,000	

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

**Figura 12. Pantallas distribuidoras de flujo de la zona de entrada del desarenador.**





**DETALLE #7**  
**PANTALLA DISTRIBUIDORA DE FLUJO**  
 SIN ESCALA

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

### 9.5.2 Zona de sedimentación.

La zona de sedimentación cuenta con una longitud de 2.8 m y un ancho de 0.9 m; la profundidad útil de la zona es de 1.4 m. Para el sistema se tiene una velocidad de sedimentación promedio de 0.608 cm/s, velocidad horizontal de 0.046 m/s y

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

velocidad de arrastre de 0.139 m/s, las cuales cumplen con la normatividad como se mencionó anteriormente.

En la Tabla 34 se consignan los datos de dimensionamiento de la zona de sedimentación del desarenador y su relación entre la longitud útil y la profundidad efectiva e sedimentación y como esta cumple con el chequeo de encontrarse entre un rango de 5 y 9 con un valor de 5.091.

**Tabla 34. Dimensionamiento de la zona de sedimentación del desarenador y chequeo de la relación longitud útil/Profundidad efectiva.**



Parámetros	Valor	Unidades
Área transversal; At	0,079	m <sup>2</sup>
Relació L/b = 4	4,000	
Ancho del sedimentador; B	0,900	m
Profundidad zona sed; H	0,087	m
Profundidad zona sed (H) utilizada	0,550	m
Borde libre; BL	0,200	m
Área superficial; As	0,512	m
Longitud zona sedimentación; L	0,569	m
Longitud zona sed utilizada; L	2,800	m
Volumen zona sedimentación; V <sub>sed</sub>	1,386	m <sup>3</sup>
Ancho de los muros; Am	0,200	m
Chequeo		
Relación L/H entre 5 y 9	5,091	OK

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA**

Los lodos del desarenador, son recolectados y evacuado mediante un canal de 0.20 m de alto por 0.20 m de ancho, instalado en medio de la zona de sedimentación. Se proyecta la instalación de una compuerta deslizante, que permita la evacuación de los lodos, a la tubería de desagüe se conectará la tubería de rebose para facilitar su manejo y vertimiento a la fuente.

### 9.5.3 Zona de salida.

En la zona de salida se ubica un vertedero invertido de 0.90 m de ancho y 0.138 m de alto, está ubicado de forma horizontal a 0.031 m del borde final del desarenador. Posteriormente el agua será transportada a la planta de potabilización por una

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

tubería de PVC-S de 3” de diámetro. En esta zona de salida se encuentra una caja con una válvula, esta da el cierre al paso del agua del desarenador a la planta de potabilización.

En la Tabla 35 se muestra el dimensionamiento general de la estructura de desarenado, además de su volumen total, su volumen útil y el tiempo de detención hidráulica que tiene el agua en la estructura, en el cual se da el fenómeno de sedimentación. Cabe mencionar que este tiempo de detención se determinó a través de la altura promedio del desarenador ubicada entre la lámina de agua y la altura media de la tolva de lodos, debido a que el terreno donde se proyecta la ubicación del desarenador es bastante rocoso lo que dificulta su enterramiento, por ende, no se puede tomar una profundidad útil mayor, a raíz de todo lo anterior el tiempo de detención es de 20.48 min valor que cumple con lo determinado en la Resolución 0330 de 2017.

**Tabla 35. Dimensionamiento de la estructura de desarenado.**

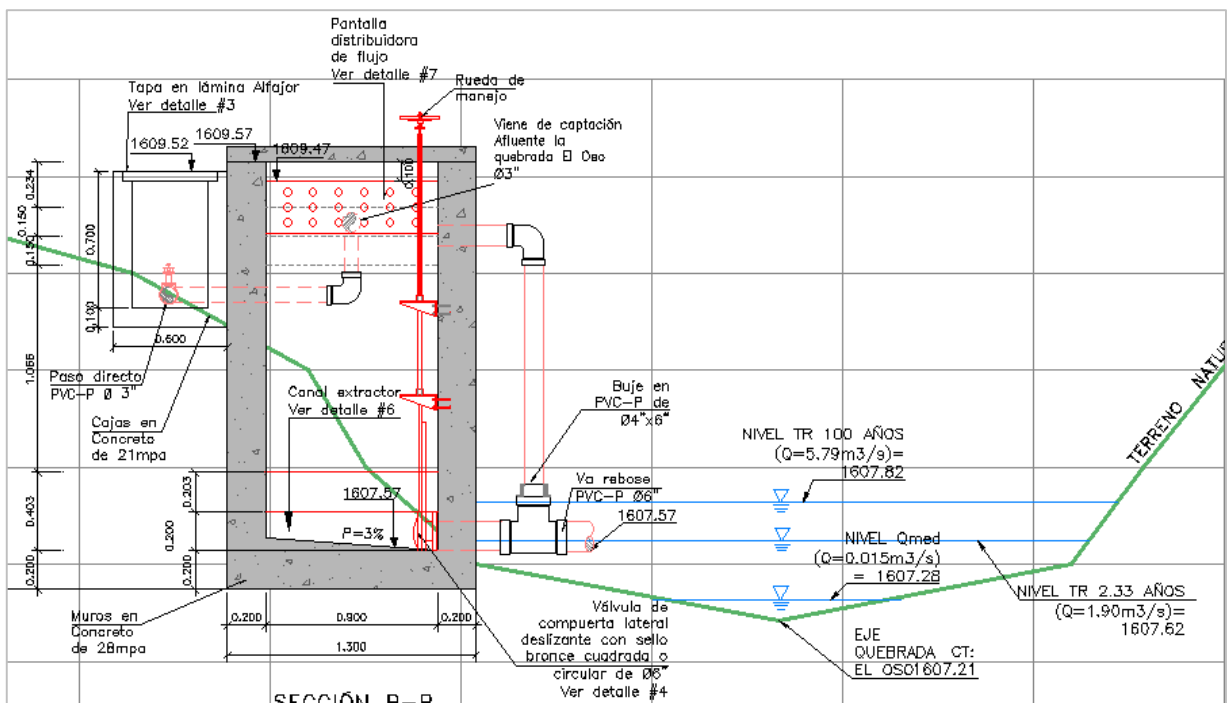
Dimensiones adoptadas		
Parámetros	Valor	Unidades
Borde libre	0,200	m
Zona de sedimentación ; H	0,550	m
h lodos	0,850	m
Altura total desarenador; Ht	2,003	m
Longitud zona de sedimentación; Ls	2,800	m
Ancho desarenador; A	0,900	m
L canal entrada	0,270	m
Ancho canaleta de salida	0,229	m
Distancia e	0,031	m
Longitud total; Lt	3,329	m
Volumen total; Vt	5,401	m <sup>3</sup>
Volumen profundidad útil; Vpu	4,498	m <sup>3</sup>
Tiempo de detención; td	1229,053	seg
	20,484	min
Td > 20 min; RAS/2000.	<b>OK</b>	

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

En la Figura 13 se muestra la estructura de desarenado emplazada en el terreno como se proyecta en su construcción, en el perfil se logran evidenciar diferentes niveles del agua en el cauce de la quebrada, el primero de ellos y de mayor altura es el nivel de agua alcanzado con un tiempo de retorno (Tr) de 100 años lo que proporciona una lámina de agua que logra sobrepasar la tubería de rebose y vaciado de lodos del desarenador en una altura de 1607.82 m.s.n.m. La segunda

lámina hace referencia a un tiempo de retorno (Tr) de 2.33 años que alcanza una altura de 1607.28 m.s.n.m logrando llegar aproximadamente a la altura del centro de la tubería de rebose y desagüe y finalmente se encuentra la lámina de agua del caudal medio (Qmed), caudal que normalmente se presenta en la fuente y cuya lámina de agua alcanza una altura de 1607.28 m.s.n.m la cual no logra tener la altura suficiente para tocar la tubería de desagüe y rebose. Por ende, se puede concluir que el desarenador podrá descargar sus aguas de rebose y desagüe por gravedad sin alterar el proceso de sedimentación de las partículas a remover.



**Figura 13. Estructura de desarenado emplazada en el terreno.**



**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

## 9.6 Planta de tratamiento de agua potable

Dado que las veredas Plan de la Rosa, Guadua y El Barcino no cuentan con una Planta de Potabilización de Agua y acorde con el análisis de alternativas, se propone la construcción de una PTAP en Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV), el uso de este material para la fabricación de plantas de tratamiento tiene muchas ventajas como lo son: estabilidad, alta resistencia mecánica, bajo peso, alta resistencia química, perdurabilidad y fácil mantenimiento. Esta estará ubicada en una cota aproximada de 1586.00 m.s.n.m, en las coordenadas Norte: 1264643.763 m y Este: 866411.373 m.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Para el cálculo de las dimensiones adoptadas en el diseño de la PTAP proyectada, se utilizaron datos de población y caudales descritos en capítulos anteriores. Además, cabe aclarar que la PTAP tendrá un tiempo de operación de 24 h, para asegurar la continuidad en el servicio, por lo que el caudal de diseño es de 3.66 L/s.

El sistema de tratamiento plantado está compuesto por las siguientes unidades: una unidad de floculación de manto de lodos, seguido de cuatro unidades de Filtración de flujo descendente, en las cuales son eliminadas las partículas más pequeñas que aportan turbiedad y color, que logran pasar a través del floculador de manto de lodos. Finalmente, el agua filtrada pasa por el tanque de contacto de cloro donde se lleva a cabo el proceso de desinfección. Además, para el tratamiento de los lodos, la PTAP cuenta con sistema de dos tanques espesadores de lodos y lechos de secado para lograr la deshidratación de los lodos generados en el sistema.

A continuación, se realiza una descripción detallada de cada una de las unidades que conforman el Tren de Tratamiento proyectado y sus memorias hidráulicas de diseño se encuentran en la carpeta 20 Estudios y Diseños- Diseño-Diseño PTAP-Memo\_dis\_hidraulico\_PTAP.

– **Dosificación del coagulante.**

La determinación de la dosis de químico a suministrar depende en gran medida de la necesidad del ensayo y la calidad de agua cruda en el momento. La dosificación del coagulante se realizará mediante una bomba dosificadora de diafragma de 0.1 HP, cuya succión tomará el producto de un tanque prefabricado de 250 L y lo llevará hasta la tubería de mezcla a la entrada del floculador.

A continuación, en la Tabla 36, se presenta el cálculo del caudal de dosificación para el coagulante en la PTAP proyectada:



**Tabla 36. Parámetros de partida para el cálculo de dosificación de Coagulante.**

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal de diseño (Qs)	l/s	3.66
	m <sup>3</sup> /día	316.224
Concentración de solución (Cd)	%	124
	mg/l	100.000
Concentración deseada (Cs)	mg/l	50

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

A partir de los datos consignados en la Tabla 36 y mediante la Ecuación 13, se realizan los cálculos que se muestran a continuación:



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

$$Q_d = \frac{Q_s * C_s}{C_d} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$Q_d = \frac{3.66 \text{ l/s} * 50 \text{ mg/l}}{100000 \text{ mg/l}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} = 6.58 \text{ L/hora}$$

El caudal de dosificación de coagulante es de 6.58 L/h.

#### – Chequeo de gradiente de mezcla y velocidad en la tubería

Para la dosificación de químicos se proyecta que esta se realice en tubería, con el fin de que se pueda aprovechar la velocidad que se presenta en ella, para generar la mezcla rápida y así favorecer la acción y eficacia de los productos químicos.

Los datos de partida para el chequeo del gradiente de velocidad y la velocidad del fluido en tubería se presentan a continuación en la Tabla 37.

**Tabla 37. Datos de partida, chequeo de gradiente hidráulico**

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal de entrada (Q)	m3/s	0.0036
Diámetro tubería (Ø)	Pulgadas	4
Diámetro tubería (Ø)	M	0.101
Área transversal tubería (At)	m2	0.0081
Viscosidad absoluta o Dinámica a 20°C (γ)	Kgf.s/m2	998.2
Peso específico del agua (β)	Kgf /m3	1.002 x 10-4
Número de Manning (n)		0.009

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

Para el chequeo de la velocidad en la tubería se implementó la norma NTC 1500 y Pérez 2000, los cuales determinan que la velocidad del fluido en la tubería debe estar entre 0.5 y 2.0 m/s para tuberías de diámetro inferiores a 3”, y para tuberías con diámetro mayor a 3” la velocidad máxima en tubería será 2.5 m/s. Como la tubería de ingreso a la PTAP es de 4”, la velocidad debe ser menor a 2.5 m/s, este



chequeo se realiza a continuación mediante la  $V_t = \frac{Q}{A_t}$  Ecuación 14.

$$V_t = \frac{Q}{A_t} \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde;

**Q**= caudal de diseño m<sup>3</sup>/s

**V<sub>t</sub>**= velocidad en la tubería

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

$A_t$  = área de la tubería

$$V_t = (0,00366 \text{ m}^3/\text{s}) / (0,00202 \text{ m}^2)$$

$$V_t = 1.81 \text{ m/s}$$

Como **1.81 m/s** < 2.5 m/s, entonces cumple

Para el chequeo del gradiente hidráulico en la tubería de entrada, es decir, para mezclas en línea la literatura recomienda que el gradiente hidráulico de mezcla en la tubería este entre 300 y 1000 s<sup>-1</sup>, con ayuda de la ecuación 15 se determinará el gradiente hidráulico.

$$G = n \sqrt{\frac{\gamma}{\beta}} \left[ \left( \frac{D}{4} \right)^{-0.67} * V_t^{0.25} \right] \quad \text{Ecuación 15}$$

**Dónde;**

**G:** Gradiente hidráulico (s-1)

**n:** número de maning

**γ:** Viscosidad Absoluta a 20°C

**β:** Peso específico del agua

**D:** Diámetro de la tubería

**V<sub>t</sub>:** velocidad en la tubería



$$G = 0,009 \sqrt{\frac{998,2 \text{ kgf} \cdot \text{s}/\text{m}^2}{1,002 \times 10^{-4} \text{ kgf}/\text{m}^3}} \left[ \left( \frac{0,0508 \text{ m}}{4} \right)^{-0.67} * (1.81 \text{ m/s})^{0.25} \right]$$

$$\mathbf{G=652.78 \text{ s}^{-1}}$$

Como 300s<sup>-1</sup> < **614.17 s<sup>-1</sup>** < 1000s<sup>-1</sup>, entonces cumple.

#### – Dimensionamiento de la batería de flocladores de manto de lodos

De acuerdo con lo mencionado en la Tabla 38 del artículo 113, cap. 3, Sección 2 de la Resolución 0330 de 2017, se recomienda como parámetro de diseño para Flocladores de manto de lodos, una carga superficial entre 30 y 120 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> día, respetando los lineamientos establecidos por la resolución se adopta una tasa de 40 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> día.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

Es importante tener en cuenta que el proceso de sedimentación se realiza en esta misma unidad con el uso de un panel sedimentador de alta tasa ubicado por encima del cono de mezcla.

A continuación, en la Tabla 38 se presentan los parámetros básicos para el cálculo de las dimensiones de las unidades de floculación de mando de lodos.

**Tabla 38. Parámetros de partida para cálculo de diámetro de unidades de floculación de manto de lodos**

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal de diseño (Qs)	l/s	3.66
	m <sup>3</sup> /día	316.224
Tasa adoptada (T)	m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> día	40
Número de unidades (N)	Unidad	1
Tiempo de mezcla en el floculador 1	min	30
Área Transversal de la tubería (At)	m <sup>2</sup>	0.00810
Gravedad	m/ s <sup>2</sup>	9.8
Número de Manning Tubería PVC	-	0.009
Viscosidad cinemática del agua a 20°C	m <sup>2</sup> / s	1.02*10 <sup>-6</sup>
Gradiente	S-1	29.85



**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

Por fines constructivos se propone 1 unidad de floculación-sedimentación de manto de lodos de 2.80 m de diámetro.

Según la AWWA 8(American Water Asociation) el gradiente para un floculador debe estar en un rango entre 5 y 100s<sup>-1</sup> , por tanto, como Cumple 5 s<sup>(-1)</sup><29.85 s<sup>(-1)</sup><100 s<sup>-1</sup>

#### – Dimensionamiento de la batería de filtros descendentes

Las partículas que no fueron eliminadas en los floculadores de manto de lodos entrarán a la batería de filtros descendentes donde quedarán retenidas. Para el dimensionamiento de las unidades de filtración descendente se tiene en cuenta las características de la filtración convencional mencionada en la Tabla 41, Artículo 114 del Capítulo 3 de la Resolución 0330 de 2017 y los parámetros presentados en la Tabla 39.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Tabla 39. Parámetros de partida para cálculo de diámetro de unidades de filtración descendente.**

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal de diseño (Qs)	l/s	3.66
	m <sup>3</sup> /día	316.224
Tasa adoptada (T)	m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> día	180
Número de unidades (N)	Unidad	4
Altura de la unidad	m	3.6

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

Las unidades de filtración, tendrán un diámetro de **0.75m**, el cual se halla con base en los parámetros presentados en la Tabla 39. El detalle de las memorias de cálculo de la batería de filtros, incluyendo la pérdida de carga de la unidad de filtración, la determinación de la pérdida de carga en el lecho filtrante y el cálculo de la expansión del lecho se encuentran en la carpeta 20 Estudios y Diseños- Diseño-Diseño PTAP-Memo\_dis\_hidraulico\_PTAP.

#### – Dimensionamiento del tanque de retrolavado de filtros.

La batería de filtración por su operación constante requiere de un lavado frecuente o llamado también retrolavado, el cual consisten en introducir al filtro un caudal superior al que normalmente opera la unidad, con el fin de expandir el lecho y remover coloides de los intersticios del lecho. En el caso del Proyecto PTAP Amalfi, los filtros serán autolavantes, se procede a calcular el caudal de agua mínimo que se requiere para realizar el retrolavado de un filtro.

Para hallar el caudal requerido para el lavado de un filtro se debe asumir de acuerdo con lo mencionado por la Res. 0330 de 2017, una tasa entre los valores de 860-1300m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día.

**Tabla 40. Parámetros de partida para cálculo del caudal de retrolavado.**

Parámetro	Unidad	Valor
Diámetro de filtro	m	0.75
Área del filtro	m <sup>2</sup>	0.44
Tasa de retrolavado	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día	860

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

A partir de los datos consignados en la Tabla 40 se determina que el caudal de retrolavado es de 262.77 L/min, además asumiendo un tiempo de retrolavado de 15 minutos se obtiene que el volumen requerido para que el retrolavado de un filtro

garantice un tiempo de contacto ideal para la desinfección es de 3941.66 L/filtro, por ende, se propone un tanque de 10 m<sup>3</sup>.

– **Desinfección y dimensionamiento tanque de contacto de cloro**

El proceso de desinfección se realiza mediante la aplicación de **hipoclorito de sodio** en la línea de flujo a la salida de la batería de filtración, donde pasa a un tanque que debe garantizar un tiempo mínimo de contacto de 20 minutos de acuerdo con lo que menciona el parágrafo 2 del artículo 121, Capítulo 3 de la Res. 0330 de 2017.



El éxito del proceso de desinfección radica en que el agua cuando termine su proceso de filtración y vaya al tanque de almacenamiento, permanezca con una concentración mínima de 2 ppm de cloro residual. Para el diseño de este proceso, se usa el método recomendado por la Res. 0330 de 2017, el cual consiste en método concentración-tiempo.

