



**Construcción del sistema de acueducto multiveredal El Barcino en las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia**

Javier Alonso Ramírez Salazar

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Sanitario

Asesora

María Camila Grueso, Magíster (MSc) en Ingeniería Ambiental

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Sanitaria  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2021

<b>Cita</b>	(Ramírez Salazar, 2021)
<b>Referencia</b>	Ramírez Salazar, J. A. (2021). <i>Construcción del sistema de acueducto multiveredal El Barcino en las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## Tabla de contenido

Resumen .....	1
Abstract .....	2
Introducción .....	3
1 Objetivos .....	5
1.1 Objetivo general .....	5
1.2 Objetivos específicos.....	5
2 Marco teórico .....	6
3 Metodología .....	8
4 Resultados .....	9
4.1 Descripción de la zona de estudio .....	9
4.2 Descripción del sistema de acueducto proyectado .....	11
4.2.1 Viviendas y proyección poblacional .....	11
4.2.2 Densidad poblacional .....	14
4.2.3 Fuente de abastecimiento del acueducto .....	14
4.3 Sistema de acueducto .....	16
4.3.1 Estructura de captación .....	18
4.3.2 Red de aducción .....	19
4.3.3 Desarenador .....	19
4.3.4 Planta de potabilización .....	20
4.3.5 Tanque de almacenamiento .....	21
4.3.6 Redes de distribución .....	22
4.3.7 Reguladora de presión .....	23
4.3.8 Válvulas.....	24
4.3.9 Macromedición .....	26

4.3.10 Micromedición .....	26
5 Discusión .....	28
6 Conclusiones .....	30
Referencias .....	31
Anexos .....	32

## Lista de tablas

Tabla 1. Población base actual, población flotante y población total para cada una de las veredas que integran el sistema de acueducto multiveredal El Barcino. Fuente Oficina del SISBEN del municipio de Campamento.....	12
Tabla 2. Parámetros de diseño para la proyección de la población. Fuente (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018). .....	12
Tabla 3. Estimación de la tasa de crecimiento de las veredas Guaduas, Plan de Rosa y El Barcino, mediante el anuario estadístico del DANE. Fuente (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018).....	13
Tabla 4. Parámetros del Sistema de Acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino. Fuente (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018).....	16

## Lista de imágenes

Imagen 1. Localización de la zona de estudio. Fuente (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018).....	10
Imagen 2. Perímetro sanitario y urbano. Fuente (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018).....	11
Imagen 3. Quebrada El Oso. Fuente (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018). .....	15
Imagen 4. Bocatoma. (a. Bocatoma tipo dique) (b. Rejilla para captación con barras en acero de 3/8”) (c. Niple en PVC en 6“ para la limpieza de la presa) (d. Construcción de Cámara de derivación ). .....	18
Imagen 5. Red de aducción en material PEAD. (a. Instalación de la tubería desde la salida del desarenador hacia la planta de tratamiento de agua) (b. Instalación de tubería en diámetro de 110 milímetros, cerca de la planta de tratamiento) .....	19
Imagen 6. Desarenador. (a. Construcción del desarenador) (b. Desarenador ).....	20
Imagen 7. Planta de potabilización. (a. Construcción de la caseta de la planta) (b. Tanque floculador y tanque disipador de energía) (c. Filtros) (d. Tanque de contacto para la desinfección).....	21
Imagen 8. Tanque de almacenamiento. (a. Tanque de almacenamiento de 55 mil Litros vista frontal) (b. Tanques de almacenamiento vista posterior ).....	22
Imagen 9. Red de distribución. (a. Red de tubería en diámetro 110 mm saliendo de la planta de tratamiento de agua) (b. Pega de tubería en termofusión) (c. Instalación de tubería en 110 mm en una zona llamada las Peñas, se debió encamisar en acero y concreto ya que era imposible la excavación en el terreno) (d. Instalación de tubería en 20 mm para las redes domiciliarias).....	23
Imagen 10. Reguladora de presión domiciliaria. Fuente (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Imagen 11.Reguladora de presión domiciliaria. (a. Reguladora de presión domiciliaria dentro de una cajilla para proteger el sistema) (b. Reguladora de presión vista desde la salida del sistema). .....	24
Imagen 12. Válvulas. (a. Válvula para purga en el sistema de tubería) (b. Válvula ventosa) (c. Tanque de quiebre) (d. Válvula de corte) (e. Instalación de Estación reguladora de presión) (f. Estación reguladora de presión lista para su funcionamiento).....	25
Imagen 13. Macromedidor. (a. Vaciado en concreto para la caja del macro medidor) (b. Encofrado para el vaciado del concreto de la caja para macromedidor) (c. Parrilla para el vaciado de la caja para el macromedidor) (d. Tapa en acero inoxidable puesta sobre la caja para protección del macromedidor ). .....	26

Imagen 14. Micromedidores. (a. Cajilla y micromedidor) (b. Micromedidor con sus válvulas para su correcto funcionamiento).....27

## Resumen

El acceso al agua potable en Colombia en zonas rurales todavía tiene restricciones y limitantes que no permiten el goce satisfactorio del derecho que tienen todas las personas de tener este líquido vital en condiciones óptimas. Este trabajo consiste en mostrar el proceso constructivo del sistema de acueducto multiveredal El Barcino en las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia. Se identificó la zona de construcción y la microcuenca de la cual se realiza la captación del agua para el acueducto, los indicadores y su evaluación en las condiciones actuales permitieron establecer que la cobertura de acueducto es del 90%. Las veredas se abastecen mediante un sistema de acueducto que cumple con todos los requerimientos ingenieriles y con la normatividad nacional aplicada que le lleva a la comunidad agua potable sin interrupciones desde la planta de tratamiento hasta cada una de las viviendas. La cobertura de micromedición instalada y efectiva permite conocer los consumos individuales y controlar las pérdidas del sistema.