Este método parte del principio de que la concentración “C” de desinfectante aplicado (cloro libre) multiplicada por el tiempo de detención “t” desde que se aplica dicha dosis hasta que se consume el agua, es igual a una constante “k”, o sea que Ct=K. Los valores de esa constante K están dados en las tablas N°13 y N°14 del artículo 121 de la resolución 0330 de 2017, las tablas se seleccionan teniendo en cuenta si en los procesos previos a la desinfección se ha removido del 90 al 95% de los coliformes totales y si la turbiedad del agua se encuentra en un rango entre 1-2 UNT 0 < 1 UNT. Para este caso, utilizaremos la Tabla 41 que muestra una condición menos favorable, de forma tal que se brinde seguridad en este proceso.

**Tabla 41. Valores de Ct = K.**

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

Fuente: (Tabla N° 14, Artículo 121, Res. 0330 de 2017)

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

El tanque de contacto seleccionado a partir de las consideraciones anteriores, para el contacto del agua con el agente desinfectante es de 6588 Litros, el cual asegura un tiempo de contacto de 30 minutos.

– **Dimensionamiento del Tanque Espesador de lodos**

El agua de los retrolavados de los filtros y los lodos provenientes de los floculadores Sedimentadores de manto de lodos, son depositados en una unidad denominada tanque espesador de lodos, en donde se pretende por medio de un proceso fisicoquímico, disminuir el volumen de agua presente en estos. Para poder determinar el volumen del tanque espesador de lodos es necesario determinar el caudal total de los lodos húmedos generados en todo el sistema. Asumiendo que diariamente se realiza el proceso de retrolavado, se tiene un valor de caudal de lodos proveniente del retrolavado de 3940.05 L que es igual a 4.0 m<sup>3</sup>.

Para una correcta operación de la tecnología de sedimentación de manto de lodos, la altura de los FSML debe estar entre 1- 1,5 metros, conociendo que el diámetro de dicho tanque equivale a 2,4 m, el volumen de lodos que se genera por día en un FSML 13.23 m<sup>3</sup>/día.

Por fines constructivos se proponen, dos espesadores de lodos de 8 m<sup>3</sup> cada uno, de modo de que se pueda realizar la preparación y disposición de los lodos luego del retrolavado de cada una de las unidades de filtración

– **Dimensionamiento de las unidades de Lechos de Secado**

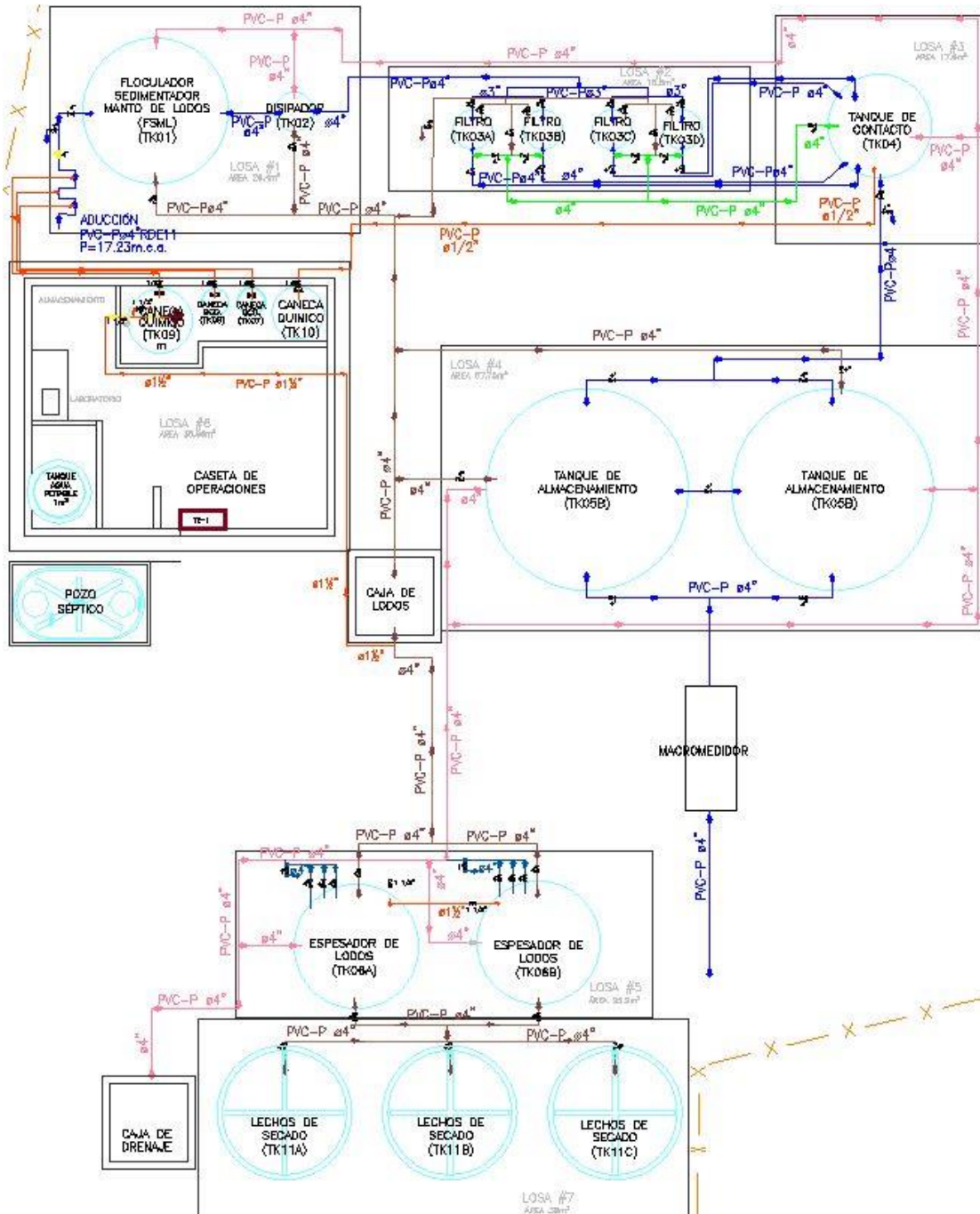
Los lodos provenientes del tanque espesador cuyo volumen de agua ha sido disminuido, son posteriormente dirigidos a las unidades de lechos de secado, en estas unidades se finaliza el tratamiento de los lodos generados en el sistema por medio de un proceso de deshidratación natural estrechamente relacionado con las condiciones atmosféricas del sector como son el sol, viento y la temperatura.

Se plantean 3 lechos de secado de diámetro Ø: 2.40m y 0.70m de profundidad para un área por unidad de 4,5m<sup>2</sup>, y un área total de 13.5m<sup>2</sup>.



El diseño de la planta de potabilización anteriormente descrito, se proyecta como se muestra en la Figura 14.



**Figura 14. Vista en planta de la PTAP del sistema de acueducto multiveredal El Barcino para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia.**



Fuente: Elaboración propia Formulación PAP-PDA

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

## 9.7 Tanque de almacenamiento



Se proyecta dos tanques de almacenamiento en Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV) circulares, ubicados al interior de la PTAP en la cota 1589.22 m.s.n.m. y coordenadas Norte= 1264652.44 y Este= 866418.33 m; su capacidad de almacenamiento es de 55 m<sup>3</sup> cada uno.

Sus dimensiones son 4.65 m de alto y 3.90 m de diámetro, contarán con una válvula flotadora que regula el estado de los tanques cuando éstos se encuentren llenos, sellando el paso del agua de la PTAP al tanque. Cada uno de los tanques contará con un respiradero en PVC-P de Ø3", un acceso al tanque, una escalera tipo araña, un borde libre de 30 cm y en el fondo del tanque se considera una pendiente del 3%. Adicionalmente cuenta con un rebose y un desagüe que se unen a la misma tubería y se controla mediante una válvula, el proceso de dimensionamiento se encuentra consignado en la Tabla 42.

De ambos tanques se realiza la distribución en 1" en PVC-P a la caseta de operaciones. De los tanques de almacenamiento parte la tubería de distribución en material PEAD en diámetro de 4" (110 mm).

**Tabla 42. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.**

<b>DISEÑO TANQUE DE ALMACENAMIENTO; RAS/2000</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
QMD	3,660	L/s
QMD; caudal de diseño	0,004	m <sup>3</sup> /s
Volumen diario distribuido (por día)	316,224	m <sup>3</sup>
Porcentaje de almacenamiento en tanque	33,333	%
Volumen de total requerido	105,408	m <sup>3</sup>
Diámetro	3,900	m
Borde Libre	0,300	m
Profundidad útil	4,000	m
H de lodos	0,300	m
Pendiente de fondo	3,000	%
Caída	0,059	m
H total	4,659	m
Volumen Total	55,650	m <sup>3</sup>
Volumen Total para los dos tanques	111,300	m <sup>3</sup>
Área de la sección circular del tanque de almacenamiento	11,946	m <sup>2</sup>
Diámetro nominal tubería de salida, PVC-P	110,000	mm

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

<b>DISEÑO TANQUE DE ALMACENAMIENTO; RAS/2000</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Diámetro interno tubería de salida, PVC-P	103,420	mm
Diámetro interno tubería de salida, PVC-P	0,103	m
Área del diámetro de salida	0,008	m <sup>2</sup>
Coeficiente de distribución o de descarga	0,800	
Aceleración de la gravedad	9,810	m/s <sup>2</sup>
Tiempo de vaciado	0,470	h
Tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento	28,200	min

**Fuente: Elaboración propia Formulación PAP-PDA**

El tiempo de vaciado del tanque de almacenamiento es de 28.2 min como se muestra en la Tabla 42.



## 9.8 Redes de distribución

- El sistema de redes permitirá la distribución del caudal requerido por la población actual (990 habitantes) y futura (1405 habitantes), y garantizará presiones óptimas en todos los puntos de la red.
- La red de distribución fue concebida para una cobertura del 100% para toda el área del perímetro sanitario de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino.
- Los diseños establecen los accesorios requeridos para la operación del sistema de distribución de agua potable.
- Las redes fueron simuladas mediante el software EPANET con el fin de evaluar si los diámetros de las mismas garantizaban las presiones y caudales requeridos en cualquier punto del sistema de distribución.

### • Parámetros de diseño

Para la ejecución del diseño de las redes de distribución se tuvieron en cuenta los aspectos de población y demanda del sistema, presentes y futuras, además, las condiciones actuales del sistema que se presentaron en el capítulo de diagnóstico del actual documento.

Teniendo en cuenta que los diseños de la red de distribución fueron realizados para el final de un periodo de diseño que es de 25 años, se presenta a continuación en la Tabla 43 los parámetros de diseño.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

**Tabla 43. Parámetros de diseño de las redes de distribución.**

DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM	VALOR
Población total (habitantes)	1405
Dotación Neta (L/hab-día)	130
Porcentaje de pérdidas (%)	25
Dotación Bruta (L/hab-día)	173.33
Factor de Consumo Máximo Diario (K1)	1.3
Factor de Consumo Máximo Horario (K2)	1.6
Cobertura del sistema (%)	100
Caudal máximo diario (QMD)	3.66
Caudal máximo horario (QMH)	5.86
Cobertura de Micromedición (%)	100
Material de las redes proyectadas	PEAD
Presiones del servicio (Artículos 61 y 62 de la Sección 3 de la Resolución 0330 de 2017)	10-60 m.c.a.
Diámetro mínimo red principal (Artículo 63 de la Sección 3 de la Resolución 0330 de 2017)	50mm

**Fuente: Elaboración propia con datos de la Resolución 0330 de 2017; PAP-PDA.**

- **Diseño red de distribución**

El diseño de redes comprende la instalación de 18299 m de tubería PEAD PE 100 de PN 16 RDE 11 y PN 10 RDE 17, en diámetros que varían desde los 110 mm hasta los 32 mm, la tubería seleccionada permite manejar en la red presiones hasta de 101.98 m.c.a en PN10 y 163.17 m.c.a. en PN 16.

De esta longitud de tubería 776 m de tubería tienen un diámetro de 110 mm, 449 m de tubería de 90 mm, 91 m con un diámetro de 63 mm, 201 m de longitud en diámetro de 50 mm y 2682 m de longitud en diámetro de 32 mm en material PEAD PN 16, además 6359 m de tubería 110 mm, 3427 m de tubería de 90 mm, 2359 m con un diámetro de 63 mm y 1955 m de longitud en diámetro de 50 mm en material PEAD PN 10 para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino.

- **Simulación hidráulica**

Para la simulación de la red de distribución se realizaron varias actividades y procesos, implementación de los recursos topográficos, para ubicación geoespacial de la red y sus elementos, además se realizó la distribución de las demandas futuras del sistema sobre cada nodo en base al número de habitantes y viviendas de cada una de las veredas, con base en los datos de población recolectados por la oficina municipal del SISBEN. Por otro lado, se determinó la curva de consumo a

implementar en la simulación y finalmente se ejecutó la simulación en el software de simulación EPANET 2.0 en español. El programa dispone de un módulo de análisis hidráulico que permite simular el comportamiento dinámico de la red existente.

- **Caudal implementado en la simulación**

El caudal que simula las redes de distribución corresponde al caudal máximo horario (QMH) que es de (5.86 L/s) para el periodo de diseño de 25 años, obtenido de los cálculos realizados con la dotación bruta de 173.33 L/hab\*día y una población de 1405 habitantes. De igual manera, se utilizó la curva de demanda que se presenta a continuación en la Figura 15.

**Figura 15. Curva de demanda Horaria.**





**Fuente: Insumos del PMAA del municipio de Campamento (2013).**

Debido a que no fue posible realizar una curva de demanda horaria para la simulación hidráulica de del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, porque actualmente no se cuenta con macromedición ni micromedición, se adoptó una curva de una comunidad con características de clima, población y costumbres semejantes a las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino (ver Figura 15), esta curva fue obtenida con base a los registros de consumos de un municipio antioqueño, con dinámicas poblacionales como la agricultura similares a las de la zona de estudio.

Con la curva de demanda se pretende simular un escenario donde los consumos de la población son variables en el día, según esto la hora de mayor consumo son las 5 a.m., donde las redes alcanzan a transportar el Caudal Máximo Horario (QMH) y la hora de menor consumo a las 10 p.m.

La simulación hidráulica de las redes de distribución se presenta en la carpeta 20 Estudio y diseños-Diseño Simulacion\_Red\_Distribucion\_Final-Mod\_hidraulica\_dis\_acu.



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

- **Presiones en la red de distribución**

Según la Resolución 0330 de 2017 en su sección 3 artículo 61, las presiones mínimas en la red de distribución deben ser de 10 m.c.a para sistemas con poblaciones de diseño hasta 12500 habitantes y las presiones máximas de distribución no deben sobrepasar los 60 m.c.a. Es importante mencionar que para las redes de distribución se debe considerar como presión mínima dinámica la que corresponde a la presión generada cuando circula el caudal de diseño (QMH<sub>2043</sub> de 5.86 L/s). Con base en esto y en los valores resultantes de la simulación de la red de acueducto, se identifican tres rangos de presión en la red de acueducto, presiones menores de 10 m.c.a, presiones entre 10 y 60 m.c.a y presiones mayores de 60 m.c.a.

Se registran presiones dinámicas menores de 10 m.c.a al inicio de la red, es decir, a la salida del tanque de almacenamiento y en los puntos más altos de la misma y presiones mayores de 60 m.c.a en algunos puntos a lo largo de la red y en los puntos más bajos de la misma. Los valores más altos de la red oscilan entre los 61 m.c.a y los 152.72 m.c.a, cabe aclarar que, aunque estos valores no cumplan con lo establecido en la norma, son óptimos para que la red funcione, ya que la topografía de la zona de estudio es bastante irregular presentando altos y caídas de golpe con frecuencia, lo que ocasiona altas pérdidas en red, desabastecimientos de viviendas ubicadas en los puntos más altos, acumulación de sedimentos en los puntos de baja presión, entre otras situaciones que disminuirían la vida útil de la red misma, en consecuencia se proyecta la instalación en algunos tramos de la red tubería en material PEAD PE 100 PN 16 RDE 11 que permite soportar presiones hasta de 163.17 m.c.a, los parámetros como el caudal, la presión, el diámetro y la pérdida unitaria hallados en la simulación para cada una de las tuberías de la red de distribución se hallan consignados en la Tabla 44 para la hora de máximo consumo (5:00 am). Las tuberías se encuentran enterradas a 1 m de profundidad en las líneas que están proyectadas por vía con el objetivo de proteger dicha tubería del paso de los vehículos de carga pesada y la tubería ubicada por zonas de potreros tiene una profundidad de 0.8 m.

**Tabla 44. Parámetros de la red de distribución obtenidos en la simulación.**

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
Aducción	Captación	Tanque	1589,22	1589,22	1590,28	1,06	3,63	33,00	496,03



Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-1	Tanque	N1-VP1	1574,22	1573,22	1590,05	15,79	5,99	96,80	6,63
T-2	N1-VP1	N2	1576,62	1575,62	1589,51	12,86	5,99	96,80	6,62
T-3	N2	N3	1580,74	1579,74	1588,63	7,87	5,99	96,80	6,62
T-4	N3	N4	1578,84	1577,84	1587,84	8,98	5,99	96,80	6,63
T-5	N4	N5	1573,86	1572,86	1586,96	13,08	5,99	96,80	6,62
T-6	N5	N6	1577,17	1576,17	1586,13	8,94	5,99	96,80	6,62
T-7	N6	N7-VV1	1581,50	1580,50	1585,23	3,72	5,99	96,80	6,62
T-8	N7-VV1	N8	1575,96	1574,96	1584,68	8,71	5,99	96,80	6,62
T-9	N8	N9	1573,48	1572,48	1583,93	10,43	5,99	96,80	6,62
T-10	N9	N10	1564,82	1563,82	1583,21	18,35	5,99	96,80	6,62
T-11	N10	N11	1561,44	1560,44	1582,85	21,36	5,99	96,80	6,63
T-12	N11	N12	1558,09	1557,09	1582,49	24,35	5,99	96,80	6,62
T-13	N12	N13	1552,27	1551,27	1581,80	29,47	5,99	96,80	6,62
T-14	N13	N14	1546,03	1545,03	1581,16	35,06	5,99	96,80	6,63
T-15	N14	N15	1541,80	1540,80	1580,54	38,66	5,99	96,80	6,62
T-16	N15	N16	1538,15	1537,15	1580,01	41,78	5,99	96,80	6,62
T-17	N16	N17	1532,20	1531,20	1579,59	47,30	5,99	96,80	6,63
T-18	N17	N18	1528,55	1527,55	1579,17	50,52	5,99	96,80	6,62
T-19	N18	N19	1525,30	1524,30	1578,64	53,24	5,99	96,80	6,62
T-20	N19	N20	1518,90	1517,90	1577,98	58,96	5,99	96,80	6,62
T-21	N20	TQ1	1516,59	1515,59	1517,59	1,00	5,99	96,80	6,62
T-22	TQ1	N21	1513,24	1512,24	1517,12	3,88	5,99	96,80	6,62
T-23	N21	N22	1505,55	1504,55	1516,38	10,81	5,99	96,80	6,62
T-24	N22	N23	1504,75	1503,75	1516,30	11,53	5,93	96,80	6,51

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-25	N23	N24	1500,94	1499,94	1515,95	14,98	5,91	96,80	6,45
T-26	N24	N25	1499,85	1498,85	1515,88	15,99	5,88	96,80	6,42
T-27	N25	N26	1497,24	1496,24	1515,59	18,31	5,86	96,80	6,37
T-28	N26	N27	1485,60	1484,60	1515,57	29,91	0,04	26,00	0,41
T-29	N26	N28	1493,30	1492,30	1515,33	21,99	5,82	96,80	6,29
T-30	N28	N29	1491,59	1490,59	1515,16	23,52	5,82	96,80	6,29
T-31	N29	N30	1498,48	1497,48	1514,97	16,46	5,80	96,80	6,25
T-32	N30	N31	1483,41	1482,41	1514,59	31,11	5,80	96,80	6,24
T-33	N31	N32	1480,20	1479,20	1514,37	34,10	5,78	96,80	6,20
T-34	N32	N33	1479,75	1478,75	1514,30	34,48	5,76	96,80	6,17
T-34A	N33	N34	1478,47	1477,47	1514,22	35,68	5,74	96,80	6,12
T-34B	N34	N35	1477,35	1476,35	1514,16	36,73	5,72	96,80	6,08
T-34C	N35	N36	1474,88	1473,88	1513,93	38,97	5,69	96,80	6,04
T-35	N36	N37	1471,71	1470,71	1513,73	41,93	5,69	96,80	6,04
T-35A	N37	N38	1471,44	1470,44	1513,71	42,18	5,67	96,80	5,96
T-35B	N38	N39	1469,19	1468,19	1513,47	44,19	5,65	96,80	5,95
T-35C	N39	N40-VV2	1470,14	1469,14	1513,05	42,82	5,63	96,80	5,91
T-36	N40-VV2	N41	1467,23	1466,23	1512,77	45,45	5,57	96,80	5,79
T-36A	N41	N42	1466,73	1465,73	1512,72	45,90	5,55	96,80	5,75
T-36B	N42	N43	1467,74	1466,74	1512,71	44,87	0,15	44,00	0,32
T-37	N43	N44	1469,34	1468,34	1512,70	43,28	0,09	44,00	0,12
T-37A	N44	N45-VV7	1470,00	1469,00	1512,70	42,62	0,06	44,00	0,07
T-37B	N45-VV7	N46	1454,80	1453,80	1512,70	57,78	0,04	44,00	0,03
T-37C	N46	N47	1456,02	1455,02	1512,70	56,56	0,02	26,00	0,12



Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-38	N47	N48	1458,37	1457,37	1512,70	54,22	0,02	26,00	0,11
T-38A	N48	N49	1457,38	1456,38	1512,70	55,21	0,02	26,00	0,14
T-39	N49	N50	1451,41	1450,41	1512,69	61,16	0,02	26,00	0,11
T-40	N50	N51	1449,73	1448,73	1512,69	62,84	0,00	26,00	0,00
T-41	N42	N52	1457,29	1456,29	1512,22	54,82	5,40	96,80	5,48
T-42	N52	N53	1447,35	1446,35	1511,73	64,25	5,40	96,80	5,48
T-43	N53	TQ2	1443,15	1442,15	1444,15	1,00	5,30	96,80	5,28
T-44	TQ2	N54	1432,20	1431,20	1443,56	11,34	5,30	96,80	5,28
T-45	N54	N55	1429,59	1428,59	1443,41	13,79	5,28	96,80	5,25
T-46	N55	N56	1428,22	1427,22	1443,33	15,08	5,26	96,80	5,20
T-47	N56	N57	1427,91	1426,91	1443,07	15,13	0,37	26,00	23,36
T-48	N57	N58	1424,76	1423,76	1442,60	17,81	0,35	26,00	20,98
T-49	N58	N59	1424,89	1423,89	1442,33	17,40	0,33	26,00	18,71
T-50	N56	N60	1419,15	1418,15	1442,96	23,77	4,88	96,80	4,54
T-51	N60	N61	1416,27	1415,27	1442,76	26,44	4,78	96,80	4,37
T-52	N61	N62	1405,42	1404,42	1442,22	36,73	4,76	96,80	4,33
T-53	N62	N63	1397,68	1396,68	1441,84	44,07	4,76	96,80	4,33
T-54	N63	N64	1391,70	1390,70	1441,62	49,82	4,76	96,80	4,33
T-55	N64	N65	1387,29	1386,29	1441,38	53,98	4,76	96,80	4,33
T-56	N65	N66	1387,20	1386,20	1441,36	54,05	4,76	96,80	4,34
T-57	N66	N67	1377,54	1376,54	1440,97	63,30	4,76	96,80	4,33
T-58	N67	N68	1369,69	1368,69	1440,65	70,82	4,76	96,80	4,33
T-59	N68	TQ3	1363,21	1362,21	1364,21	1,00	4,68	96,80	4,19
T-60	TQ3	N69	1352,25	1351,25	1363,88	11,61	4,68	96,80	4,19

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-61	N69	N70	1343,34	1342,34	1363,37	19,99	4,68	96,80	4,19
T-62	N70	N71	1333,69	1332,69	1363,06	29,31	4,68	96,80	4,19
T-63	N71	N72	1322,57	1321,57	1362,63	39,98	4,68	96,80	4,19
T-64	N72	N73	1271,57	1270,57	1362,30	90,55	4,63	96,80	4,12
T-65	N73	N74	1306,74	1305,74	1362,02	55,17	4,63	96,80	4,12
T-66	N74	N75	1302,99	1301,99	1361,79	58,68	4,57	96,80	4,02
T-67	N75	N129	1303,45	1302,45	1361,78	58,21	3,18	96,80	2,03
T-68	N129	TQ4	1299,87	1298,87	1300,87	1,00	3,18	96,80	2,05
T-69	TQ4	N130	1298,23	1297,23	1300,79	2,56	3,18	96,80	2,05
T-70	N130	N131	1292,26	1291,26	1300,58	8,31	3,18	96,80	2,05
T-71	N131	N132	1286,98	1285,98	1300,37	13,36	3,18	96,80	2,05
T-72	N132	N133	1282,07	1281,07	1300,25	18,14	3,16	96,80	2,02
T-73	N133	N134	1277,59	1276,59	1300,14	22,50	3,16	96,80	2,03
T-74	N134	N135	1279,71	1278,71	1300,10	20,35	0,06	26,00	0,83
T-75	N134	N136	1260,93	1259,93	1299,78	38,77	3,09	96,80	1,95
T-76	N136	N137	1253,62	1252,62	1299,63	45,92	3,09	96,80	1,95
T-77	N137	N138	1253,98	1252,98	1299,49	45,41	3,07	96,80	1,93
T-78	N138	N139	1246,35	1245,35	1299,46	53,00	3,05	96,80	1,91
T-79	N139	N140	1244,75	1243,75	1299,37	54,51	3,01	96,80	1,85
T-80	N140	N141	1239,31	1238,31	1299,32	59,89	2,99	96,80	1,83
T-81	N141	N142-VP2	1234,75	1233,75	1299,24	64,36	2,97	96,80	1,81
T-82	N142-VP2	N143	1239,79	1238,79	1298,83	58,92	2,95	96,80	1,78
T-83	N143	N144	1236,98	1235,98	1298,77	61,66	2,95	96,80	1,78
T-84	N144	N145	1242,96	1241,96	1298,56	55,48	2,91	96,80	1,74

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-85	N145	N146-VV3	1253,05	1252,05	1298,51	45,37	2,88	96,80	1,71
T-86	N146-VV3	N147	1251,24	1250,24	1298,51	47,17	2,86	96,80	1,68
T-87	N147	N148	1248,39	1247,39	1298,14	49,65	2,86	79,20	4,49
T-88	N75	N76-VC1	1302,97	1301,97	1361,79	58,70	1,38	96,80	0,43
T-89	N76-VC1	N77	1294,99	1293,99	1361,74	66,61	1,38	96,80	0,44
T-90	N77	N78	1303,55	1302,55	1361,70	58,03	1,38	96,80	0,44
T-91	N78	N79-VV8	1278,79	1277,79	1361,68	82,72	1,23	96,80	0,35
T-92	N79-VV8	N80	1280,38	1279,38	1361,65	81,11	1,13	96,80	0,30
T-93	N80	N81	1290,40	1289,40	1361,62	71,08	1,13	96,80	0,30
T-94	N81	N82	1265,20	1264,20	1361,60	96,21	1,11	96,80	0,29
T-95	N82	N83	1260,71	1259,71	1361,58	100,67	1,06	90,00	0,39
T-96	N83	N84	1244,60	1243,60	1361,53	116,69	1,06	90,00	0,39
T-97	N84	N85	1230,42	1229,42	1361,48	130,80	1,06	90,00	0,38
T-98	N85	N86	1239,16	1238,16	1361,39	121,98	1,06	90,00	0,39
T-99	N86	N87	1255,97	1255,17	1361,31	105,13	1,06	90,00	0,38
T-100	N87	N88	1258,32	1257,52	1361,30	102,78	1,06	90,00	0,39
T-101	N88	N89	1264,03	1263,23	1360,91	96,69	0,25	26,00	11,11
T-102	N89	N90	1274,01	1273,21	1360,31	86,12	0,25	26,00	11,11
T-103	N90	N91	1279,30	1278,50	1360,01	80,55	0,25	26,00	11,11
T-104	N91	N92	1290,46	1289,66	1358,58	67,99	0,25	26,00	11,11
T-105	N92	N93	1279,52	1278,72	1357,85	78,17	0,25	26,00	11,12
T-106	N93	N94-VV9	1302,11	1301,31	1357,73	55,51	0,23	26,00	9,43
T-107	N94-VV9	N95	1301,57	1300,77	1357,58	55,90	0,21	26,00	7,90
T-108	N88	N96	1253,59	1252,79	1361,21	107,41	0,81	51,40	3,59

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-109	N96	PRV-1	1244,80	1244,00	1294,89	50,00	0,81	51,40	3,59
T-110	PRV-1	N97	1238,69	1237,89	1294,88	56,08	0,81	51,40	3,59
T-111	N97	N98	1229,64	1228,84	1294,77	65,00	0,79	51,40	3,42
T-112	N98	N99	1225,46	1224,66	1294,74	69,14	0,79	55,40	2,37
T-113	N99	N100	1216,87	1216,07	1294,68	77,65	0,77	55,40	2,26
T-114	N100	N101	1214,97	1214,17	1294,60	79,47	0,77	55,40	2,25
T-115	N101	N102	1215,01	1214,21	1294,55	79,38	0,75	55,40	2,15
T-116	N102	N103	1217,68	1216,88	1294,53	76,69	0,75	55,40	2,13
T-117	N103	N104-VV10	1220,55	1219,75	1294,48	73,78	0,73	55,40	2,03
T-118	N104-VV10	N105	1228,65	1227,85	1294,47	65,69	0,04	26,00	0,42
T-119	N104-VV10	TQ5	1219,50	1218,70	1220,50	1,00	0,69	55,40	1,82
T-119A	TQ5	N106	1214,78	1213,98	1220,42	5,63	0,69	55,40	1,82
T-120	N106	N107	1211,54	1210,74	1220,37	8,82	0,69	55,40	1,82
T-121	N107	N113-VV11	1208,06	1207,26	1220,27	12,19	0,44	55,40	0,79
T-122	N113-VV11	N114	1205,13	1204,33	1220,23	15,07	0,44	55,40	0,79
T-123	N114	N115	1194,18	1193,38	1220,18	25,95	0,42	55,40	0,72
T-124	N115	N116	1192,82	1192,02	1220,14	27,26	0,15	26,00	4,11
T-125	N116	N117	1190,24	1189,44	1220,06	29,76	0,13	26,00	3,08
T-126	N117	N118	1189,92	1189,12	1220,04	30,05	0,10	26,00	2,18
T-127	N115	N119	1164,75	1163,95	1220,11	55,25	0,27	44,00	1,00
T-128	N119	N120	1136,11	1135,31	1219,99	83,71	0,27	40,80	1,44
T-129	N120	TQ7	1131,82	1131,02	1132,82	1,00	0,25	40,80	1,24
T-130	TQ7	N121	1104,63	1103,83	1132,75	28,06	0,25	44,00	0,86
T-131	N121	N122	1080,61	1079,81	1132,70	51,98	0,25	44,00	0,86



Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-132	N122	N123	1053,4 2	1052,6 2	1132,60	79,02	0,25	40,80	1,24
T-132A	N123	N125	1043,0 0	1042,2 0	1132,59	89,41	0,02	26,00	0,11
T-132B	N125	N126	1042,0 3	1041,2 3	1132,59	90,38	0,00	26,00	0,00
T-132C	N123	N127	1020,0 0	1019,2 0	1132,59	112,36	0,02	26,00	0,11
T-132D	N127	N128	1018,0 0	1017,2 0	1132,59	114,36	0,00	26,00	0,00
T-133	N123	N124	1053,0 6	1052,2 6	1132,60	79,38	0,21	40,80	0,84
T-134	N107	N108	1188,1 5	1187,3 5	1219,87	31,66	0,25	26,00	11,12
T-135	N108	TQ6	1165,2 2	1164,4 2	1166,22	1,00	0,25	26,00	11,11
T-136	TQ6	N109	1152,7 1	1151,9 1	1165,89	13,16	0,25	26,00	11,12
T-137	N109	N110	1131,4 8	1130,6 8	1165,31	33,77	0,23	26,00	9,44
T-138	N110	N111	1092,6 3	1091,8 3	1164,34	71,57	0,23	26,00	9,44
T-139	N111	N112	1092,1 6	1091,3 6	1164,30	72,00	0,21	26,00	7,90
T-140	N148	TQ8	1243,7 1	1242,7 1	1244,71	1,00	0,57	79,20	0,22
T-140A	TQ8	N149-VC2	1239,2 4	1238,2 4	1244,70	5,45	0,57	79,20	0,22
T-141	N149-VC2	N150	1230,2 5	1229,2 5	1244,67	14,39	0,57	79,20	0,22
T-142	N150	N151	1223,5 0	1222,5 0	1244,65	21,10	0,57	79,20	0,22
T-143	N151	N152	1222,8 8	1221,8 8	1244,63	21,71	0,57	79,20	0,22
T-144	N152	N153-VV12	1222,7 4	1221,9 4	1244,63	21,85	0,55	79,20	0,21
T-145	N153-VV12	N154	1223,0 0	1222,2 0	1244,63	21,59	0,08	44,00	0,12
T-146	N154	N155	1221,0 1	1220,2 1	1244,63	23,57	0,06	44,00	0,07
T-147	N155	N156	1186,5 9	1185,7 9	1244,63	57,92	0,04	44,00	0,03
T-148	N156	N157	1175,5 5	1174,7 5	1244,63	68,94	0,04	44,00	0,03
T-149	N157	TQ9	1169,0 0	1168,2 0	1170,00	1,00	0,02	44,00	0,01
T-150	TQ9	N158	1149,1 4	1148,3 4	1170,00	20,82	0,02	44,00	0,01

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-151	N158	N159	1110,01	1109,21	1169,99	59,86	0,02	26,00	0,11
T-152	N159	N160	1103,53	1102,73	1169,99	66,32	0,00	26,00	0,00
T-153	N153-VV12	N161	1220,81	1219,81	1244,63	23,77	0,46	79,20	0,15
T-154	N161	N162	1219,76	1218,96	1244,62	24,81	0,44	79,20	0,14
T-155	N162	N163	1213,44	1212,64	1244,62	31,12	0,15	44,00	0,32
T-156	N163	N164	1212,35	1211,55	1244,62	32,20	0,10	44,00	0,17
T-157	N164	N165	1211,66	1210,86	1244,61	32,89	0,10	44,00	0,17
T-158	N165	TQ10	1171,89	1171,09	1172,89	1,00	0,08	44,00	0,11
T-159	TQ10	N166	1161,86	1161,06	1172,89	11,01	0,08	44,00	0,11
T-160	N166	N167	1110,00	1109,20	1172,87	62,74	0,08	44,00	0,11
T-161	N167	N168	1108,04	1107,24	1172,87	64,70	0,00	44,00	0,00
T-162	N162	N169	1216,18	1215,18	1244,62	28,38	0,29	79,20	0,07
T-163	N169	N170	1206,97	1205,97	1244,61	37,57	0,29	79,20	0,07
T-164	N170	N171	1200,74	1199,94	1244,61	43,78	0,25	79,20	0,05
T-165	N171	N172	1199,64	1198,84	1244,61	44,88	0,15	44,00	0,32
T-166	N172	N173	1197,40	1196,60	1244,60	47,10	0,15	44,00	0,32
T-167	N173	N174	1199,69	1198,89	1244,60	44,81	0,13	44,00	0,24
T-168	N174	N175	1200,08	1199,28	1244,59	44,42	0,10	44,00	0,17
T-169	N175	N176	1200,17	1199,37	1244,59	44,33	0,04	44,00	0,03
T-170	N171	N177	1199,65	1198,65	1244,61	44,87	0,11	79,20	0,01
T-171	N177	N178	1194,05	1193,05	1244,61	50,46	0,08	79,20	0,01
T-172	N178	N179	1197,25	1196,25	1244,61	47,26	0,08	79,20	0,01
T-173	N179	N180	1206,66	1205,66	1244,61	37,87	0,06	79,20	0,00
T-174	N180	N181	1209,07	1208,07	1244,61	35,47	0,04	79,20	0,00

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-175	N181	N182-VV17	1211,53	1210,53	1244,61	33,01	0,00	79,20	0,00
T-176	N148	N184	1248,29	1247,29	1298,13	49,73	2,28	79,20	2,94
T-177	N184	N185	1238,86	1237,86	1297,89	58,91	2,28	79,20	2,94
T-178	N185	N186	1235,86	1234,86	1297,75	61,76	2,26	79,20	2,89
T-179	N186	N187	1228,86	1227,86	1297,48	68,48	2,23	79,20	2,84
T-180	N187	N188	1228,00	1227,00	1297,46	69,32	2,21	79,20	2,80
T-181	N188	N189	1226,38	1225,58	1297,40	70,88	2,19	79,20	2,73
T-182	N189	N190	1234,66	1233,86	1297,40	62,61	0,04	26,00	0,42
T-183	N190	N191	1269,30	1268,50	1297,39	28,03	0,02	26,00	0,11
T-184	N191	N192	1273,00	1272,20	1297,39	24,34	0,00	26,00	0,00
T-185	N189	N193	1223,91	1222,91	1297,27	73,21	2,15	79,20	2,64
T-186	N193	N194	1222,60	1221,60	1297,08	74,33	2,15	79,20	2,64
T-187	N194	N195	1221,98	1220,98	1297,04	74,91	2,13	79,20	2,60
T-188	N195	N196	1216,18	1215,18	1296,84	80,49	2,11	79,20	2,54
T-189	N196	N197	1208,90	1207,90	1296,56	87,49	2,11	79,20	2,55
T-190	N197	N198	1197,71	1196,71	1296,12	98,21	2,11	73,60	3,64
T-191	N198	N199	1203,08	1202,08	1295,40	92,14	2,11	73,60	3,64
T-192	N199	N200	1212,61	1211,61	1294,93	82,16	2,11	73,60	3,64
T-193	N200	N201-VP3	1212,48	1211,48	1294,92	82,28	2,11	79,20	2,54
T-194	N201-VP3	N202	1217,18	1216,18	1294,73	77,40	2,11	79,20	2,55
T-195	N202	N203-VC3	1221,74	1220,74	1294,54	72,66	2,11	79,20	2,55
T-196	N203-VC3	N204	1226,93	1225,93	1294,36	67,30	2,11	79,20	2,55
T-197	N204	N205	1229,97	1228,97	1294,24	64,14	2,05	79,20	2,41
T-198	N205	N206	1232,62	1231,62	1294,17	61,43	2,05	79,20	2,41