*Palabras clave:* agua potable, acueducto, planta de tratamiento, cobertura.



### **Abstract**

Access to drinking water in Colombia in rural areas still has restrictions and limitations that do not allow the satisfactory enjoyment of the right that all people have of this vital liquid in optimal conditions. This work consists of showing the construction process of the El Barcino multiveredal aqueduct system in the Plan de la Rosa, Guaduas and El Barcino villages in the municipality of Campamento, Antioquia. The construction zone and the micro-basin from which the water is collected for the aqueduct were identified, the indicators and their evaluation under current conditions allowed establishing that the aqueduct coverage is 90%. The sidewalks are supplied by an aqueduct system that complies with all engineering requirements and with the national regulations applied that brings drinking water to the community without interruptions from the treatment plant to each of the homes. The installed and effective micrometering coverage allows to know the individual consumptions and control the losses of the system.

*Keywords:* drinking water, treatment plant, aqueduct, coverage.

## Introducción

El agua es un elemento de vital importancia para el ser humano ya sea para sus actividades cotidianas o para su consumo. El agua se encuentra en la naturaleza de diversas formas, solo el 2.5 % del agua total del planeta es agua dulce, desglosada en glaciares, permafrost, aguas subterráneas, agua superficial y atmosférica, que incluyen los lagos de agua dulce, otros humedales, la humedad del suelo, ríos, atmósfera, plantas y animales. El agua dulce se puede consumir y ser utilizada para diversas actividades que requieren las personas ya sea en industria como en los hogares (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

El acceso a agua potable en Colombia en zonas rurales todavía tiene restricciones y limitantes que no permiten el goce satisfactorio del derecho que tienen todas las personas de tener este líquido vital en condiciones óptimas. Con la meta de llevar agua potable a las zonas rurales el Gobierno a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico implementó el programa de Agua al Campo, el cual busca cerrar las brechas en materia de cobertura, continuidad y calidad en las zonas rurales del país. La meta del programa es que para el año 2022, con Agua al Campo se espera incrementar la cobertura en acueducto y alcantarillado en los municipios priorizados, pasando del 24% al 40% en acueducto y del 10% al 22% en alcantarillado (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2021).

Campamento es un municipio localizado en el norte del departamento de Antioquia, posee en la mayor parte de sus veredas presencia abundante de recurso hídrico natural, sin embargo, parte de esa agua es no potable y hay veredas que en época de verano presentan desabastecimiento de agua. El acueducto fue construido para las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino; está a cargo de la empresa UNIÓN TEMPORAL EL BARCINO, la cual tiene larga trayectoria relacionada con la construcción de acueductos en las zonas rurales.

En este trabajo se presenta el proceso constructivo del sistema de acueducto multiveredal El Barcino en las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia; se realizó la identificación de la zona de construcción y la microcuenca de la cual se realiza la captación del agua para el acueducto. Se construyeron la aducción, el desarenador, la planta de tratamiento, el tanque de almacenamiento, el macromedidor, la conducción, las cámaras de quiebre, las válvulas de purga, las válvulas ventosas, los medidores y las obras domiciliarias internas. Por último, se puso en marcha el sistema de potabilización verificando que cumpla con las características fisicoquímicas exigidas por la Resolución 2115 de 2007 y las consideraciones técnicas presentadas en la Resolución 0330 de 2017.

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Construir el sistema de acueducto multiveredal El Barcino en las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Identificar la zona de construcción y la microcuenca de la cual se realiza la captación del agua para el acueducto.
- Realizar la construcción de la aducción, el desarenador, la planta de tratamiento, el tanque de almacenamiento, el macromedidor, la conducción, las cámaras de quiebre, las válvulas de purga, las válvulas ventosas, los medidores y las obras domiciliarias internas.
- Poner en marcha el sistema de potabilización verificando que cumpla con los estándares de calidad exigidos por la Resolución 2115 de 2007 y las consideraciones técnicas presentadas en la Resolución 0330 de 2017.

## 2 Marco teórico

La Resolución 0330 de 2017, por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, establece el procedimiento general para el desarrollo de proyectos de agua potable y saneamiento básico.

Un acueducto rural es un sistema de abastecimiento de agua potable para una población rural; el sistema tiene su punto de partida en la microcuenca, de la cual se toma el agua de abastecimiento del acueducto; la microcuenca es el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales. Después de identificar el punto de captación (bocatoma), se construye una obra hidráulica que conduzca el agua hacia una presa que almacena el agua; antes de su ingreso al tanque, el líquido pasa por una rejilla que sirve de filtro para las partículas de gran tamaño (pretratamiento) y una caja de derivación que sirve para orientar el agua hacia el desarenador.