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-199	N206	N207	1234,78	1233,78	1294,11	59,21	2,03	79,20	2,37
T-200	N207	N208	1240,08	1239,08	1293,92	53,73	2,00	79,20	2,32
T-201	N208	N209	1241,78	1240,98	1293,77	51,88	2,00	79,20	2,32
T-202	N209	N210	1228,10	1227,30	1293,77	65,54	0,04	44,00	0,04
T-203	N210	TQ11	1212,05	1211,25	1213,06	1,00	0,02	44,00	0,01
T-203A	TQ11	N211	1196,56	1195,76	1213,06	16,46	0,02	44,00	0,01
T-204	N211	N212	1160,00	1159,20	1213,06	52,95	0,02	44,00	0,01
T-205	N212	N213	1138,00	1137,20	1213,06	74,90	0,02	44,00	0,01
T-207	N213	N214	1094,93	1094,13	1213,04	117,87	0,02	26,00	0,12
T-208	N214	N215	1060,00	1059,20	1213,03	152,72	0,02	26,00	0,11
T-209	N215	N216	1060,00	1059,20	1213,03	152,72	0,00	26,00	0,00
T-210	N209	N217	1244,30	1243,30	1293,62	49,22	1,94	79,20	2,19
T-211	N217	N218	1247,12	1246,12	1293,55	46,34	1,94	79,20	2,18
T-213	N218	N219-VV4	1250,24	1249,24	1293,48	43,15	1,92	79,20	2,14
T-214	N219-VV4	N220	1244,75	1243,75	1293,33	48,48	1,90	79,20	2,10
T-215	N220	N221	1243,90	1243,10	1293,30	49,30	1,88	79,20	2,05
T-216	N221	N222	1260,22	1259,42	1293,28	33,00	0,17	44,00	0,41
T-217	N222	N223	1265,13	1264,33	1293,27	28,08	0,15	44,00	0,32
T-218	N223	N224	1277,88	1277,08	1293,14	15,22	0,13	26,00	3,08
T-219	N224	N225	1277,88	1277,08	1293,11	15,20	0,10	26,00	2,18
T-220	N221	N226	1238,65	1237,65	1293,19	54,43	1,71	79,20	1,73
T-221	N226	N227	1233,46	1232,46	1293,03	59,45	1,71	79,20	1,73
T-222	N227	N228	1229,66	1228,66	1292,92	63,13	1,71	79,20	1,73
T-223	N228	N229	1228,61	1227,81	1292,90	64,16	1,63	79,20	1,57

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-224	N229	N230	1235,64	1234,84	1292,80	57,04	0,15	26,00	4,11
T-225	N230	N231	1244,97	1244,17	1292,61	47,55	0,15	26,00	4,11
T-226	N231	N232	1248,92	1248,12	1292,44	43,44	0,15	26,00	4,11
T-227	N232	N233	1250,21	1249,41	1292,43	42,13	0,10	26,00	2,19
T-228	N229	N234	1228,00	1227,00	1292,89	64,76	1,48	79,20	1,34
T-229	N234	N235	1226,97	1225,97	1292,87	65,77	1,46	79,20	1,29
T-230	N235	N236	1222,74	1221,74	1292,79	69,91	1,44	79,20	1,26
T-231	N236	TQ12	1221,28	1220,28	1222,28	1,00	1,42	79,20	1,22
T-232	TQ12	N237	1217,31	1216,31	1222,23	4,91	1,42	79,20	1,22
T-233	N238	N239	1209,10	1208,30	1222,08	12,96	0,04	26,00	0,41
T-234	N237	N238	1209,65	1208,85	1222,09	12,41	1,42	79,20	1,22
T-235	N239	N240-VV13	1207,15	1206,35	1222,07	14,89	0,04	26,00	0,41
T-236	N240-VV13	N241	1200,08	1199,28	1222,07	21,94	0,02	26,00	0,12
T-237	N241	N242	1200,63	1199,83	1222,07	21,40	0,00	26,00	0,00
T-238	N238	N243	1200,16	1199,16	1221,96	21,76	1,38	79,20	1,16
T-239	N243	N244	1191,60	1190,60	1221,91	30,25	1,38	79,20	1,16
T-240	N244	N245	1193,43	1192,63	1221,87	28,39	1,36	79,20	1,12
T-241	N245	N246-VV14	1192,41	1191,61	1221,87	29,40	0,06	44,00	0,07
T-242	N246-VV14	N247	1188,14	1187,34	1221,87	33,66	0,02	44,00	0,01
T-243	N247	N248	1177,46	1176,66	1221,87	44,32	0,02	44,00	0,01
T-244	N248	N249	1159,30	1158,50	1221,86	62,44	0,02	26,00	0,11
T-245	N249	N250	1151,93	1151,13	1221,86	69,79	0,02	26,00	0,11
T-246	N250	N251	1147,94	1147,14	1221,86	73,77	0,00	26,00	0,00
T-247	N245	N252	1192,00	1191,00	1221,86	29,80	1,29	79,20	1,03

Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-248	N252	N253	1189,04	1188,04	1221,84	32,73	1,27	79,20	1,00
T-249	N253	N254	1184,78	1183,78	1221,79	36,94	1,25	79,20	0,97
T-250	N254	N255	1182,36	1181,56	1221,67	39,23	1,25	79,20	0,97
T-251	N255	N256	1179,00	1178,20	1221,67	42,58	0,04	26,00	0,41
T-252	N256	N257	1175,00	1174,20	1221,66	46,57	0,02	26,00	0,11
T-253	N257	N258	1174,00	1173,20	1221,66	47,56	0,02	26,00	0,12
T-254	N258	N259	1173,11	1172,31	1221,66	48,45	0,00	26,00	0,00
T-255	N255	N260	1182,58	1181,58	1221,63	38,97	1,21	79,20	0,91
T-256	N260	N261-VV5	1186,44	1185,44	1221,58	35,06	1,19	79,20	0,88
T-257	N261-VV5	N262	1185,58	1184,58	1221,55	35,90	1,17	79,20	0,85
T-258	N262	N263	1178,62	1177,82	1221,30	42,59	1,14	55,40	4,68
T-258A	N263	N264	1090,00	1089,20	1221,28	131,02	0,02	26,00	0,11
T-258B	N264	N265	1087,00	1086,20	1221,28	134,01	0,00	26,00	0,00
T-259	N263	N266	1166,85	1165,85	1220,79	53,84	1,12	55,40	4,53
T-260	N266	N267	1147,15	1146,15	1220,13	72,84	1,12	55,40	4,53
T-261	N267	N268	1139,71	1138,71	1219,76	79,89	1,12	55,40	4,53
T-262	N268	TQ13	1138,15	1137,15	1139,15	1,00	1,12	55,40	4,53
T-263	TQ13	N269	1131,39	1130,39	1138,81	7,41	1,12	55,40	4,52
T-264	N269	N270	1119,25	1118,25	1138,23	18,94	1,12	55,40	4,52
T-265	N270	N271	1108,40	1107,40	1137,62	29,17	1,12	55,40	4,52
T-266	N271	N272	1094,90	1094,10	1136,94	41,96	1,08	55,40	4,21
T-266A	N272	N273	1042,59	1041,79	1136,93	94,15	0,02	26,00	0,11
T-266B	N273	N274	1042,13	1041,33	1136,93	94,60	0,00	26,00	0,00
T-267	N272	TQ14	1094,44	1093,44	1095,44	1,00	0,33	55,40	0,48

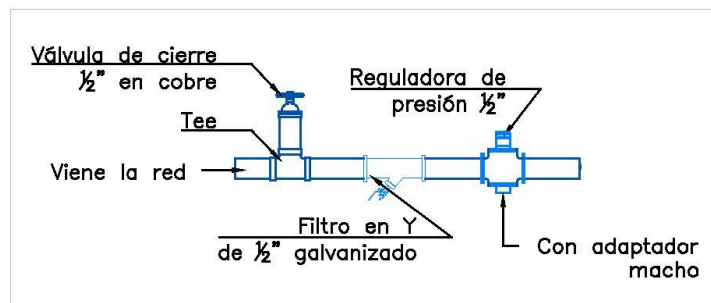


Tubería	Nodo de inicio	Nodo final	Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Cota piezométrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Caudal (L/s)	Diámetro (mm)	Pérdida unitaria (m/km)
T-268	TQ14	N275-VC4	1093,77	1092,77	1095,43	1,66	0,33	55,40	0,48
T-269	N275-VC4	N276	1084,90	1084,10	1095,38	10,46	0,33	55,40	0,48
T-270	N276	N277-VV15	1061,55	1060,75	1095,34	33,73	0,17	44,00	0,41
T-271	N277-VV15	N278	1031,19	1030,39	1095,31	64,00	0,17	44,00	0,41
T-272	N278	N279	1018,81	1018,01	1095,15	76,18	0,13	26,00	3,08
T-273	N279	N280	1019,88	1019,08	1095,13	75,10	0,10	26,00	2,18
T-274	N276	N281	1079,94	1079,14	1095,37	15,40	0,17	55,40	0,13
T-275	N281	N282-VV16	1074,18	1073,38	1095,36	21,14	0,17	44,00	0,41
T-276	N282-VV16	N283	1054,80	1054,00	1095,35	40,47	0,15	44,00	0,32
T-277	N283	N284	1023,41	1022,61	1095,32	71,77	0,15	44,00	0,32
T-278	N284	N285	1019,90	1019,10	1095,26	75,21	0,13	26,00	3,08
T-279	N285	N286	1019,67	1018,87	1095,24	75,41	0,10	26,00	2,19
T-280	N281	N287	1077,49	1076,49	1095,37	17,85	0,00	55,40	0,00
T-281	N272	N288	1088,78	1087,78	1136,79	47,91	0,73	55,40	2,02
T-282	N288	N289	1075,28	1074,28	1136,41	61,01	0,73	55,40	2,02
T-283	N289	N290	1071,36	1070,36	1136,30	64,81	0,73	55,40	2,02
T-284	N290	N291	1065,12	1064,12	1136,07	70,81	0,73	55,40	2,02
T-285	N291	N292	1056,12	1055,12	1135,92	79,64	0,71	55,40	1,91
T-286	N292	N293	1052,95	1051,95	1135,78	82,66	0,71	55,40	1,91
T-287	N293	N294	1052,14	1051,34	1135,68	83,37	0,71	55,40	1,91
T-287A	N294	N295	1103,30	1102,50	1135,67	32,30	0,02	26,00	0,11
T-287B	N295	N296	1103,00	1102,20	1135,67	32,60	0,00	26,00	0,00
T-288	N294	N297-VV6	1051,37	1050,37	1135,65	84,11	0,62	55,40	1,51
T-289	N297-VV6	N298-VP4	1049,60	1048,60	1135,54	85,76	0,60	55,40	1,41

Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.

Cabe mencionar que debido a las altas presiones y con el objetivo de evitar daños en las redes domiciliarias se proyecta la instalación de 14 soluciones individuales de reducción de presión que constan de una válvula reguladora de presión de ½”, una válvula de cierre de ½” y un filtro en Y de ½” en hierro galvanizado como se muestra en la Figura 16 su ubicación se encuentra en el plano Pla\_dis\_hidraulico\_redes\_distri ubicado en la carpeta 24 Planos.

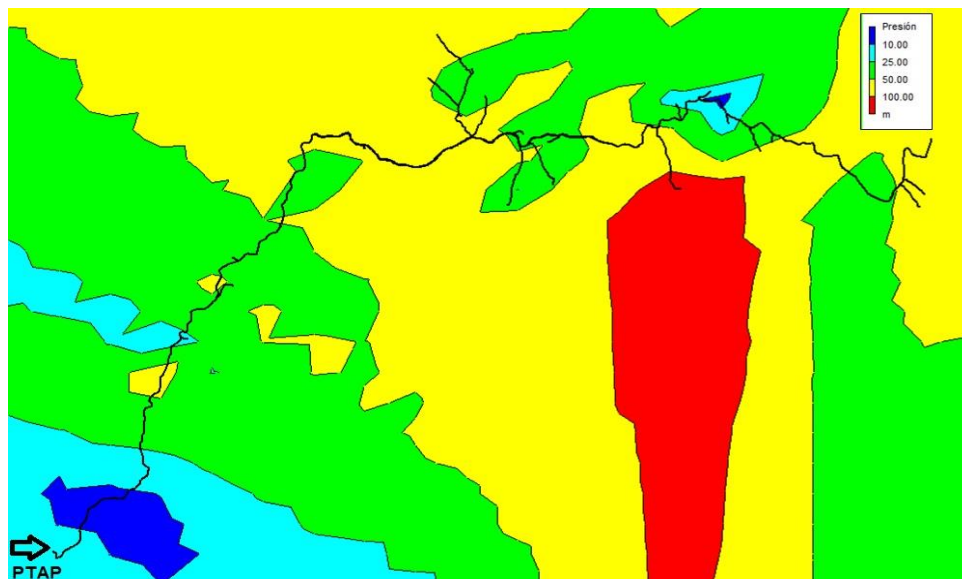
**Figura 16. Solución individual de regulación de presión domiciliaria.**



**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

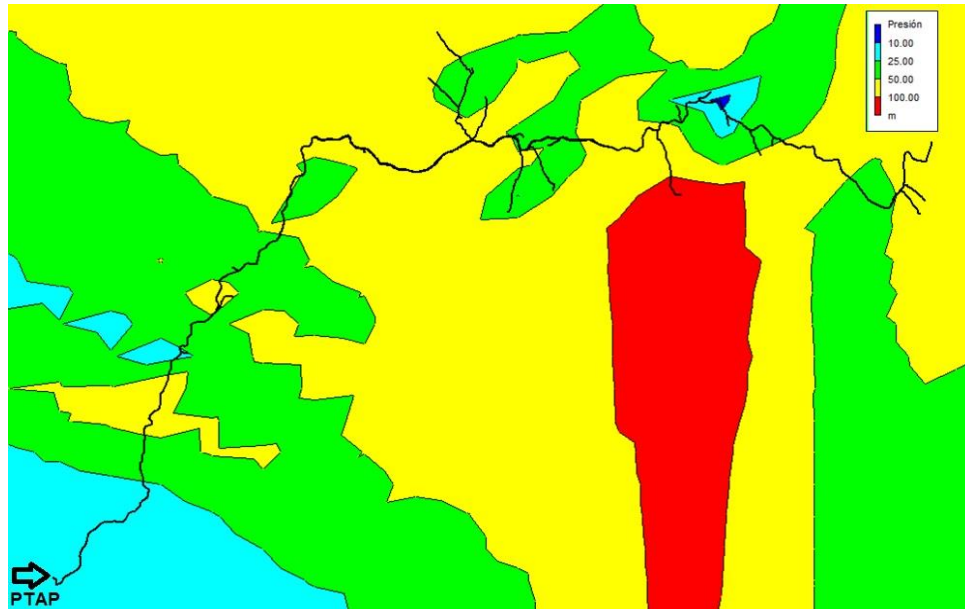
En la Figura 17y Figura 18 se presenta la red de distribución del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” a la hora de máximo y mínimo consumo respectivamente.

**Figura 17. Presiones en la red de distribución del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino" en la hora de máximo consumo (5:00 am).**



**Fuente: Elaboración propia a partir de simulación realizada en EPANET 2.0.**

**Figura 18. Presiones en la red de distribución del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino" en la hora de mínimo consumo (10:00 pm)**





**Fuente: Elaboración propia a partir de simulación realizada en EPANET 2.0.**

- **Válvulas**

En total se propone la instalación de veintiún (25) válvulas en la red de distribución. Se proyectan cuatro (4) válvulas de purga (VP) en la red principal, para garantizar al sistema la descarga y lavado de la red. Además, diecisiete (17) válvulas de ventosa (VV) a lo largo de la red principal y sus ramales, para garantizar la evacuación de aire que se presente en la red. Por otro lado, se proyecta la instalación de quince (14) tanques de quiebre (TQ) ubicados tanto en su red principal como en sus ramales, con el fin de disminuir las presiones y así evitar el daño de las tuberías, además se instalará una (1) válvula reguladora de presión de 1 ½ pulgadas en uno de sus ramales, para garantizar que la presión se reduce en dicho tramo. Finalmente se proyecta la instalación de cuatro (4) válvulas de corte (VC), en los ramales principales y algunos sectores de la red principal, para que en casos donde se presenten daños en sectores de la red, poder darle solución sin necesidad de suspender el servicio de todo el sistema.

A continuación, en la Tabla 45, se presentan las características de las válvulas proyectadas.



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

**Tabla 45. Características de las válvulas proyectadas de la red de distribución del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.**

Válvulas	ID	Coordenadas		Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Cota piezométrica Hora máx consumo (m.s.n.m)	Cota piezométrica Hora mín consumo (m.s.n.m)	Diámetro (pulg)
		Este (m)	Norte (m)						
VP1	N1	866.414,67	1.264.617,09	1.574,22	1.573,22	15,81	1.590,05	1.590,06	2
VV1	N7	866.872,66	1.265.060,40	1.581,50	1.580,50	3,72	1.585,23	1.589,48	1 1/2
VV2	N40	867.488,69	1.266.511,74	1.470,14	1.469,14	42,82	1.513,05	1.517,04	1 1/2
VV7	N45	867.566,81	1.266.626,25	1.470,00	1.469,00	42,62	1.512,70	1.517,00	1/2
VC1	N76	868.205,38	1.267.775,89	1.302,97	1.301,97	58,7	1.361,79	1.363,92	4
VV8	N79	868.451,33	1.267.772,24	1.278,79	1.277,79	82,72	1.361,68	1.363,90	1 1/2
VV9	N94	869.395,44	1.268.047,77	1.302,11	1.301,11	55,51	1.357,73	1.363,42	1/2
VV10	N104	869.196,98	1.267.916,36	1.220,55	1.219,55	73,78	1.294,48	1.294,87	1/2
VV11	N113	869.252,54	1.268.112,16	1.208,06	1.207,06	12,19	1.220,27	1.220,47	1/2
VP2	N142	868.933,03	1.267.529,16	1.234,75	1.233,75	64,36	1.299,24	1.300,67	2
VV3	N146	869.274,15	1.267.740,04	1.253,05	1.252,05	45,37	1.298,51	1.300,58	1 1/2
VC2	N149	869.420,79	1.267.706,26	1.239,24	1.238,24	5,45	1.244,70	1.244,71	3
VV12	N153	869.637,42	1.267.682,01	1.222,74	1.221,74	21,85	1.244,63	1.244,70	1
VV17	N182	870.222,36	1.267.706,90	1.211,53	1.210,53	33,01	1.244,61	1.244,70	1
VP3	N201	870.239,11	1.267.703,71	1.212,48	1.211,48	82,28	1.294,92	1.300,15	1 1/2
VC3	N203	870.381,13	1.267.694,57	1.221,74	1.220,74	72,66	1.294,54	1.300,10	3
VV4	N219	870.674,06	1.267.884,72	1.250,24	1.249,24	43,15	1.293,48	1.299,97	1
VV13	N240	871.074,32	1.267.875,63	1.207,15	1.206,15	14,89	1.222,07	1.222,26	1/2
VV14	N246	871.229,11	1.267.813,27	1.192,41	1.191,41	29,4	1.221,87	1.222,23	1/2
VV5	N261	871.481,23	1.267.723,38	1.186,44	1.185,44	35,06	1.221,58	1.222,20	1
VC4	N275	872.208,18	1.267.303,94	1.093,77	1.092,77	1,66	1.095,43	1.095,44	2
VV15	N277	872.328,35	1.267.337,16	1.061,55	1.060,55	33,73	1.095,34	1.095,43	1/2
VV16	N282	872.314,46	1.267.431,43	1.074,18	1.073,18	21,14	1.095,36	1.095,43	1/2
VV6	N297	872.464,57	1.267.665,80	1.051,37	1.050,37	84,11	1.135,65	1.138,72	1/2
VP4	N298	872.484,86	1.267.743,84	1.049,60	1.048,60	85,76	1.135,54	1.138,71	1

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

En el abordaje de las memorias hidráulicas de diseño de los tanques de quiebre se consideran las condiciones críticas las cuales se encuentran relacionadas con el caudal y diámetro de la tubería de salida, que presenten los catorce (14) tanques de quiebre proyectados, lo cual definirá las láminas de agua entre las que oscilarán los niveles de los tanques con el fin de determinar una dimensión general que

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

cumpla con satisfacción para todos los tanques proyectados a lo largo de la red de distribución.

En la Tabla 46 se muestran las alturas de las láminas de agua en los catorce (14) tanques de quiebre proyectados a lo largo de la red de distribución.

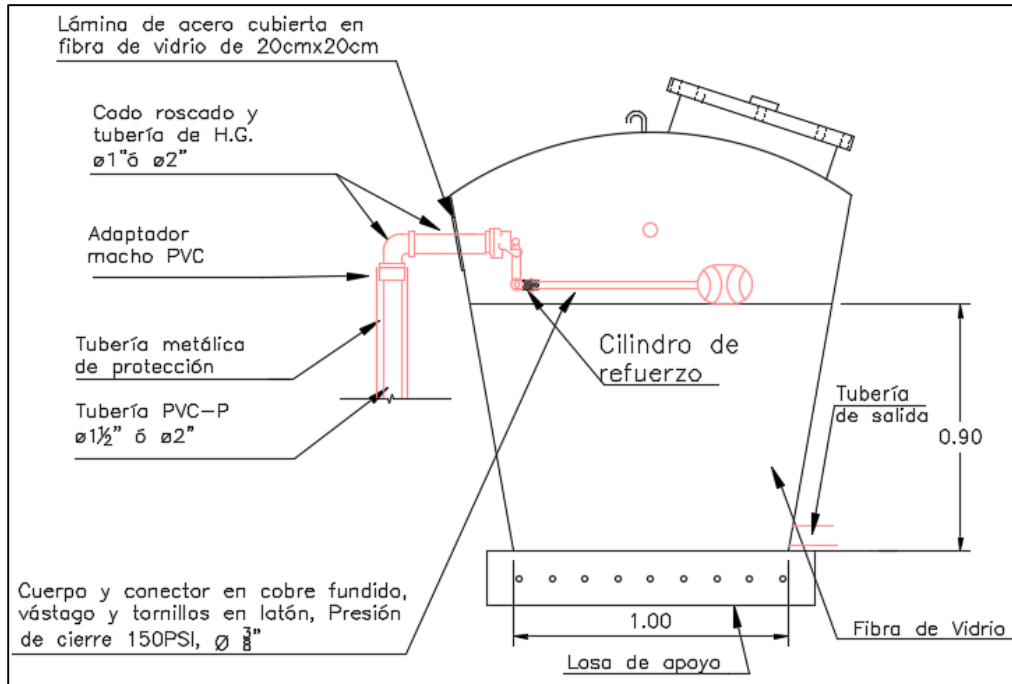
**Tabla 46. Altura de las láminas de agua en los diferentes tanques de quiebre proyectados a lo largo de la red de distribución.**

Tanque de quiebre de presión	Diámetro interno tubería (mm)	Material	Máximo consumo (5:00 am)	Área del orificio de salida(m2)	Altura de la lámina de agua en el tanque
			Caudal (L/s)	(m2)	(cm)
Tanque de quiebre 1	96.8	PEAD PN10	5.99	0.0074	6.0
Tanque de quiebre 2	96.8	PEAD PN10	5.30	0.0074	5.0
Tanque de quiebre 3	96.8	PEAD PN10	4.68	0.0074	4.0
Tanque de quiebre 4	96.8	PEAD PN10	3.18	0.0074	2.0
Tanque de quiebre 5	55.4	PEAD PN10	0.69	0.0024	1.0
Tanque de quiebre 6	26.0	PEAD PN16	0.25	0.0005	2.0
Tanque de quiebre 7	40.8	PEAD PN10	0.25	0.0013	1.0
Tanque de quiebre 8	79.2	PEAD PN10	0.57	0.0049	1.0
Tanque de quiebre 9	44.0	PEAD PN10	0.02	0.0015	1.0
Tanque de quiebre 10	44.0	PEAD PN10	0.08	0.0015	1.0
Tanque de quiebre 11	44.0	PEAD PN10	0.02	0.0015	1.0
Tanque de quiebre 12	79.2	PEAD PN10	1.42	0.0049	1.0
Tanque de quiebre 13	55.4	PEAD PN10	1.12	0.0024	2.0
Tanque de quiebre 14	55.4	PEAD PN10	0.33	0.0024	1.0

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

Con base en la Tabla 46 se determina que la lámina de agua máxima es de 6 cm, con el fin de elegir unas dimensiones similares para todos los tanques de quiebre proyectados y que sus dimensiones cumplan hidráulicamente, pero además que logren ser de fácil construcción. El esquema de los tanques de quiebre implementados se presenta en la Figura 19, donde se evidencia que la altura útil del tanque es de 90 cm.

**Figura 19. Dimensionamiento de los tanques de quiebre proyectados a lo largo de la red de distribución.**





**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

A continuación, se presenta en la Tabla 47 una comparación para las dos situaciones críticas presentadas en los tanques de quiebre proyectados.

**Tabla 47. Dimensionamiento y simulación de los tanques de quiebre proyectados a lo largo de la red de aducción.**

RESUMEN GENERAL PARA EL DISEÑO DE TANQUE DE QUIEBRE DE PRESIÓN	Máximo Caudal		Mínimo Caudal		unid
	Caudal máx: 5,99lt/s		Caudal mín: 0,69lt/s		
	Diámetro: 0,0968m		Diámetro: 0,026m		
DESCRIPCIÓN	Valores Teóricos	Valores de Diseño	Valores Teóricos	Valores de Diseño	
1. Cálculo de la Altura de la Cámara Rompe Presión (Ht) - CRP-07	0,46	1,30	0,54	1,30	m
2. Dimensiones internas de la Cámara Rompe Presión	1.159x1.3		1.159x1.3		øxHt
2.1. Cálculo del tiempo de descarga de la altura de agua H	0,33	1,28	6,99	17,73	min
Altura total de agua (HT), en la cámara Rompe Presión	6,00	90,00	14,00	90,00	cm
Chequeo tubería de excesos	ok		ok		-



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

RESUMEN GENERAL PARA EL DISEÑO DE TANQUE DE QUIEBRE DE PRESIÓN	Máximo Caudal		Mínimo Caudal		unidad
	Caudal máx: 5,99lt/s		Caudal mín: 0,69lt/s		
	Diámetro: 0,0968m		Diámetro: 0,026m		
DESCRIPCIÓN	Valores Teóricos	Valores de Diseño	Valores Teóricos	Valores de Diseño	
2.2 Diámetro de tubería del Cono de Rebose y Limpieza.	3,39	4,00	1,49	4,00	pulg
Dimensiones de la tubería de rebose	4,00		4,00		pulg

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**

Como se observa en la Tabla 47, una altura de lámina de agua de 90cm es más que suficiente para permitir la oscilación de la lámina de agua en los casos críticos que presentan los tanques de quiebre proyectados, por lo cual también cumplirán a satisfacción con las demás situaciones encontradas, para los cálculos no se ha considerado la altura de lodos ni la canastilla que retiene sólidos como por ejemplo arena, evitando así que la tubería continúe con su transporte y pueda ser removidos posteriormente de forma manual por el operario desde la misma cámara de quiebre, no es necesaria su consideración debido a que los tanques de quiebre se encuentran localizados sobre la red de distribución de agua potable, la cual no transportará sólidos y por ende no será necesaria su remoción. Para la determinación del diámetro de la tubería de excesos se toma la situación crítica que corresponde al diámetro con la capacidad de evacuar el máximo caudal que transita por la tubería acorde a las modelaciones adjuntadas en los anexos de este informe y corresponde a un diámetro de 4 pulgadas, que en caso tal de ser necesario llevara el caudal de excesos fuera del tanque de quiebre, algunas de estas posibles situaciones podría ser el fallo de la válvula de flotador que estos tanques poseen lo cual no permitiría la regulación de los niveles de operación de estos tanques a la cual podría sumársele una situación más usual la cual consiste en el cierre del sistema aguas abajo del respectivo tanque de quiebre por la acción de una válvula; lo que ocasionaría el represamiento del agua.

En la Tabla 48 se presentan las características de los tanques de quiebre y la válvula reguladora de presión.

**Tabla 48. Características de los tanques de quiebre y la válvula reguladora de presión proyectados de la red de distribución del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”.**

Tanque	Coordenadas		Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Presión máximo consumo m.c.a		Presión mínimo consumo m.c.a		Diámetro
	Este (m)	Norte (m)			Entrada	Salida	Entrada	Salida	
PRV-1	869.267,91	1.267.788,82	1.244,80	1.243,80	116,11	50,02	118,80	50,02	1 1/2 pulg
TQ1	867.155,72	1.265.990,38	1.516,59	1.515,59	61,06	1,00	71,83	1,00	110 mm

Tanque	Coordenadas		Cota terreno (m.s.n.m)	Cota tubería (m.s.n.m)	Presión máximo consumo m.c.a		Presión mínimo consumo m.c.a		Diámetro
	Este (m)	Norte (m)			Entrada	Salida	Entrada	Salida	
TQ2	867.549,02	1.266.755,44	1.443,15	1.442,15	68,25	1,00	73,55	1,00	110 mm
TQ3	868.015,33	1.267.302,57	1.363,21	1.362,21	77,03	1,00	80,32	1,00	110 mm
TQ4	868.223,55	1.267.767,02	1.299,87	1.298,87	61,73	1,00	63,91	1,00	110 mm
TQ5	869.200,92	1.267.924,70	1.219,50	1.218,50	74,81	1,00	75,22	1,00	63 mm
TQ6	869.139,06	1.268.057,99	1.165,22	1.164,22	53,96	1,00	55,02	1,00	32 mm
TQ7	869.196,31	1.268.347,16	1.131,82	1.130,82	87,97	1,00	88,44	1,00	50 mm
TQ8	869.371,93	1.267.733,04	1.243,71	1.242,71	54,31	1,00	56,71	1,00	90 mm
TQ9	869.600,20	1.267.467,14	1.169,00	1.168,00	75,47	1,00	75,55	1,00	50 mm
TQ10	869.778,11	1.267.581,36	1.171,89	1.170,89	72,56	1,00	72,66	1,00	50 mm
TQ11	870.595,61	1.267.752,38	1.212,05	1.211,05	81,55	1,00	87,77	1,00	50 mm
TQ12	870.981,07	1.268.025,20	1.221,28	1.220,28	71,32	1,00	78,44	1,00	90 mm
TQ13	871.844,28	1.267.594,01	1.138,15	1.137,15	81,35	1,00	83,64	1,00	63 mm
TQ14	872.200,45	1.267.286,48	1.094,44	1.093,44	42,41	1,00	44,35	1,00	63 mm

**Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.**



### Macromediación

Cuando se habla de macromediación se hace referencia al sistema de medición de grandes caudales, destinados a totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en la planta de potabilización y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores.

Se propone la instalación de un (1) macromedidor a la salida del tanque de almacenamiento proyectado. La instalación de macromedidores es de vital importancia ya que permite la disminución del índice de agua no contabilizada (IANC).

### Micromediación

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 0330 de 2017, es obligatorio la instalación de medidores domiciliarios para cada uno de los suscriptores individuales del serio del acueducto. Para el control del consumo de agua por parte de los usuarios y el control de pérdidas en la red. Inicialmente se proyecta la instalación de 161 micromedidores, al final del periodo de diseño (2043) se espera la instalación de medidores para el 100% de las viviendas de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino. Se espera la instalación de medidores con las

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	



siguientes especificaciones técnicas: medidor para agua de tipo volumétrico; subtipo disco giratorio, para medir agua potable fría (máximo 40°C).

En la medida que ingresen nuevos usuarios al sistema estos deberán contar con su respectivo micromedidor, con el fin de conocer los consumos individuales y controlar las pérdidas del sistema.

### **Puntos de muestreo**

Las localizaciones de los puntos de muestreo para recolección de las muestras de agua en la red de distribución deberán determinarse en común acuerdo entre las personas prestadoras del servicio y la autoridad sanitaria del municipio como lo estipula la Resolución 0811 del 2018.

Estos puntos de muestreo deben ser instalados con el objetivo de verificar que en todo el perímetro sanitario se tenga a cualquier hora del día, suministro de agua apta para el consumo humano, debido a esto los sitios de muestreo se deben ubicar a la salida del tanque de almacenamiento, a la entrada de la PTAP, además de zonas cercanas, centrales y lejanas de la misma.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

## 10 PRESENTACIÓN VENTANILLA REGIONAL

Acorde con las políticas nacionales para el sector de agua potable y saneamiento, y con base en el presupuesto disponible para el Municipio de Campamento - Antioquia, incluido en el Fondo de Inversión del Agua (FIA), la Universidad de Antioquia, en cumplimiento del contrato interadministrativo N° 2017-SS-37-0005 suscrito con la Gerencia de Servicios Públicos de la Gobernación de Antioquia, presenta el proyecto a radicar ante el Mecanismo Departamental de Evaluación y Viabilización de Proyectos del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico de Antioquia.

Cabe anotar, que el proyecto diseñado, actualizado y ajustado que se indica a continuación propende mejorar las condiciones y calidad de vida de los habitantes de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino del municipio de Campamento, que se beneficiarán con las obras proyectadas; además, se busca ejecutar un proyecto funcional desde el punto de vista técnico, financiero, social, jurídico y ambiental que impacte de manera positiva los indicadores operativos y funcionales del sistema de acueducto.



Aclarado lo anterior, se presenta a continuación la descripción y los costos actualizados al año 2019 del proyecto denominado **“CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO MULTIVEREDAL “EL BARCINO” PARA LAS VEREDAS PLAN DE LA ROSA, GUADUAS Y EL BARCINO EN EL MUNICIPIO DE CAMPAMENTO, ANTIOQUIA”**.

### 10.1 Justificación de obras

El proyecto permitirá mejorar los indicadores de Calidad, Continuidad, micromedición, índice de agua no contabilizada (IANC) (macromedición) y eficiencia en la prestación del servicio de Acueducto de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino del municipio de Campamento – Antioquia, de acuerdo a la Tabla 49.

**Tabla 49. Mejoramiento de indicadores.**

Descripción	Indicadores Afectados		
	Indicador	Antes	Después
Construcción Captación en la fuente Afluente de la Quebrada El Oso.	Continuidad	0%	100%
Construcción del sistema de desarenador (Desarenador).	Calidad del Agua	14.1% – 35% Riesgo Medio	0% - 5% Sin Riesgo
Construcción e instalación de la red de aducción.	Continuidad	0%	100%
Construcción de Planta de Potabilización	Calidad del Agua	14.1% – 35% Riesgo Medio	0% - 5% Sin Riesgo

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

Descripción	Indicadores Afectados		
	Indicador	Antes	Después
<b>Construcción e instalación de redes de acueducto, macromedición y micromedición.</b>	Continuidad	0%	100%
	IANC	0%	100%
	Cobertura de Micromedición (Efectiva)	0%	100% de la vereda El Barcino y 35.7% de las veredas Plan de la Rosa y Guaduas
	Capacidad Hidráulica de Redes	Insuficiencia	Suficiencia

*Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.*

## 10.2 Descripción de obras

A continuación, se presenta una breve descripción de la infraestructura propuesta en el sistema de acueducto en el marco del proyecto **“CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO MULTIVEREDAL “EL BARCINO” PARA LAS VEREDAS PLAN DE LA ROSA, GUADUAS Y EL BARCINO EN EL MUNICIPIO DE CAMPAMENTO, ANTIOQUIA”**.



### Bocatoma.

La captación para el sistema de acueducto será una estructura tipo dique-toma en concreto reforzado, que contará con una rejilla de 0.8 m de largo por 0.20 m de ancho, con 27 barras de 3/8” de diámetro espaciadas cada 2 cm. Además, se proyecta una caja de derivación de dimensiones 1.85 m de largo por 0.80 m de ancho con una profundidad de 0.8 m; incluye una zona de excesos la cual posee una tubería de excesos en PVC-P de 4” de diámetro que asegura la derivación del caudal ecológico a la fuente, además de una tubería de entrada en PVC-P a una zona de reparto de caudales de 3” de diámetro el cual está diseñado para captar únicamente el caudal máximo diario (QMD).

### Desarenador.

La estructura del sistema de desarenado, será desarenador de flujo horizontal en concreto reforzado, el cual se proyecta adherido a la estructura de captación, específicamente a la caja de reparto de caudales mediante una tubería de 3” de diámetro 0.7 m de longitud.

El desarenador se diseñó para un caudal de 3.66 L/s, mide 4.380 m de largo por 1.3 m de ancho, cuenta con una zona de entrada dotada de dos pantallas perforadas

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

cada una con 18 orificios de 1.5” de diámetro cada uno, una zona de salida con un vertedero rectangular invertido, además del sistema de desagüe y el sistema de by-pass; debido a las condiciones del terreno donde se proyecta la ubicación de la estructura se optó por construir la estructura en concreto reforzado.

### **Aducción.**

La red de aducción inicia en el desarenador y termina en la Planta de Potabilización de agua, el diámetro de la tubería se proyectó de 4” (110 mm) diámetro en PEAD PE 100 PN10 RDE 17, en la que se alcanza una velocidad de 0.58 m/s, que cumple con lo estipulado en la Resolución 0330 de 2017, la cual estipula como la velocidad mínima en 0.5 m/s. La red tiene una longitud de 1757 m, en donde se presentan unas pérdidas promedio de 2.66 m/Km.

### **Planta de Tratamiento.**



Dado que las veredas Plan de la Rosa, Guadua y El Barcino no cuentan con una Planta de Potabilización de Agua y acorde con el análisis de alternativas, se propone la construcción de una PTAP en Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV). El sistema de tratamiento plantado está compuesto por las siguientes unidades: una unidad de floculación de manto de lodos, seguido de cuatro unidades de Filtración de flujo descendente, en las cuales son eliminadas las partículas más pequeñas que aportan turbiedad y color, que logran pasar a través del floculador de manto de lodos. Finalmente, el agua filtrada pasa por el tanque de contacto de cloro donde se lleva a cabo el proceso de desinfección. Además, para el tratamiento de los lodos, la PTAP cuenta con un sistema de dos tanques espesadores de lodos y lechos de secado para lograr la deshidratación de los lodos generados en el sistema.

### **Tanque de Almacenamiento**

Se proyecta dos tanques de almacenamiento en Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio (PRFV) circulares, con una capacidad de almacenamiento es de 55 m<sup>3</sup> cada uno.

Sus dimensiones son 4.65 m de alto y 3.90 m de diámetro, contarán con una válvula flotadora que regula el estado de los tanques cuando éstos se encuentren llenos, sellando el paso del agua de la PTAP al tanque. Cada uno de los tanques contará con un respiradero en PVC de Ø3”, un acceso al tanque y una escalera tipo araña. Adicionalmente cuenta con un rebose y un desagüe que se unen a la misma tubería y se controla mediante una válvula.



 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos  GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

### Redes de distribución.

El diseño de redes comprende la instalación de 18299 m de tubería PEAD PE 100 de PN 16 RDE 11 y PN 10 RDE 17, en diámetros que varían desde los 110 mm hasta los 32 mm, la tubería seleccionada permite manejar en la red presiones hasta de 101.98 m.c.a en PN10 y 163.17 m.c.a. en PN 16.



De esta longitud de tubería 776 m de tubería tienen un diámetro de 110 mm, 449 m de tubería de 90 mm, 91 m con un diámetro de 63 mm, 201 m de longitud en diámetro de 50 mm y 2682 m de longitud en diámetro de 32 mm en material PEAD PN 16, además 6359 m de tubería 110 mm, 3427 m de tubería de 90 mm, 2359 m con un diámetro de 63 mm y 1955 m de longitud en diámetro de 50 mm en material PEAD PN 10 para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino.