El desarenador es el componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica (EPM, 2009). La planta de tratamiento es el lugar del acueducto donde el agua se purifica para después llevarla a los usuarios. La planta se compone de un vertedero, el cual es una lámina metálica cuadrada con una abertura en forma de “V” que permite el paso del agua junto a la cual hay una rejilla para medir el nivel; con esta medición, se calcula el caudal de ingreso a la planta de tratamiento. Al pasar por este vertedero, el agua forma una especie de cascada, momento en el cual se aprovecha para agregarle por goteo el coagulante que ayuda a la coagulación y desestabilización de partículas que están en el agua, y luego a la floculación o transporte de partículas hacia el fondo del sedimentador. Otro de los componentes de la planta de tratamiento son los dosificadores de cal y coagulante, los cuales son tanques donde se realiza la dosificación de estos químicos, para luego agregárselos a la

---

cascada que genera la caída del agua del vertedero. La cal ayuda a ajustar el pH del agua y la acción del coagulante neutraliza las cargas de los coloides cargados negativamente formando los floc, que son cúmulos de partículas recogidas por el coagulante; cuando el floc consigue un peso óptimo, se va al fondo del sedimentador. Otro de los elementos de la planta de tratamiento es el floculador, el cual es un tanque especial con unos tabiques para que el agua circule lentamente, con el fin de dar tiempo para que se formen los floc. El sedimentador es una estructura donde se efectúa la remoción de las partículas gruesas por efecto de la gravedad; sus principales elementos son la zona de ingreso, la zona de sedimentación y la salida; es un tanque donde el agua circula lentamente para que los floc se dirijan al fondo y luego se puedan sacar en forma de lodo. El agua es conducida por una tubería llamada, comúnmente, tubería madre o principal, que se encarga de llevar el agua tratada a través de los filtros, que son unos tanques con grava gruesa (triturado), arena y antracita (carboncillo) que eliminan las partículas que todavía no se hayan decantado en el proceso anterior. Mediante el dosificador de cloro (recipiente con cloro y agua) se agrega cloro al agua, este elemento elimina las bacterias, hongos y virus que contiene el agua y la convierte en apta para el consumo humano (ISAGEN, 2010). Para poder dirigir el agua potable hacia los usuarios, el agua pasa por un macromedidor, el cual indica el volumen de agua que sale por el acueducto en un periodo de tiempo determinado. Antes de ingresar el agua a las residencias, se instalan medidores que permiten conocer el consumo de cada usuario, para posteriormente efectuar el cobro del servicio.

### 3 Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos del proyecto, el primer paso fue el reconocimiento de la zona de construcción del proyecto y la revisión de los diseños del sistema de acueducto multiveredal El Barcino en las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y el Barcino. Se tuvieron en cuenta los informes de calidad de agua en la captación, diagnóstico y diseño hidrológico, sistema de tratamiento y oferta hídrica, además de los planos donde se detallaban todas las especificaciones requeridas para construir satisfactoriamente el acueducto y poder cumplir la normatividad vigente.

El segundo paso fue efectuar un diagnóstico del porcentaje de avance de las obras, el cual dio como resultado que en el acueducto solo se habían efectuado avances en la bocatoma y la instalación de tuberías. A partir de este punto, se empezó a tener participación en la construcción del acueducto, dependiendo de la fase en que se encontraba el proyecto, se debían realizar las funciones propias del ingeniero residente, entre las cuales se incluía el manejo y supervisión del personal de obra, las visitas a todas las áreas de la zona de construcción, el registro de los materiales utilizados y almacenados en la bodega, además del contacto con los proveedores, la realización de pruebas hidrostáticas y toma de medidas de presión en las válvulas, elaboración de actas de entrega e informes de seguimiento, entre otras.

Para medir los impactos generados en la comunidad beneficiaria producto de la construcción y operación del acueducto se tuvieron en cuenta los indicadores actuales del sistema de acueducto, que incluyen la cobertura del servicio de acueducto, la continuidad del servicio y la cobertura de micromedición instalada y efectiva; se realizó una comparación entre las condiciones de estos indicadores antes y después de la implementación del sistema de acueducto.

## 4 Resultados

### 4.1 Descripción de la zona de estudio

El municipio de Campamento está ubicado al norte del Valle de Aburrá sobre el ramal nororiental de la cordillera central a los  $6^{\circ}58'45.15''$  de latitud norte y a los  $75^{\circ}17'43.14''$  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 (Alcaldía Municipio de Campamento, 1999).

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 Yerbal 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. 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 (Alcaldía Municipio de Campamento, 1999).

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. 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 msnm y desemboca a los 650 msnm. Por último, el río San Pablo, el cual nace en la zona suroeste del municipio de Santa Rosa de Osos a unos 1100 msnm y desemboca en el río Nechí a unos 850 msnm. En cuanto a climatología, en el municipio de Campamento, se destacan zonas de vida de bosque húmedo premontano, tierra cafetera húmeda,