En total se propone la instalación de veintiún (25) válvulas en la red de distribución. Se proyectan cuatro (4) válvulas de purga (VP) en la red principal, para garantizar al sistema la descarga y lavado de la red. Además, diecisiete (17) válvulas de ventosa (VV) a lo largo de la red principal y sus ramales, para garantizar la evacuación de aire que se presente en la red. Por otro lado, se proyecta la instalación de quince (14) tanques de quiebre (TQ) ubicados tanto en su red principal como en sus ramales, con el fin de disminuir las presiones y así evitar el daño de las tuberías, además se instalará una válvula reguladora de presión de 1 ½ pulgadas en uno de sus ramales, para garantizar que la presión se reduce en dicho tramo. Finalmente se proyecta la instalación de cuatro (4) válvulas de corte (VC), en los ramales principales y algunos sectores de la red principal, para que en casos donde se presenten daños en sectores de la red, poder darle solución sin necesidad de suspender el servicio de todo el sistema.

Se propone la instalación de un (1) macromedidor a la salida del tanque de almacenamiento proyectado. Además de la instalación de 161 micromedidores, al final del periodo de diseño (2043) se espera la instalación de medidores para el 100% de las viviendas de las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino. Se espera la instalación de medidores con las siguientes especificaciones técnicas: medidor para agua de tipo volumétrico; subtipo disco giratorio, para medir agua potable fría (máximo 40°C).

### 10.3 Costos de obras

Una vez definidas las actividades que se proyectan para la construcción de la infraestructura del sistema de acueducto multiveredal “E Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento – Antioquia, que hacen parte del proyecto **“CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO**

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

## MULTIVEREDAL “EL BARCINO” PARA LAS VEREDAS PLAN DE LA ROSA, GUADUAS Y EL BARCINO EN EL MUNICIPIO DE CAMPAMENTO, ANTIOQUIA”.



En la se Tabla 50 presenta el resumen del presupuesto, valor total del proyecto a presentar ante el Mecanismo Departamental de Viabilización de Proyectos los detalles del presupuesto se encuentran consignados en la carpeta 21 Presupuesto\_APU\_Canteras - Analisis\_precios\_unitarios\_A y Analisis\_precios\_unitarios.

**Tabla 50. Presupuesto general del proyecto construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de campamento, Antioquia**

RESUMEN DE LA INVERSIÓN OBRA CONSTRUCCION ACUEDUCTO						
OBRA CIVIL E INSTALACIÓN						
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTOS DIRECTOS	A,U (32.01%)	ADMINISTRACIÓN (27.01%)	COSTO TOTAL DE LAS OBRAS	%
			32,01%	27,01%		
1	CONSTRUCCION BOCATOMA	\$ 37.484.399	\$ 11.998.756		\$ 49.483.155	1,33%
2	CONSTRUCCION DESARENDOR	\$ 24.658.408	\$ 7.893.156		\$ 32.551.564	0,88%
3	CONSTRUCCION REDES DE ADUCCIÓN	\$ 221.923.631	\$ 71.037.754		\$ 292.961.385	7,90%
4	CONSTRUCCION RED DE DISTRIBUCION	\$ 1.926.272.196	\$ 616.599.730		\$ 2.542.871.926	68,53%
5	CONSTRUCCION OBRAS PRINCIPALES PTAP	\$ 81.492.282	\$ 26.085.680		\$ 107.577.962	2,90%
6	CONSTRUCCION OBRAS CASETA DE OPRACION PTAP	\$ 446.801.486	\$ 143.021.156		\$ 589.822.642	15,90%
7	CONSTRUCCION DE OBRA ELÉCTRICA PTAP	\$ 72.238.053	\$ 23.123.401		\$ 95.361.454	2,57%
	<b>TOTAL OBRA CIVIL E INSTALACIÓN</b>	<b>\$ 2.810.870.454</b>	<b>\$ 899.759.633</b>		<b>\$ 3.710.630.087</b>	<b>100%</b>
SUMINISTRO ( INCLUYE TRANSPORTE)						
1	CONSTRUCCION BOCATOMA	\$ 879.370		\$ 237.518	\$ 1.116.888	0,11%
2	CONSTRUCCION DESARENADOR	\$ 9.628.164		\$ 2.600.567	\$ 12.228.731	1,22%
3	CONSTRUCCION REDES DE ADUCCIÓN	\$ 54.233.741		\$ 14.648.533	\$ 68.882.274	6,89%
4	CONSTRUCCION RED DE DISTRIBUCION	\$ 435.616.640		\$ 117.660.054	\$ 553.276.694	55,37%
5	CONSTRUCCION OBRAS PRINCIPALES PTAP	\$ 286.336.148		\$ 77.339.394	\$ 363.675.542	36,40%

RESUMEN DE LA INVERSIÓN OBRA CONSTRUCCION ACUEDUCTO						
OBRA CIVIL E INSTALACIÓN						
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTOS DIRECTOS	A,U (32.01%)	ADMINISTRACIÓN (27.01%)	COSTO TOTAL DE LAS OBRAS	%
			32,01%	27,01%		
6	CONSTRUCCION OBRAS CASETA DE OPRACION PTAP	\$ 0		\$ 0	\$ 0	0,00%
7	CONSTRUCCIÓN DE OBRA ELÉCTRICA PTAP	\$ 0		\$ 0	\$ 0	0,00%
	<b>TOTAL SUMINISTRO( INCLUYE TRANSPORTE)</b>	<b>\$ 786.694.063</b>		<b>\$ 212.486.067</b>	<b>\$ 999.180.130</b>	<b>100%</b>
COSTO TOTAL OBRA CIVIL, INSTALACION + SUMINISTRO ( INCLUYE TRANSPORTE)						
1	CONSTRUCCION DESARENADOR	\$ 38.363.769	\$ 11.998.756	\$ 237.518	\$ 50.600.043	1,07%
2	CONSTRUCCION BOCATOMA	\$ 34.286.572	\$ 7.893.156	\$ 2.600.567	\$ 44.780.295	0,95%
3	CONSTRUCCION REDES DE ADUCCION	\$ 276.157.371	\$ 71.037.754	\$ 14.648.533	\$ 361.843.659	7,68%
4	CONSTRUCCION RED DE DISTRIBUCION	\$ 2.361.888.836	\$ 616.599.730	\$ 117.660.054	\$ 3.096.148.620	65,74%
5	CONSTRUCCION OBRAS PRINCIPALES PTAP	\$ 367.828.430	\$ 26.085.680	\$ 77.339.394	\$ 471.253.504	10,01%
6	CONSTRUCCION OBRAS CASETA DE OPRACION PTAP	\$ 446.801.486	\$ 143.021.156	\$ 0	\$ 589.822.642	12,52%
7	CONSTRUCCIÓN DE OBRA ELÉCTRICA PTAP	\$ 72.238.053	\$ 23.123.401	\$ 0	\$ 95.361.454	2,02%
	<b>CONSTRUCCIÓN ACUEDUCTO VEREDAL</b>	<b>\$ 3.597.564.517</b>	<b>\$ 899.759.633</b>	<b>\$ 212.486.067</b>	<b>\$ 4.709.810.217</b>	<b>100%</b>
	<b>IMPREVISTO</b>			<b>2%</b>	<b>\$ 56.217.409</b>	
	<b>INTERVENTORÍA DEL PROYECTO</b>				<b>\$ 379.414.264</b>	VER ANEXO DE FORMATO DE INTERVENTORIA
	<b>TOTAL CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO MULTIVEREDAL EL BARCINO PARA LAS VEREDAS PLAN DE LA ROSA, GUADUAS Y EL BARCINO EN EL MUNICIPIO DE CAMPAMENTO, ANTIOQUIA,</b>	<b>\$ 3.597.564.517</b>	<b>\$ 899.759.633</b>	<b>\$ 212.486.067</b>	<b>\$ 5.145.441.890</b>	

Fuente: elaboración propia equipo de formulación PAP-PDA.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	"Construcción del sistema de acueducto multiveredal "El Barcino" para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia"		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

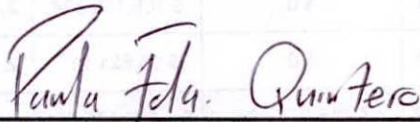
## 11 FICHA TÉCNICA DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO

**i. Fecha de elaboración del informe:**

Abril de 2019

**ii. Responsable de elaboración:**

Ingeniero Paula Fernanda Quintero Cardona  
 Profesional Técnico – Contrato Interadministrativo PAP-PDA



Firma responsable de elaboración

**iii. Responsable de revisión:**

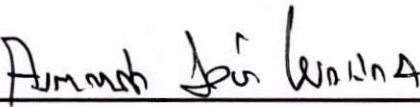
Ingeniero Cesar Augusto Díaz González  
 Profesional Técnico – Contrato Interadministrativo PAP-PDA





Firma responsable de revisión

**iv. Responsable de aprobación:**

Ingeniero Armando León Osorio Arango  
 Coordinador Técnico Contrato Interadministrativo PAP-PDA



Firma responsable de revisión

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos 
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019	

## 12 REFERENCIAS

ALCALDÍA, Municipio De Campamento, “Esquema de Ordenamiento territorial (EOT)” 1999.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000: Título B, Sistemas de acueducto. Bogotá D.C: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo económico, 2000.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Resolución 0330, Bogotá, Colombia 08 de junio de 2017.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115, Bogotá, Colombia 22 de junio de 2007.

Rojas, J. A. (2015). Purificación del agua (Tercera ed.). (C. S. Perdomo, Ed.) Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado el 18 de abril de 2016



Leal-Ascencio, M. T. (2005). Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1.

PÉREZ PARRA JORGE ARTURO, Manual de potabilización del agua postgrado en aprovechamiento de recursos hidráulico, Medellín, 2002, Universidad Nacional de Colombia.

A.A.S S.A (2013) Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, Diseño Sistema de Acueducto Vereda El Barcino - Municipio de Campamento.

Moreno, J. (2004). Especificaciones técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud.

S. f. (2010). Ingeniería Civil. Colombia. Tomado de: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/03/toma-lateral.html>

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> Facultad de Ingeniería	“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”		Plan Departamental de Agua Gerencia de Servicios Públicos	 GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA PIENSA EN GRANDE
	Plan Departamental de Agua	Abril de 2019		

### 13 ANEXOS

Los anexos de diseño del proyecto **“Construcción del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia”** se encuentran en la carpeta 20 Estudios y Diseños y carpeta 21 Presupuesto\_APU\_s\_Canteras.

1. Estad\_SISBEN\_Vereda El Barcino
2. Estad\_SISBEN\_Veredas Guaduas\_Plan de la Rosa
3. Censo Sanitario\_El Barcino\_AASSA.
4. Info\_calidad\_captación
5. Memo\_proyeccion\_caudales
6. Memo\_dis\_hidraulico\_PTAP
7. Mod\_hidraulica\_adu\_acu
8. Mod\_hidraulica\_dis\_acu
9. Memo\_dis\_hidraulico\_acu
10. Memo\_dis\_hidraulico\_acu\_A
11. Memo\_dis\_hidraulico\_acu\_B
12. Memo\_dis\_hidraulico\_acu\_C
13. Mod\_hidraulica\_dis\_alc
14. Mod\_hidraulica\_dis\_acu
15. Mod\_hidraulica\_dis\_acu\_A
16. Mod\_hidraulica\_dis\_acu\_B
17. Analisis\_precios\_unitarios\_A
18. Analisis\_precios\_unitarios.



Plan Departamental para el Manejo Empresarial  
de los servicios de Agua y Saneamiento

---

# ANTIOQUIA



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial  
Viceministerio de Agua y Saneamiento

República de Colombia

2 0 1 0





**Ministerio de Ambiente,  
Vivienda y Desarrollo Territorial**  
**Viceministerio de Agua y Saneamiento**  
República de Colombia

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA  
Álvaro Uribe Vélez

MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO  
TERRITORIAL  
Carlos Costa Posada

VICEMINISTRA DE AGUA Y SANEAMIENTO  
Leyla Rojas Molano

DIRECTORA DE GESTIÓN EMPRESARIAL  
Helena Castañeda Ramírez

DIRECTOR DE INVERSIONES ESTRATÉGICAS  
Edgar Pulecio Bautista

ASESOR VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANEAMIENTO  
Guillermo Montoya Casas

EQUIPO TÉCNICO  
María Antonia López Bravo  
Jorge González  
José Nicolás Morales  
Fernando González

REVISIÓN Y AJUSTES  
Liliana Celis Zapata

CORRECCIÓN DE ESTILO Y PRUEBAS  
María Emilia Botero Arias

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN  
José Roberto Arango  
Wilson Garzón M.

IMPRESIÓN  
Milenio Editores e Impresores

JULIO DE 2010

Con el apoyo técnico de la Gobernación de Antioquia

#### Catalogación en la fuente

##### Cítese como:

Plan Departamental para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento: Departamento de Antioquia / Viceministerio de Agua y Saneamiento (Ed.). -- Bogotá : Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.  
20 p.

(Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento; 02)

1. Agua potable
2. Saneamiento Básico
3. Planificación
4. Departamento de Antioquia
5. Municipios
6. Inversión pública

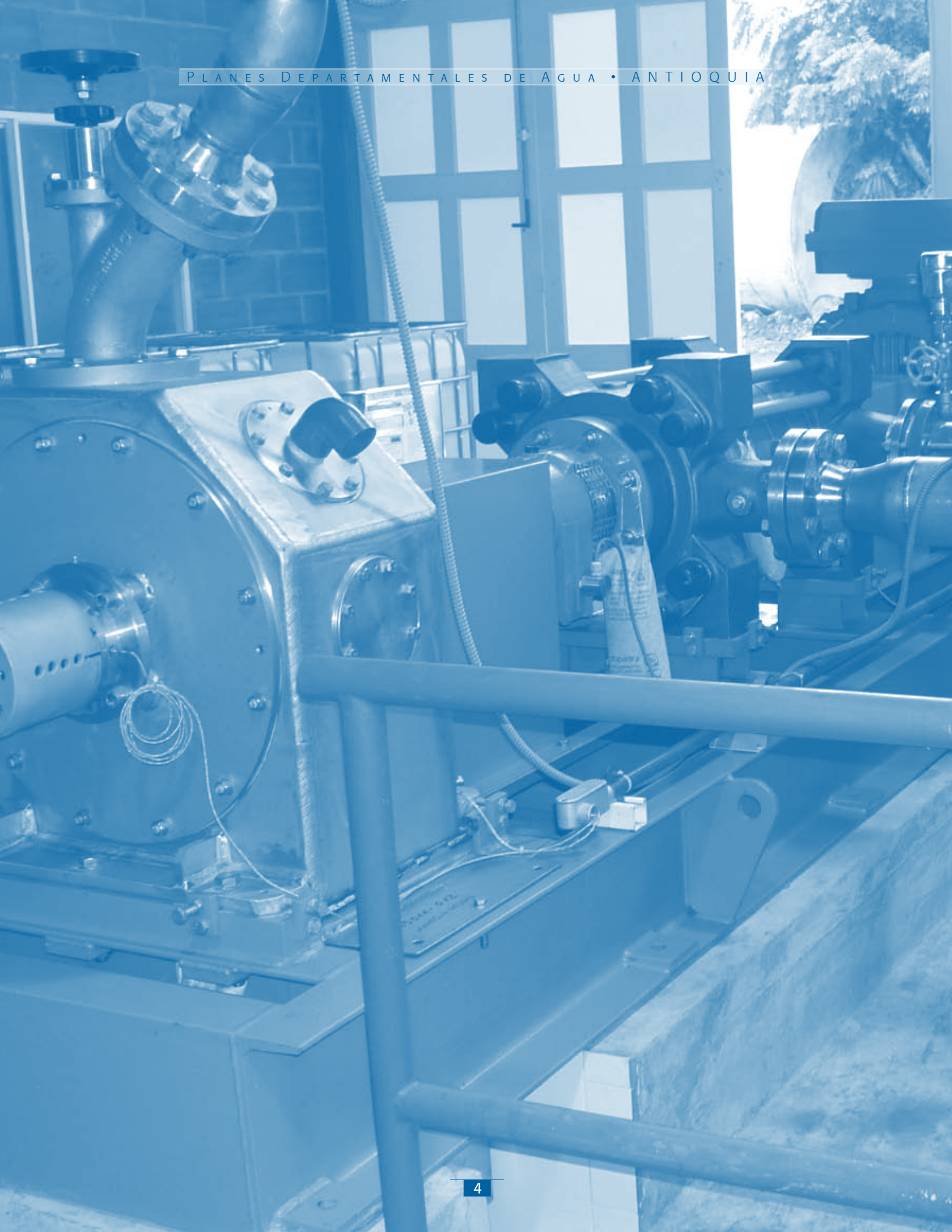
Serie: No. 02 • CDD: 352.14

© Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales.

## Contenido

Presentación	5
Antecedentes	7
FASE I	7
Diagnóstico sectorial del departamento	7
Identificación de necesidades de inversión	8
FASE II	9
Actas de Concertación y Ordenanzas	9
Municipios vinculados	9
INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN	9
Plan General Estratégico de Inversiones	10
Plan Anual Estratégico de Inversiones	14
ESTADO DE LA EJECUCIÓN	15
Estudios y Diseños	15
Estado de Proyectos Priorizados por el Comité Directivo	16
METAS 2010	16
GLOSARIO	17





## Presentación

**E**l primer propósito que nos trazamos al iniciar esta tarea, fue poner en la agenda pública nacional y local, el tema del agua. El problema de la falta de agua potable y la ausencia de saneamiento básico en miles de hogares colombianos no podía seguir siendo silencioso y tampoco podía ser abordado exclusivamente desde el campo de los servicios públicos; tenía que ser tratado como lo que verdaderamente era: un problema de dignidad humana.

Más de 700 municipios pequeños y medianos, más de doce millones de colombianos, requerían una respuesta real a sus necesidades. Fue con este horizonte que por cerca de 8 años, el equipo humano de la antigua Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, hoy Viceministerio de Agua y Saneamiento, trabajó de sol a sol para elaborar, producir e implementar, una política pública que realmente transformara al sector.

De esta manera, se formuló y estructuró la política de los Planes Departamentales de Agua Potable y Saneamiento Básico como un conjunto de estrategias de orden fiscal, presupuestal, institucional, técnico y financiero que, bajo la coordinación de los Departamentos, permitieran la adecuada planificación, armonización integral de los recursos e implementación de esquemas regionales eficientes de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, orientados al cumplimiento de metas sostenibles de crecimiento del sector de agua potable y saneamiento básico.

Uno de los principales logros en la implementación de esta política a la fecha, ha sido desarrollar un proceso de planeación eficiente y responsable que permitiera garantizar la eficiencia de las inversiones y la ejecución óptima de las obras para la modernización y transformación del sector. Esta planeación consiguió que muchos Departamentos, por primera vez, pudieran contar con diagnósticos de la situación de los municipios con relación a la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo. De esta manera, las inversiones programadas y la ejecución de obras físicas del plan departamental para el manejo empresarial de los servicios de agua potable y saneamiento básico (PDA) obedecen al análisis de las necesidades reales de la población afectada, promoviendo así la eficiencia en la aplicación de los recursos aportados.

Es así como durante los últimos dos años, de manera conjunta el Gobierno Nacional y Departamental, se concentraron en la estructuración de los Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento, a través de la elaboración de los documentos de planeación que permitieron la identificación de las necesidades de inversión, las metas a alcanzar en el mediano y largo plazo, la disponibilidad de recursos y la distribución de los mismos, con lo cual se establece la ruta a seguir para la inversión de los recursos aprobados en cada uno de los PDA en el país.

Es esto fundamentalmente lo que hoy entregamos con esta publicación: una bitácora para que todos ustedes, gobierno local, empresas del sector, veedores y comunidad en general, conozcan qué se ha estructurado y cómo se han programado las inversiones y transformaciones empresariales en agua potable y saneamiento básico en sus Departamentos y municipios en el corto, mediano y largo plazo. De esta manera podrán no sólo hacer seguimiento de los planes desarrollados sino que, en especial, podrán ser partícipes de la implementación y continuidad de esta política.

El camino está trazado, nada se dejó al azar, el andamiaje es más sólido que nunca; en manos de ustedes: gobernadores, alcaldes, directores, gerentes y gestores, está el terminar de implementar esta gran transformación y traducirla en agua potable y saneamiento básico al interior de más hogares colombianos.

**LEYLA ROJAS MOLANO**  
Viceministra de Agua y Saneamiento





## Antecedentes

El Plan de Desarrollo 2008-2011 "ANTIOQUIA PARA TODOS, MANOS A LA OBRA", busca principalmente implementar acciones significativas, que lleven a cumplir los compromisos institucionales y financieros, los cuales dan desarrollo a esta estrategia definida por el Gobierno Nacional, que básicamente se encuentra encaminada a dinamizar diferentes procesos que posibiliten la materialización de las acciones propuestas y la generación de desarrollo en las comunidades.

De esta manera, el departamento de Antioquia ha respondido de forma positiva al llamado del Gobierno Nacional para crear e implementar estrategias efectivas que garanticen el aseguramiento en la prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico, con calidad y continuidad, a la totalidad de la población urbano-rural.

Es por esto, que la vinculación del Departamento al Plan Departamental para el Manejo Empresarial de los Servicios Públicos de Agua y Saneamiento, le asegurará alcanzar las metas que se ha propuesto en materia de Agua Potable y Saneamiento, que de una manera planificada, logrará realizar a corto, mediano y largo plazo.

## – Fase I –

La Fase I se inicia con la suscripción del Convenio Interadministrativo de Cooperación Técnica No.5 suscrito entre el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial y el departamento de Antioquia, el 30 de enero de 2009, cuyo objeto definido en el Decreto 3200 de 2008, es la cooperación técnica entre el Ministerio y el Departamento para la puesta en marcha del Plan Departamental de Agua para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento - PDA.

En el documento, el Ministerio se compromete a brindar asistencia técnica al Departamento en el desarrollo de las actividades necesarias para que el ente territorial cumpla los requisitos que le permitan acceder a la Fase II; por su parte el Departamento se obliga a asumir los resultados del diagnóstico elaborado por Inar- Ambiotec, a cumplir lo previsto en el artículo 5 del Decreto 3200 de 2008 y aquellas acciones tendientes a contribuir al adecuado desarrollo del PDA del Departamento. (Anexo No.1 – Diagnóstico de necesidades sectoriales por municipio - Departamento de Antioquia, Inar- Ambiotec).

## Diagnóstico Sectorial del Departamento

El Diagnóstico de necesidades sectoriales por municipio del PDA, pretendió identificar de manera general la situación de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en los municipios del Departamento. El objetivo fue realizar una evaluación general de la infraestructura existente y analizar las condiciones operacionales y la gestión de las entidades prestadoras de los servicios, permitiendo identificar los requerimientos de inversión de cada municipio, los esquemas de prestación que generarán viabilidad empresarial, los cumplimientos de los mínimos ambientales y otros aspectos relevantes para prestación eficiente de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.

La información del diagnóstico proviene del informe, realizado por Inar Ambiotec, comprende 100 municipios, y permitió conocer y evaluar de manera concertada con las administraciones municipales, la identificación general de la situación actual en la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en cada uno de los municipios que conforman el Departamento, así como la viabilidad de los esquemas regionales que pueden implementarse, teniendo en cuenta posibilidad técnica de interconexión de los sistemas, fuentes de abastecimiento, generación de economías de escala y viabilidad institucional a nivel de las empresas y municipios a participar.

Además de la viabilidad empresarial de cada una de las entidades que actualmente prestan los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en los municipios del Departamento, entre otras. A continuación se presentan las coberturas en el Departamento:

**Cuadro 1. Porcentajes de Coberturas Acueducto, Alcantarillado y Aseo por subregión**

Subregión	Zona Urbana		
	Acueducto* (%)	Alcantarillado** (%)	Aseo ** (%)
Bajo Cauca	87.6	71.9	80.1
Magdalena Medio	95.8	84.3	86.9
Nordeste	84.4	73.7	89.8
Norte	97.9	96.4	94.0
Oriente	99.1	98.3	98.5
Occidente	69.5	89.3	92.0
Suroeste	97.7	95.8	96.9
Urabá	79.0	81.3	87.2
Valle de Aburrá	98.6	97.5	99.0
<b>Total</b>	<b>96.6</b>	<b>95.0</b>	<b>96.7</b>

Fuente: Diagnóstico Inar Ambiotec - 2009.

De acuerdo con los indicadores de riesgo para consumo de agua del diagnóstico, el 67.2 % de los municipios suministraba agua potable, con un 96% de continuidad.

En 9 de los 100 municipios, operaban Empresas de Servicios Públicos y en 7, Empresas Industriales y Comerciales del Estado. Además, el diagnóstico estableció que 75 municipios contaban con Plan Maestro de Acueducto y 55 manejaban Plan Maestro de Alcantarillado, 36 desarrollaban Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos.

Con respecto al manejo de residuos sólidos en el Departamento, se determinó que 77 municipios desarrollaban Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos. El estudio concluyó que 73 de los 100 municipios contaban con rellenos sanitarios, servicio de recolección, transporte y disposición final y 52 con organizaciones autorizadas.

## Identificación de necesidades de inversión

Posterior al levantamiento y análisis del diagnóstico, se realizó por parte del gestor un estudio en donde consigna la necesidad de inversión que debe para cada uno de los componentes del PDA, es cual asciende a \$ 624.472 millones, como se muestra a continuación.

**Cuadro 2 - Necesidades de inversión Componente**  
Cifras en millones de pesos

Componente	Total
Aseguramiento de la prestación de los servicios	141.712
Infraestructura	454.821
Ambiental	6,471
Transversal	21,468
<b>Total</b>	<b>624.472</b>

Fuente: Gerencia de Servicios Públicos- Gobernación de Antioquia.

## – Fase II –

### Actas de Concertación y Ordenanzas

Para el inicio de la Fase II de la etapa de estructuración del PDA, es necesario que el Gobernador cuente con facultades de la Asamblea Departamental en los términos del artículo 5 de Decreto 3200 de 2008, que para el departamento de Antioquia están establecidas en la Ordenanza No. 20 de 2008 (ver Anexo No.2)

Así mismo, el 30 de enero de 2009, se firmaron actas de concertación del Diagnóstico Técnico Base (Anexo No. 3), Estructuras Operativas (Anexo No. 4) y Esquema Financiero (Anexo No. 5), que permitieron definir las estructuras operativas como se explica a continuación:

**Cuadro 3. Estructuras Operativas**

Gestor	→	Gerencia de Servicios Públicos Ordenanza No. 20 de 2008
Gerencia Asesora	→	En proceso de contratación
Esquema Fiduciario	→	Financiamiento de Inversiones en Agua FIA

La constitución del comité directivo se llevó a cabo mediante Decreto Departamental No. 1944 de 2009, los alcaldes elegidos para actuar en representación de los municipios que participan en el PDA, como miembros del comité directivo son los de los Municipios de El Santuario y Andes.

### Municipios vinculados

De los 125 municipios del departamento, 60 cuentan con acuerdo del Concejo Municipal autorizando la vinculación al PDA y autorizando el compromiso de recursos del Sistema General de Participaciones (SGP) para tal fin. Los 60 municipios han firmado el Convenio de Cooperación y Apoyo Financiero en el que se comprometen el Departamento y cada municipio participante en el PDA, con el soporte del Gestor (Gerencia de Servicios Públicos del Departamento), en el apoyo de la ejecución de proyectos específicos del sector en el municipio, establecen condiciones de aportes de recursos financieros y adoptan políticas de administración empresarial auto sostenible de los servicios.

## Instrumentos de Planeación

El Manual Operativo y los instrumentos de planeación de los PDA (Plan General Estratégico y de Inversiones - PGEI y Plan Anual Estratégico y de Inversiones - PAEI), definen las metas a alcanzar en el mediano y largo plazo, con base en el diagnóstico, en aspectos técnicos, ambientales e institucionales y en el cierre financiero del PDA.



## Plan General Estratégico y de Inversiones

El Plan General Estratégico y de Inversiones es la herramienta que permite a los actores identificar las metas a alcanzar en la ejecución del PDA, y se divide en cuatro partes, i) el diagnóstico de las necesidades por municipio, ii) el cierre financiero y los recursos disponibles, iii) la distribución de recursos por componente y por municipio, y iv) las metas por componente. Una vez se cuenta con el PGEI elaborado, la región define para cada año del PDA, el cronograma y las acciones necesarias para la ejecución de los componentes del PDA en cada municipio, identificando las respectivas fuentes de recursos que se utilizarán para la financiación respectiva y las metas por componente, lo que corresponde al documento llamado Plan Anual Estratégico y de Inversiones. Estos tres documentos deben ser aprobados por el comité directivo del Departamento, que en el caso de Antioquia se realizó en el Comité Directivo No. 3 del 17 de junio de 2010.

De acuerdo con el diagnóstico presentado, se modeló el cierre financiero del PDA, el cual fue concertado con los actores locales, permitiendo una definición conjunta de las metas del PGEI. Para el cierre financiero presentado en este documento se tuvieron en cuenta las fuentes asignadas por la Nación (A través de audiencias públicas) y el Departamento al PDA, dado que estos son los recursos que deben ser distribuidos entre los municipios. Para el departamento de Antioquia este monto asciende a \$ 424.935 millones, como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 4. Fuentes de financiación PDA Antioquia**  
Cifras en millones de pesos

Componente	TOTAL
Audiencias públicas*	61.547
SGP	252.916
Regalias	-
Recursos Propios	110.000
Rend. Carteras Colectivas SGP	472
<b>TOTAL FUENTES PDA</b>	<b>424.935</b>

Fuente: Gerencia de Servicios Públicos - Gobernación de Antioquia.

En el anexo 6 se muestra el compromiso de los municipios con cargo a los recursos del SGP en los periodos comprometidos.

De acuerdo con los recursos aportados en el largo plazo, se debe modelar financieramente la capacidad del Departamento de contar con recursos para la ejecución del PDA en el corto plazo, para lo cual se utilizan las tasas y periodos definidos por el Financiamiento de Inversiones en Agua (FIA) y de conformidad con el contrato de fiducia suscrito entre el Gobernador y el FIA en diciembre de 2008. El FIA es el Consorcio conformado por la Fiduciaria Bancolombia, Fiduciaria Bogotá y BBVA Fiduciaria, cuyo objeto es la administración de un patrimonio autónomo para el recaudo, administración, garantía y pagos para el manejo de los recursos de los PDA.

Como resultado de este ejercicio, se calcula un monto total que se convierte en el valor del PDA. En el departamento de Antioquia, este monto asciende a \$326.454 millones.

Definido el valor del PDA, se elabora el documento del plan general estratégico y de inversiones, el cual como se explicó anteriormente contiene el diagnóstico presentado en la primera parte del documento, el cierre financiero del Departamento que determina el monto del PDA y dos puntos adicionales: (i) la distribución de los recursos por componente y por municipio, y (ii) las metas por componente, ejercicios liderados por el Departamento. La distribución definida para los componentes es la siguiente:

**Cuadro 5. Distribución de recursos por componentes**  
Cifras en millones de pesos

Componente	TOTAL
<b>Aseguramiento Prestación del Servicio</b>	<b>11.818</b>
<b>Inversión en Infraestructura</b>	<b>279.557</b>
Inversiones Acueducto y Alcantarillado	224.114
Ambiental	3.798
Estudios y Diseños	16.341
Interventoría	13.875
Transversal	12.065
Provisiones	9.363
<b>Estructuras Operativas</b>	<b>35.089</b>
<b>TOTAL COMPONENTES</b>	<b>326.464</b>
Costos Financieros	76.411
Recursos disponibles otras vigencias	22.060
<b>TOTAL</b>	<b>424.935</b>

Fuente: Gerencia de Servicios Públicos - Cálculo VAS.

Para lograr la distribución del valor del PDA por municipio, se utilizó la herramienta matriz de distribución de recursos desarrollada por parte del Viceministerio de Agua y Saneamiento y adoptada por los actores locales del PDA. La distribución obtenida es la siguiente:

**Cuadro 6. Distribución de recursos por Municipio**  
Cifras en millones de pesos

Municipio	Ponderador	Monto Inversiones
Amaga	1,4%	4.044
Amalfi	1,8%	5.161
Andes	2,7%	7.622
Angelópolis	0,5%	1.483
Anza	1,0%	2.790
Arboletes	2,8%	7.908
Argelia	1,0%	2.841
Betulia	1,5%	4.248
Briceño	1,2%	3.225
Buritica	1,2%	3.354
Caceres	3,3%	9.139
Caicedo	1,1%	3.143
Campamento	1,6%	4.518
Cañasgordas	1,8%	4.923
Caracolí	0,6%	1.590
Carolina	0,3%	947
Caucasia	7,5%	20.990
Cisneros	0,8%	2.223
Concordia	1,8%	5.083
El bagre	3,4%	9.471

Municipio	Ponderador	Monto Inversiones
Fredonia	1,2%	3.422
Frontino	1,6%	4.559
Giraldo	0,7%	1.894
Gomez Plata	1,0%	2.872
Heliconia	0,7%	1.883
Hispania	0,5%	1.492
Ituango	2,3%	6.381
Jerico	0,7%	2.092
La ceja	1,5%	4.090
La pintada	0,9%	2.471
Maceo	0,8%	2.172
Nariño	1,5%	4.292
Necocli	4,8%	13.490
Nechi	2,6%	7.166
Pueblorrico	0,8%	2.203
Puerto Berrio	3,2%	8.915
Puerto Nare	1,2%	3.357
Puerto Triunfo	1,3%	3.606
Remedios	2,1%	5.840
Sabanalarga	1,1%	3.031
Salgar	1,5%	4.138
San andres	0,8%	2.375
San francisco	0,9%	2.570
San Jose de la Montaña	0,4%	1.098
San Juan de Uraba	2,5%	6.933
San Luis	1,1%	2.954
San Rafael	1,1%	3.179
San Roque	1,4%	3.926
Santa Barbara	1,5%	4.232
Santa Rosa de Osos	2,1%	5.831
Santuario	1,3%	3.514
Segovia	3,2%	8.820
Sonson	2,7%	7.410
Titiribi	0,8%	2.120
Uramita	1,1%	3.087
Urrao	3,0%	8.275
Vegachi	1,1%	3.080
Vigia del Fuerte	1,1%	3.195
Yolombo	2,0%	5.580
Zaragoza	2,6%	7.307
<b>TOTAL Inversiones</b>	<b>100,0%</b>	<b>279.557</b>
<b>Aseguramiento Prestación del Servicio</b>		<b>11.818</b>
<b>Estructuras Operativas</b>		<b>35.089</b>
<b>TOTAL COMPONENTES</b>		<b>326.464</b>

Fuente: Gerencia de Servicios Públicos - Cálculo VAS.



De acuerdo con los recursos definidos para cada componente, se establecieron los objetivos, metas e indicadores para el seguimiento de los mismos, en el siguiente cuadro se muestra el detalle de cada componente:

**Cuadro 7. Metas por Componente**

Componente	Descripción	Meta
Inversiones en infraestructura en agua y saneamiento	En este componente se deben adelantar las acciones que faciliten a los municipios el cumplimiento de sus funciones constitucionales y legales relacionadas con asegurar la adecuada prestación de los servicios públicos domiciliarios.	Asegurar que las consultorías (estudios y diseños), interventorías y obras civiles a ejecutar en los municipios en el marco del PDA, obedezcan a un proceso de planeación integral y a una ejecución de la infraestructura que procure proyectos costo eficientes y que resulten de un análisis de la totalidad de la infraestructura de prestación disponible en el municipio, dando prioridad a aquellas intervenciones que generen mayor impacto en términos de población beneficiada, y siempre atendiendo lo dispuesto por el Reglamento Técnico del Sector RAS – 2000 o la norma que la modifique o sustituya y por los requisitos exigidos por la ley para el financiamiento del proyectos sectoriales, que se recogen a través del mecanismo de Ventanilla Única. Atender situaciones de emergencia relacionadas directamente con la prestación de los servicios públicos domiciliarios.
Aseguramiento de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento y desarrollo institucional	Este componente busca Realizar la transformación y/o fortalecimiento institucional de las estructuras del operador de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento.	Implementar programas de fortalecimiento institucional a las empresas prestadoras de servicios de agua potable y saneamiento, procurando un enfoque regional que genere economías de escala y mayor eficiencia en la prestación de los servicios públicos domiciliarios. Orientar a los prestadores para que implementen un programa de gestión del riesgo sectorial, procurando disminuir los eventos de riesgo frente a la prestación adecuada y oportuna de los servicios.
Componente ambiental	Se refiere al cumplimiento de la normatividad ambiental sectorial vigente, en la prestación de los servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado, necesario para minimizar impactos ambientales y como instrumentos de planificación y gestión.	Realizar las acciones e inversiones requeridas para que, en desarrollo del Plan Departamental de Agua, se atiendan las obligaciones ambientales sectoriales, y se propenda por el ordenamiento y manejo de las cuencas abastecedoras. Apoyar a municipios y prestadores de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo para que cumplan las disposiciones legales relacionadas con los siguientes temas: Concesiones de agua, Plan de Manejo y Saneamiento de Vertimientos (PSMV), Permisos de vertimientos, Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), Licencias ambientales, Programa de ahorro y uso eficiente del agua.

Fuente: Gerencia de Servicios Públicos- Gobernación de Antioquia.

## Plan Anual Estratégicos y de Inversiones

El Plan Anual Estratégico y de Inversiones (PAEI) es un instrumento que se encuentra acorde con las directrices plasmadas en el plan general estratégico de inversiones (PGEI), en el cual partiendo del diagnóstico y priorización de necesidades del sector agua potable y saneamiento básico, se plasman los objetivos e indicadores a cumplir en el período 2010- 2011, en los tres componentes estratégicos, convirtiéndose así en la carta de navegación del PDA para dicho período.

El cumplimiento de los objetivos propuestos para el período comprendido entre 2010 y 2011, implica una inversión aproximada de \$ 131.459 millones. Las líneas de acción que orientarán esta inversión se han estructurado con base a 52 proyectos identificados, los cuales se encuentran en proceso de ajuste para ser presentados al comité directivo para su priorización.