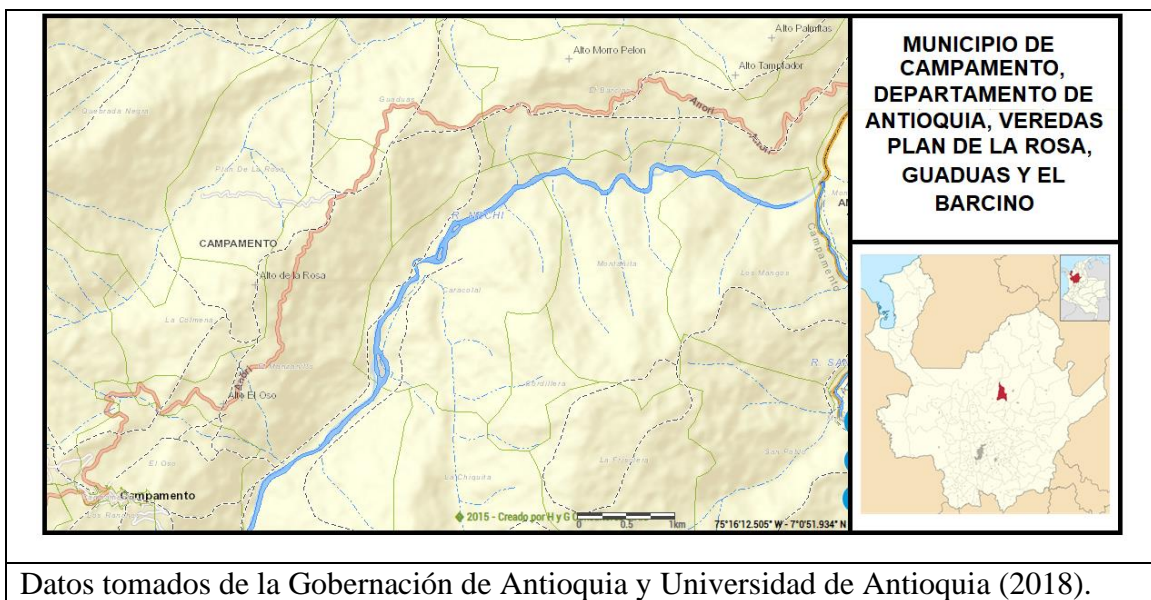
bosque pluvial montano bajo, tierras frías súper húmedas, bosque seco tropical, tierra caliente seca, bosque muy húmedo premontano y bosque muy húmedo montano bajo. El clima que se presenta en la mayor área del municipio es templado tropical húmedo. (Alcaldía Municipio de Campamento, 1999).

En la lización de la zona de estudio.

**Imagen 1** se presenta la localización de la zona de estudio.

### Imagen 1.

*Localización de la zona de estudio.*

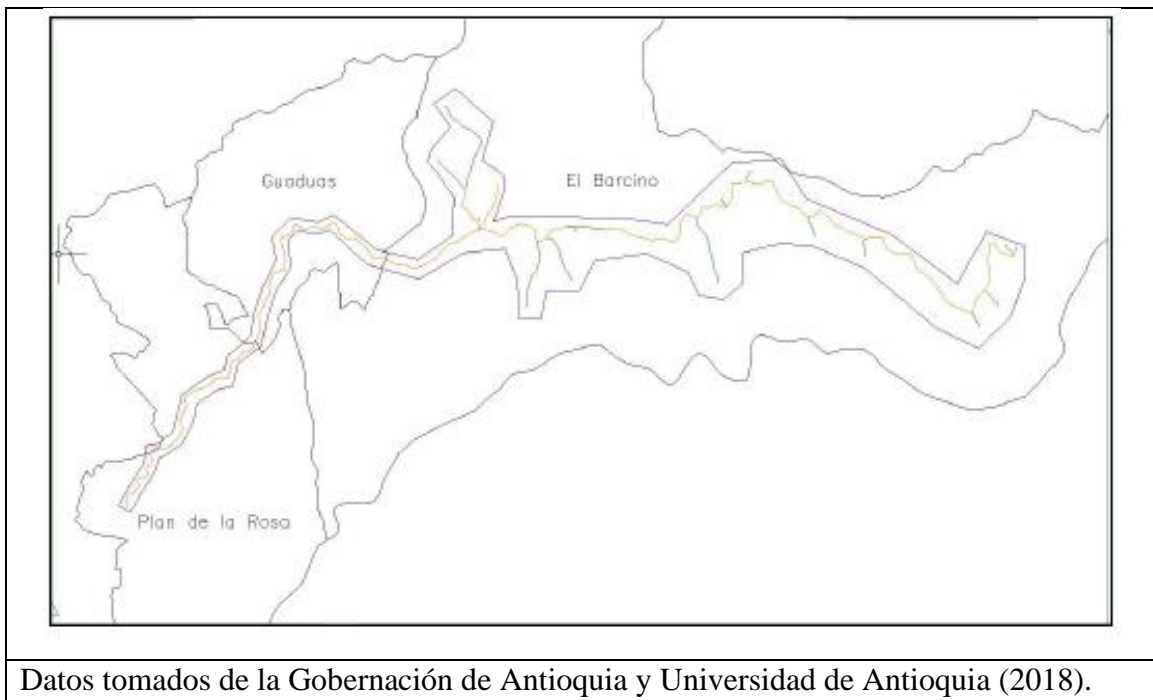


El perímetro sanitario y urbano del acueducto multiveredal El Barcino fue definido por parte del personal técnico, el cual asegura la cobertura del servicio a toda la población objetivo; dicho perímetro equivale a un área de 1.74 Km<sup>2</sup> (A.A.S S.A., 2013). En la

**Imagen 2** se presenta el perímetro sanitario y urbano.

**Imagen 2.**

*Perímetro sanitario y urbano.*



Datos tomados de la Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia (2018).

## **4.2 Descripción del sistema de acueducto proyectado**

### **4.2.1 Viviendas y proyección poblacional**

Las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino no contaban con un sistema de acueducto convencional: cada una de las viviendas existentes de estas veredas se abastecían de fuentes cercanas a sus hogares. El agua que captaban para uso doméstico y consumo humano era agua cruda que no tenía control alguno, es decir, que no se le aplicaba ningún tratamiento para mejorar sus parámetros de calidad aumentando las probabilidades de la propagación de enfermedades de origen hídrico en la comunidad. Para el sistema de acueducto proyectado, se solicitó ante la oficina del SISBEN los datos de la población más actualizados que se tuvieran

registrados. Para la estimación de la población flotante se consideraron sus actividades económicas como el cultivo de caña de azúcar y fabricación de panela, el cultivo de frijol, tomate, entre otros; la población flotante se estimó como el 10% de la población total existente. Los datos de la población (habitantes), la población flotante y el total general se muestran en Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Población base actual, población flotante y población total para cada una de las veredas que integran el sistema de acueducto multiveredal El Barcino.*

<b>Vereda</b>	<b>Población (habitantes)</b>	<b>Población flotante</b>	<b>Población total</b>
Guaduas	108	10	118
Plan de la Rosa	479	49	528
El Barcino	310	31	341
<b>Total</b>	<b>897</b>	<b>90</b>	<b>987</b>

Datos tomados de la oficina del SISBEN del municipio de Campamento.

Partiendo del nivel de complejidad establecido para el sistema se seleccionó el período de diseño y el método de proyección correspondiente para realizar las proyecciones hasta el horizonte del proyecto. El período de diseño para el cual se realizan las proyecciones de población es de 25 años y se determinó mediante la Resolución 0330 de 2017. En la Tabla 2 se resumen los parámetros para la proyección de la población.

**Tabla 2.**

*Parámetros de diseño para la proyección de la población.*

<b>Aspectos</b>	<b>Consideraciones</b>
Población total actual	990 habitantes
Periodo de diseño	25 años
Tasa de crecimiento	1.40%

Datos tomados de la Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia (2018).

Con la obtención de la tasa de crecimiento, la cual se calculó haciendo uso de los datos consignados en el anuario estadístico para la población rural del departamento de Antioquia, rural

de la subregión del norte antioqueño y rural del municipio de Campamento, registrados por el DANE desde los años 1964 hasta el 2005, se obtuvo la proyección de la población para el período de diseño establecido inicialmente (Tabla 3).

**Tabla 3.**

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

<b>AÑO</b>	<b>PROYECCIÓN GEOMETRICA</b>	<b>PROYECCIÓN EXPONENCIAL</b>	<b>PROYECCIÓN WAPPAUS</b>	<b>PROYECCIÓN PROMEDIO</b>
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	1061
2024	1076	1077	1076	1076
2025	1091	1092	1091	1091
2026	1107	1108	1107	1107
2027	1122	1123	1122	1122
2028	1138	1139	1138	1138
2029	1154	1155	1154	1154
2030	1170	1171	1170	1170
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	1308	1310	1310	1309
2039	1326	1329	1328	1328
2040	1345	1348	1347	1347
2041	1364	1367	1367	1366
2042	1383	1386	1386	1385

<b>AÑO</b>	<b>PROYECCIÓN GEOMETRICA</b>	<b>PROYECCIÓN EXPONENCIAL</b>	<b>PROYECCIÓN WAPPAUS</b>	<b>PROYECCIÓN PROMEDIO</b>
2043	1402	1406	1406	1405

Datos tomados de la Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia (2018).

De acuerdo a los resultados de la Tabla 3, se tomó como población base para el cálculo de la demanda futura del sistema de acueducto multiveredal “El Barcino”, 1405 habitantes en el año 2043 (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018).

#### ***4.2.2 Densidad poblacional***

Para la determinación de este dato, se hizo 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 viviendas en las tres veredas, como resultado de este procedimiento se obtiene una densidad poblacional de 4.45 habitante/vivienda (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018).

#### ***4.2.3 Fuente de abastecimiento del acueducto***

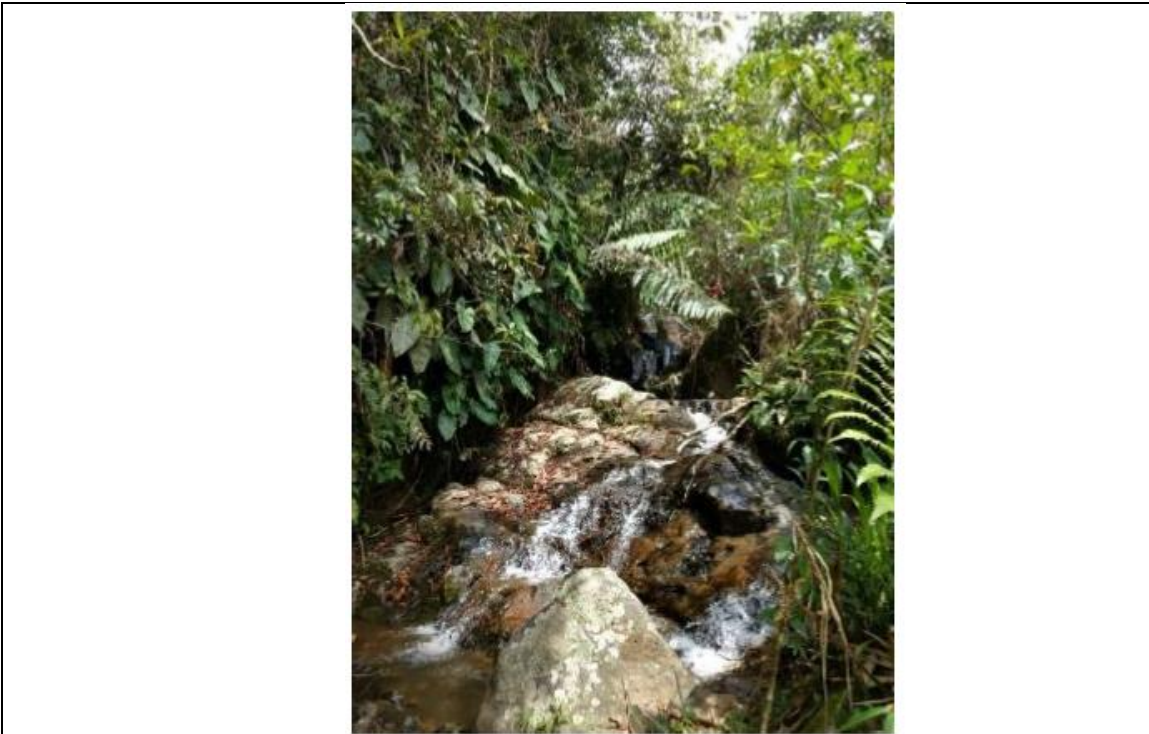
El Afluente de la quebrada El Oso (Imagen 3), es la fuente de abastecimiento para el Sistema de Acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino. Se encuentra ubicada en la vereda La Colmena, aproximadamente a 22 metros de la vía Campamento-Anorí; presenta un caudal de 29.4 l/s. 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.