**Cuadro 8. Proyectos en el marco del Plan Anual Estratégico y de Inversiones**

MUNICIPIO	PROYECTO
Amagá	Plan maestro alcantarillado
Anorí	Construcción obras plan maestro de acueducto
Anzá	Plan maestro de acueducto y alcantarillado Etapa 1
Argelia de María	Optimización del sistema de acueducto del casco urbano de Argelia.
Betulia	Construcción de la tercera etapa del plan maestro de alcantarillado
Briceño	Optimización de las bocatomas y aducción del acueducto urbano
	Plan maestro de acueducto
	Plan maestro de alcantarillado
Buriticá	Plan maestro de acueducto y alcantarillado
Caicedo	Mejoramiento del acueducto del área urbana
Campamento	Plan maestro de acueducto y alcantarillado
Cañasgordas	Ejecución del plan maestro de acueducto y alcantarillado
Carolina del Príncipe	Ejecución del plan maestro de acueducto y alcantarillado
Caucasia	Canalización en Box Coulvert del caño San Miguel
	construcción de un tramo de alcantarillado en tubería de 36" en el barrio los Córdoba
Caracolí	Plan maestro de alcantarillado
Cisneros	Plan maestro de acueducto zona urbana
	Construcción planta de tratamiento aguas potable
Copacabana	Construcción de nuevo sistema de acueducto vereda el zarzal la luz
Fredonia	Tercera etapa del plan maestro de acueducto y alcantarillado
Giraldo	Ejecución primera etapa del plan maestro y alcantarillado-zona urbana
Gómez Plata	Construcción del sistema de manejo y tratamiento de aguas residuales de la zona urbana
Heliconia	Readecuación de la planta de tratamiento de agua del sistema central y construcción de la planta de tratamiento de agua del Hatillo zona urbana
Hispania	Construcción plan maestro de alcantarillado, redes internas y colectores
Jericó	Tercera etapa plan maestro de acueducto y alcantarillado
La Ceja del Tambo	Construcción de la planta de tratamiento de agua potable en el sector de la Milagrosa
Maceo	Construcción y diseño de redes de alcantarillado área urbana
Nariño	Construcción del sistema de acueducto zona urbana
Necoclí	Construcción plan maestro de acueducto segunda etapa
Puerto Berrío	Construcción segunda etapa del acueducto urbano
	Construcción interceptor sur en el área urbana

MUNICIPIO	PROYECTO
Puerto Nare	Construcción 23 sistemas de tratamiento aguas residuales domésticas para el control de vertimientos directos a los afluentes de la microcuenca de la zona
	Construcción del sistema de manejo y tratamiento de aguas residuales zona urbana
Remedios	Construcción del acueducto de Otú en la zona rural
	Construcción plan maestro de acueducto
Sabanalarga	Ejecución plan maestro de acueducto y alcantarillado
Salgar	Segunda etapa plan maestro de acueducto y alcantarillado urbano
San Andrés de Cuerquia	Primera etapa plan maestro de acueducto y alcantarillado
San Juan de Urabá	Construcción plan maestro de acueducto y alcantarillado
San Luis	Construcción del acueducto urbanización la Cabaña-zona urbana
	Construcción y reposición de redes de acueducto y alcantarillado zona urbana
San Rafael	Sistema de alcantarillado colector zona centro
San Roque	Construcción primera etapa del plan maestro de alcantarillado zona urbana
Santa Bárbara	Construcción segunda etapa plan maestro de acueducto y alcantarillado
Santa Rosa de Osos	Expansión y ampliación del acueducto urbano
Sonsón	Optimización sistema de acueducto
	Plan maestro de alcantarillado primera etapa
Tarso	Construcción planta de potabilización urbana
Titiribí	Construcción de un tramo de alcantarilla de cajón y adecuación de canal existente en la urbanización Mineros
	Optimización del sistema de alcantarillado del casco urbano
Uramita	Adecuación del sistema de acueducto urbano construcción de viaductos
Vegachí	Implementación del plan maestro de acueducto y alcantarillado en el área urbana
Venecia	Optimización alcantarillado en el área urbana
Vigía del Fuerte	Optimización acueducto urbano y construcción acueductos Corregimiento San Antonio

*Fuente Gerencia de Servicios Públicos- Gobernación de Antioquia.*

Las líneas de acción que orientarán esta inversión se han estructurado con base en los proyectos identificados en los planes de obras e inversiones de cada uno de los Municipios vinculados al PDA, los cuales se detallan a continuación:

## Estado de la Ejecución

### Estudios y Diseños

En el marco del PDA de a 15 de junio de 2010, la Nación ha contratado \$ 572,946 millones de preinversión para la elaboración de estudios y diseños, los cuales se espera sean entregados en el mes de julio de 2010.



## Estado de Proyectos Priorizados por el Comité Directivo

De acuerdo con la información que reposa en el MAVDT, se encontró que para el Departamento, con corte a 03 de Junio de 2010, no se han priorizado proyectos en el marco del Plan Departamental de Agua.

### Metas PDA 2010

Durante el Taller de Planeación y Concertación de Metas PDA llevado a cabo los días 8 y 9 de febrero de 2010 en el cual participaron los Gobernadores, Gestores, Departamento Nacional de Planeación y el Viceministerio de Agua y Saneamiento, se identificaron las metas, actividades y cronogramas prioritarios a desarrollar durante el año 2010, descritos a continuación.

**Cuadro 9. Metas 2010**

Componente	Descripción
Apoyar y agilizar la implementación de las estructuras operativas de los PDA	Contar con Gerencia Asesora contratada
Contar con los instrumentos de planeación formulados y aprobados en Comité Directivo	Formular y aprobar Reglamento Comité Directivo, Manual Operativo, PGEI y PAEI.
Contar con la financiación de los PDA	Presentar al Comité Directivo y a las instancias del FIA la modelación financiera del Departamento
	Presentar al Comité Directivo y a las instancias del FIA la modelación financiera de los Municipios vinculados al PDA
	Presentar al Comité Directivo y a las instancias del FIA la modelación financiera para la Corporación vinculada al PDA
Formalizar la participación de los Municipios en el PDA	Vincular a los Municipios al PDA, a través del convenio tripartito
Garantizar los aportes comprometidos por los entes territoriales en el marco de los PDA	Autorizar Giro Directo del Departamento
	Autorizar giro directo del 100% de los Municipios vinculados al FIA
Garantizar la ejecución de obras en el marco del PDA	Desarrollar las actividades previstas para la elaboración de estudios y diseños requeridos
Cumplir con la Política Nacional de mejorar la prestación de los servicios públicos domiciliarios en el marco de los PDA	Adoptar el Plan para el Aseguramiento de la Prestación de los Servicios Públicos de Agua y Saneamiento y el Desarrollo Institucional
	Iniciar el proceso de fortalecimiento institucional o desarrollo empresarial de los Municipios vinculados al PDA

Fuente MAVDT.

## Glosario

- **Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento – PDA:** Es un conjunto de estrategias de planeación y coordinación interinstitucional, formuladas y ejecutadas con el objeto de lograr la armonización integral de los recursos, y la implementación de esquemas eficientes y sostenibles en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento.
- **Actas de Concertación:** De conformidad con lo establecido en el numeral 5.2 del artículo 5 del Decreto 3200 de 2008, son aquellas suscritas entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Departamento, por medio de las cuales se acuerdan: a) Los términos de concertación del esquema financiero del PDA; b) La definición de las estructuras operativas y el esquema fiduciario para el manejo de recursos, así como el cronograma para su respectiva implementación; y c) Los términos de la concertación en relación con el diagnóstico técnico base realizado en los Municipios del Departamento, sobre el estado de la prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico y las necesidades de inversión, la cual es el resultado de la concertación de los diagnósticos de los municipios del Departamento.
- **Acta de Concertación Municipal de Actividades:** Acta suscrita entre el Alcalde del municipio vinculado al PDA y el Gestor, en la cual se recoge el acuerdo sobre las actividades a seguir con el fin de alcanzar las metas planteadas para el municipio respectivo en el plan general estratégico y de inversiones (PGEI). Dichas actividades se desarrollan en el plan anual estratégico y de inversiones (PAEI).
- **Audiencias Públicas Consultivas:** De conformidad con lo señalado en el capítulo IV del Decreto 3200 de 2008, es el mecanismo a través del cual se identificarán los proyectos susceptibles de ser apoyados financieramente por parte de la Nación.
- **Acta de Concertación Municipal de Actividades e Inversiones:** Acta suscrita entre el Alcalde de cada municipio vinculado al PDA y el Gestor, en la cual se recoge el acuerdo sobre las actividades e inversiones a seguir con el fin de desarrollar el alcance del respectivo PAEI.
- **Comité Directivo del PDA:** El Comité Directivo es la máxima instancia de decisión y coordinación interinstitucional del PDA.
- **Categorías de Inversión:** Son aquellas en las cuales se podrán hacer inversiones en el marco del PDA, atendiendo los usos permitidos por la ley para cada una de las fuentes de financiación y que se encuentran definidos el Convenio de Uso de Recursos suscrito entre el Departamento y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT.  
Además de lo señalado en el aparte pertinente del presente documento, son categorías de inversión en el PDA las siguientes: a) Preinversión, b) Inversión en proyectos de infraestructura, c) Inversión en proyectos de transformación empresarial y/o fortalecimiento institucional, d) Asistencia técnica, e) Seguimiento y auditoría del PDA, f) Inversiones en el sector ambiental, g) programa de saneamiento para asentamientos del programa de mejoramiento integral de barrios; h) Socialización, i) Gerencia asesora, j) Remuneración del Gestor (en lo que aplique), k) Consultorías, l) Pasivos, cuando su pago garantice la viabilidad en la adopción de los esquemas de transformación y/o constitución de operadores especializados, m) Costos financieros por concepto de administración de recursos y obligaciones de deuda.
- **Componente:** De acuerdo con el Convenio de Uso de Recursos, se entiende componente como la agrupación de, estrategias, actividades e inversiones que buscan darle solución a una problemática particular que afectan el desarrollo de los servicios públicos. Los componentes que pretenden solucionar las problemáticas principales se catalogan como aseguramiento de la prestación de los



servicios de agua y saneamiento y desarrollo institucional, infraestructura y ambiental. Cada componente tiene asociadas una serie de categorías de inversión susceptibles a ser catalogadas bajo este concepto.

- **Comunidades Organizadas:** Se entenderá organización comunitaria como la unión de personas que tienen como objetivo la dirección, desarrollo y prestación de los servicios públicos de agua, alcantarillado y/o aseo en un área de influencia de conformidad con lo establecido en la Ley 142 de 1994.
- **Convenio de Cooperación y Apoyo Financiero:** (Decreto 3200 de 2008) Compromiso suscrito entre el Departamento, el Gestor y cada municipio participante en el PDA, de manera individual, por medio del cual, quienes lo suscriban se comprometen a apoyar la ejecución de proyectos específicos del sector en el municipio; se establecen condiciones de aportes de recursos financieros y se adoptan políticas de administración empresarial auto sostenible de los servicios. Se le denomina también convenio tripartito.
- **Convenio de Cooperación y Apoyo Financiero con la Autoridad Ambiental:** De Compromiso suscrito entre el Departamento y la(s) respectiva(s) autoridad(es) ambiental(es) con jurisdicción en los Municipios del Departamento, en virtud de lo previsto en el artículo 17 del Decreto 3200 de 2008, por medio del cual la respectiva autoridad ambiental se vincula al PDA, se establece el alcance del componente ambiental del mismo, las condiciones para el aporte y manejo de los recursos y las condiciones de acceso a recursos adicionales para la financiación del citado componente.
- **Convenio de Uso de Recursos:** (Decreto 3200 de 2008) Convenio suscrito entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Departamento el cual tiene por objeto establecer los términos y condiciones para el uso de los recursos aportados al PDA, definir los compromisos periódicos de avance del mismo y determinar la forma como se hará el seguimiento a dichos compromisos. Este convenio se suscribe como requisito para efectuar el pago de los recursos de apoyo financiero de la Nación asignados al Departamento a partir de la bolsa "Tu Plan Departamental".
- **Convenio de Vinculado:** Compromiso suscrito entre el Gestor del PDA y cada una de las personas jurídicas de derecho público, privado o mixto, a las cuales se les haya aprobado su condición de vinculados al PDA por el Comité Directivo de acuerdo con el procedimiento descrito en el presente documento; por medio del cual quienes lo suscriben se comprometen a aportar recursos financieros y/o técnicos y/o humanos.
- **Convenios Derivados para la Ejecución del PDA:** (Decreto 3200 de 2008) Son aquellos convenios que, para la ejecución del PDA, deberán suscribir los municipios con el ejecutor del Plan Departamental (Gestor o Autoridad Ambiental), el cual contendrá como mínimo las inversiones a realizar en cada uno de ellos, su cronograma de ejecución, los mecanismos de financiación, la forma de hacer seguimiento de los recursos por parte del Municipio y el mecanismo para la entrega de la infraestructura construida. En el caso en que el ejecutor de un proyecto específico sea el operador en el municipio y se cuente con un contrato de operación, se procederá a la revisión del respectivo contrato dando aplicación en todo caso a lo previsto en el artículo 87.9 de la Ley 142 de 1994 sobre aportes bajo condición.
- **Convenio Fase I:** Es aquel suscrito entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Departamento por medio del cual este último se compromete a: i) Acoger la política, lineamientos, principios y objetivos sectoriales establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo, documentos Conpes y los demás que definan las instancias nacionales competentes en materia de agua potable y saneamiento; ii) Tomar las medidas necesarias para implementar esa política; iii) Desarrollar las gestiones que resulten pertinentes, incluyendo las acciones que correspondan al nivel municipal para su vinculación al PDA; iv) Focalizar los recursos a los que hace referencia el artículo 6 de la Ley 1176 de 2007, de acuerdo con lo previsto en el artículo 10 de dicha ley y en el convenio FASE I y, v) Dar inicio al PDA.

- **Diagnósticos de la prestación del servicio realizados por la Nación:** Consultoría contratada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con recursos del presupuesto general de la nación, con el fin de apoyar la implementación de los esquemas departamentales de agua en su primera fase, cuyo objeto fue identificar de manera general la situación actual en la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en los municipios de un determinado departamento, desarrollando para cada municipio los aspectos legales, técnicos, financieros, organizacionales, comerciales y ambientales.
- **Diagnósticos de la prestación del servicio realizados por las regiones:** Diagnóstico realizado por el departamento correspondiente de la situación actual en su prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en los municipios de su jurisdicción, desarrollando para cada municipio los aspectos legales, técnicos, financieros, organizacionales, comerciales y ambientales, siguiendo los formatos utilizados por el Ministerio para estos efectos.
- **Esquema Fiduciario:** Instrumento jurídico previsto para el desarrollo, ejecución y financiamiento del PDA, a través del cual se canalizarán los recursos de los diferentes participantes del PDA.
- **Fortalecimiento Institucional:** Es el proceso encaminado a desarrollar capacidades para que las empresas y organizaciones autorizadas prestadoras de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, estructuren habilidades y pongan en marcha estrategias para realizar funciones inherentes al cumplimiento de su objeto.

Debe entenderse que el fortalecimiento institucional es un proceso a largo plazo, por lo que se debe orientar preferiblemente al cumplimiento de un objetivo general a través de una amplia participación y compromiso y a través del consenso sobre las metas prioritarias.

- **Gestión del Riesgo Sectorial:** Proceso encaminado a identificar y reducir los riesgos de desabastecimiento de agua para consumo humano e interrupción de los sistemas de alcantarillado y aseo que conlleven a reducir los impactos de los desastres sobre la prestación de los servicios públicos domiciliarios y la comunidad. Este proceso representa una estrategia de sostenibilidad ambiental y de los servicios.
- **Gestor del PDA:** Es el encargado de la gestión, implementación y seguimiento a la ejecución del PDA en los términos del artículo 12 del Decreto 3200 de 2008. Es responsabilidad del Gestor brindar el soporte necesario a los municipios para que estos puedan atender adecuadamente sus obligaciones constitucionales y legales de aseguramiento de la prestación de los servicios de agua y saneamiento.
- **Gerencia Asesora del PDA:** Es una persona jurídica con experiencia e idoneidad para adelantar las acciones y actividades técnicas, institucionales, legales, ambientales, financieras y administrativas, de apoyo y asesoría al Gestor, a los municipios y a los demás participantes del PDA. La Gerencia Asesora desarrollará las actividades de formulación y seguimiento de los proyectos objeto de financiación con cargo a los recursos del PDA y las demás previstas en el artículo 13 del Decreto 3200 de 2008 así como las señaladas en el contrato que se suscriba para tal efecto.
- **Lineamientos de Inversión:** De conformidad con lo señalado en el convenio de uso de recursos suscrito entre el Ministerio y el Departamento, las inversiones en cada uno de los componentes del PDA deberán obedecer a procesos de transformación empresarial y/o fortalecimiento institucional asegurando la implementación de esquemas eficientes y sostenibles para la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico.
- **Operador o Persona Prestadora:** Persona jurídica con experiencia en la dirección, desarrollo y prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y/o aseo en los términos de la Ley 142 de 1994, que cumpla con los requisitos jurídicos, técnicos, institucionales, ambientales, financieros y administrativos establecidos en dicha norma, como operador de los servicios de acueducto, alcantarillado y/o aseo.

- **Patrimonio Autónomo FIA:** Contrato de fiducia mercantil Irrevocable celebrado entre el Consorcio de Fiducias integrado por la Fiduciaria Bancolombia S.A., BBVA Fiduciaria S.A. y Fiduciaria Bogotá S.A. y los Departamentos que se han vinculado al FIA, cuyo objeto es el recaudo, administración, garantía y pagos de los recursos de los PDAs.
- **Plan General Estratégico y de Inversiones (PGEI):** instrumento de planificación del PDA que recoge: i) El diagnóstico por componente y municipio que sirve de línea base para el PDA, ii) Las metas identificadas por componente para cada municipio, iii) Los recursos potenciales asociados a cada componente y por municipio distinguiendo cada una de las fuentes de financiación, iv) El cronograma general de trabajo por trimestres, por componente y cuando se disponga por municipio y v) El tiempo de ejecución del PDA, el cual está limitado por los recursos disponibles para su financiación. El PGEI es actualizado y/o modificado de conformidad con la verificación periódica que se haga del avance del respectivo PDA.
- **Plan Anual Estratégico y de Inversiones (PAEI):** Instrumento operativo que señala, para cada año del PDA, el cronograma y las acciones necesarias para la ejecución de los componentes del PDA en cada municipio, identificando las respectivas fuentes de recursos que se utilizarán para la financiación respectiva. En el PAEI se incluirán, como mínimo, las inversiones a realizar en cada uno de los componentes, necesarios para el cumplimiento de las metas del PDA en el respectivo municipio. PAEI desarrollará el alcance, distribución de recursos y cronogramas de los PGEI, de acuerdo en lo definido en el convenio de uso de recursos suscrito con la Nación.
- **Programa de Saneamiento para Asentamientos del Programa de Mejoramiento Integral de Barrios:** Conjunto de acciones que posibilita y contribuye al mejoramiento de barrios integrando elementos de mejoramiento de vivienda, mediante la dotación de servicios públicos de agua potable y saneamiento básico, teniendo como soporte las definiciones dadas en los planes de ordenamiento territorial, los procesos de legalización urbanística y de titulación predial (Líneas estratégicas 2007 – 2010).
- **Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000:** Conjunto de normas que tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelanten las Entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces, el cual fue adoptado como Manual Técnico para el sector mediante las Resoluciones No. 1096 de 2000, y No. 0424 de 2001.
- **Sector:** En el texto de esta publicación, se refiere al sector de agua potable y saneamiento básico.
- **Servicios:** Se entienden por tales, para efectos de esta publicación, conjuntamente los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo tal como están definidos en la Ley 142 de 1994 con sus respectivas actividades complementarias.
- **Ventanilla Única:** Mecanismo implementado en el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través del cual se presentan y viabilizan los proyectos del Sector de Agua Potable y Saneamiento atendiendo los requisitos establecidos para tal efecto. El PDA se considera, de manera integral, como un proyecto y en tal sentido, de conformidad con lo señalado en el numeral 7 y en el párrafo del artículo 10 del Decreto 3200 de 2008, los proyectos que lo conforman deben surtir el mecanismo de Ventanilla Única.

## Anexos

Ver CD adjunto.







Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial  
Viceministerio de Agua y Saneamiento

República de Colombia

Plan Departamental para el Manejo Empresarial de los servicios de Agua y Saneamiento • **ANTIOQUIA**



2 0 1 0