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 (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018).

**Imagen 3.**

*Quebrada El Oso.*



Datos tomados de la Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia (2018).

### 4.3 Sistema de acueducto

A continuación, se presenta el registro fotográfico y la descripción de la construcción de cada una de las etapas del Sistema de Acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino. Los diseños realizados por el Programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad – Planes Departamentales para el manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento PAP-PDA de la Gobernación de Antioquia y la Universidad de Antioquia se presentan en el Anexo 1. En este Anexo se especifican los métodos usados para calcular la proyección poblacional, la dotación neta actual y neta futura del sistema, la dotación bruta actual y bruta futura del sistema, los coeficientes de consumo (K1 y K2), la estimación de la demanda actual y futura, que incluye el cálculo del caudal medio diario, el caudal máximo diario y el caudal máximo horario, también se incluyó el almacenamiento requerido actual y futuro. En la Tabla 4 se muestra el resultado arrojado para los parámetros tenidos en cuenta en el diseño del acueducto.

**Tabla 4.**

*Parámetros del Sistema de Acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino.*

AÑO	POBLACIÓN (hab)	DOTACIÓN NETA DE AGUA DE CONSUMO (l/hab.día)	DOTACIÓN BRUTA DE AGUA DE CONSUMO (l/hab.día)	CAUDAL MEDIO (Qmed) (l/s)	CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)	CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH)	VOL. ALMAC. (1/3 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	2.1	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

AÑO	POBLACIÓN (hab)	DOTACIÓN NETA DE AGUA DE CONSUMO (l/hab.día)	DOTACIÓN BRUTA DE AGUA DE CONSUMO (l/hab.día)	CAUDAL MEDIO (Qmed) (l/s)	CAUDAL MÁXIMO DIARIO (QMD)	CAUDAL MÁXIMO HORARIO (QMH)	VOL. ALMAC. (1/3 QMD) m3
					K1 = 1.3 (l/s)	K2 = 1.6 (l/s)	
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	3.1	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	2.7	3.51	5.62	101
2041	1366	130	173	2.74	3.56	5.7	103
2042	1385	130	173	2.78	3.61	5.78	104
2043	1405	130	173	2.82	3.66	5.86	106

Datos tomados de la Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia (2018).

De la Tabla 4 se observa que al final del horizonte de diseño (año 2043), se demanda un caudal máximo diario (QMD) de 3.66 l/s, mientras se requiere una capacidad de almacenamiento de 106 m<sup>3</sup> (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018).



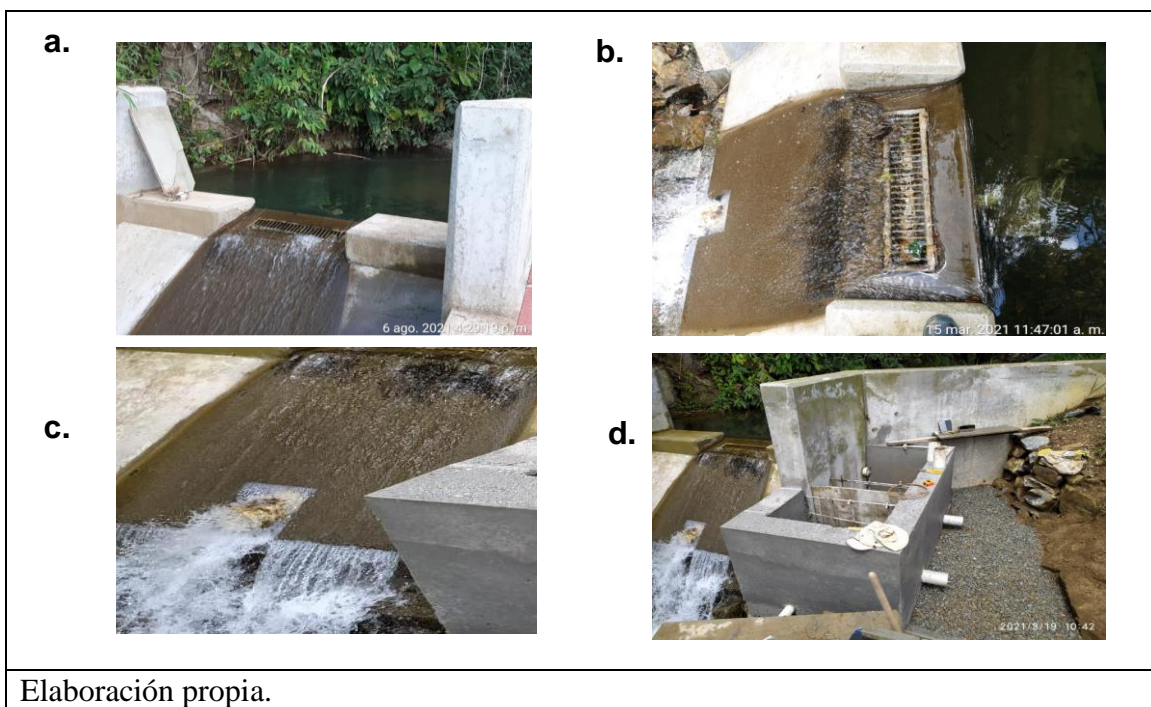
### 4.3.1 Estructura de captación

Se construyó un sistema de captación tipo Dique-Toma, 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 rejillas 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, 2004). La bocatoma tipo dique-toma fue construida en concreto reforzado, está 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. En la

Imagen 4 se puede observar la bocatoma construida en la obra.

#### Imagen 4.

*Bocatoma. (a. Bocatoma tipo dique) (b. Rejilla para captación con barras en acero de 3/8") (c. Niple en PVC en 6" para la limpieza de la presa) (d. Construcción de Cámara de derivación).*



Elaboración propia.

### 4.3.2 Red de aducción

Se instaló con tubería tipo PEAD (polietileno de alta densidad), debido a que la red de aducción se localiza por la margen derecha de la vía Campamento-Anorí, y por su topografía irregular y curvas pronunciadas, es proclive a presentar deslizamientos con regularidad. La tubería tipo PEAD es más resistente y flexible que la tubería en PVC, por lo que puede deformarse sin sufrir daño permanente y sin generar efectos adversos sobre el servicio a largo plazo. En la

Imagen 5 se puede observar la red de aducción construida en la obra.

#### Imagen 5.

*Red de aducción en material PEAD. (a. Instalación de la tubería desde la salida del desarenador hacia la planta de tratamiento de agua) (b. Instalación de tubería en diámetro de 110 milímetros, cerca de la planta de tratamiento).*



Elaboración propia.

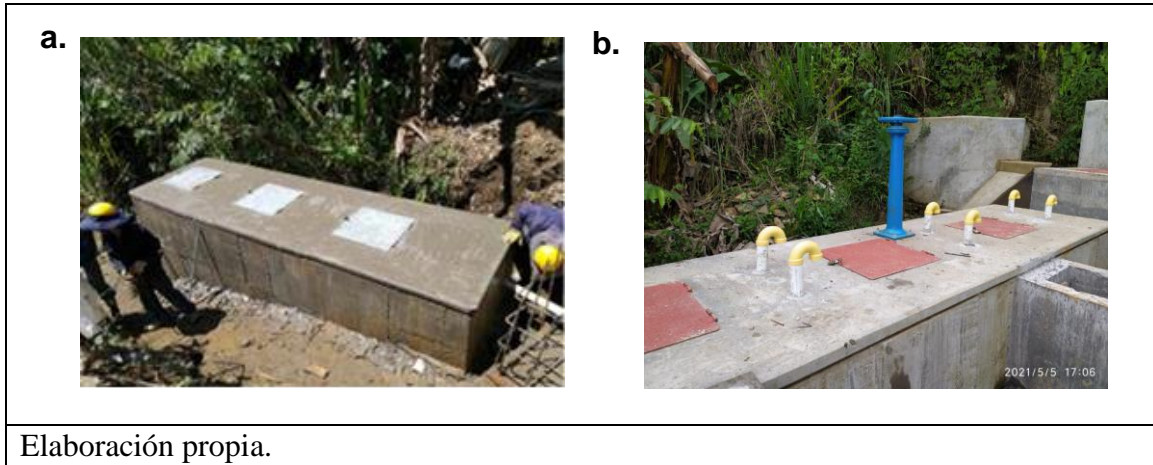
### 4.3.3 Desarenador

Se construyó una estructura rectangular en concreto reforzado, debido a las condiciones topográficas y geomorfológicas de la zona. Se trata de un desarenador de flujo horizontal compuesto de tres zonas: zona de entrada, zona de sedimentación y zona de salida; cumpliendo la Resolución 330 de 2017 la estructura asegura la remoción de partículas con diámetro mínimo de 0.1 mm. En la

Imagen 6 se puede observar el desarenador construido en la obra.

**Imagen 6.**

*Desarenador. (a. Construcción del desarenador) (b. Desarenador).*

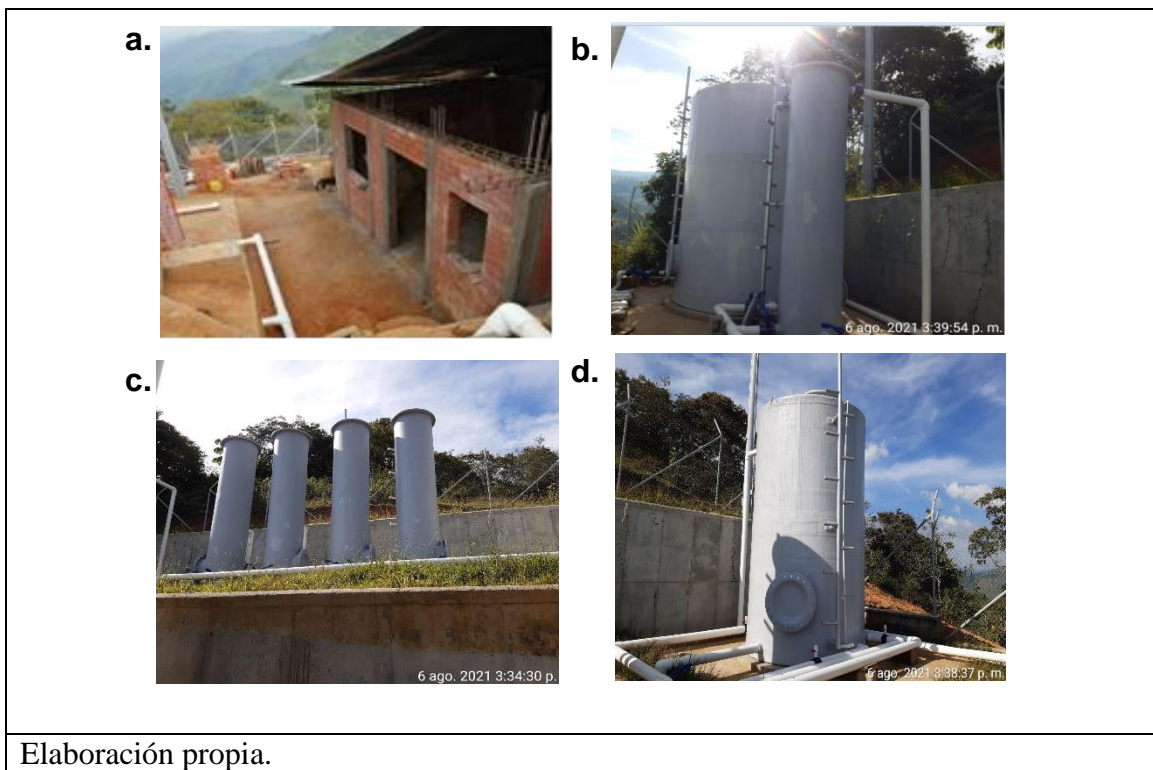
**4.3.4 Planta de potabilización**

Para dar cumplimiento a la Resolución 2115 de 2007 se implementó un sistema de filtración convencional ascendente-descendente, en el cual 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. El sistema de tratamiento consiste en aplicar bajas dosis de coagulante en la entrada del sistema (20-25% menos de lo normal) al agua previamente desarenada. Se garantizan las zonas de tratamiento; la filtración ascendente, que está 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; la filtración descendente, donde 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 (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018). En la Imagen 7 se puede observar la planta de potabilización construida en la obra.

**Imagen 7.**

*Planta de potabilización. (a. Construcción de la caseta de la planta) (b. Tanque floculador y tanque dissipador de energía) (c. Filtros) (d. Tanque de contacto para la desinfección).*



#### **4.3.5 Tanque de almacenamiento**

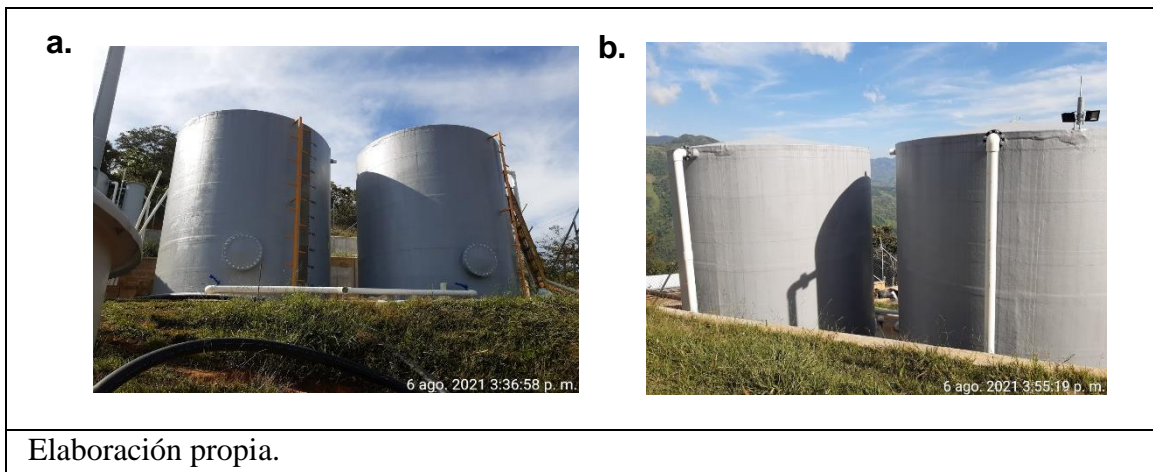
Se construyó un tanque que cumpliera con la capacidad de almacenamiento continuo requerida para el periodo de diseño establecido con una capacidad instalada de 106 m<sup>3</sup>; se construyeron dos tanques en fibra de vidrio, cada uno de una capacidad de 55 m<sup>3</sup>. En la



Imagen 8 se puede observar el tanque de almacenamiento construido en la obra.

**Imagen 8.**

*Tanque de almacenamiento. (a. Tanque de almacenamiento de 55 mil Litros vista frontal) (b. Tanques de almacenamiento vista posterior).*



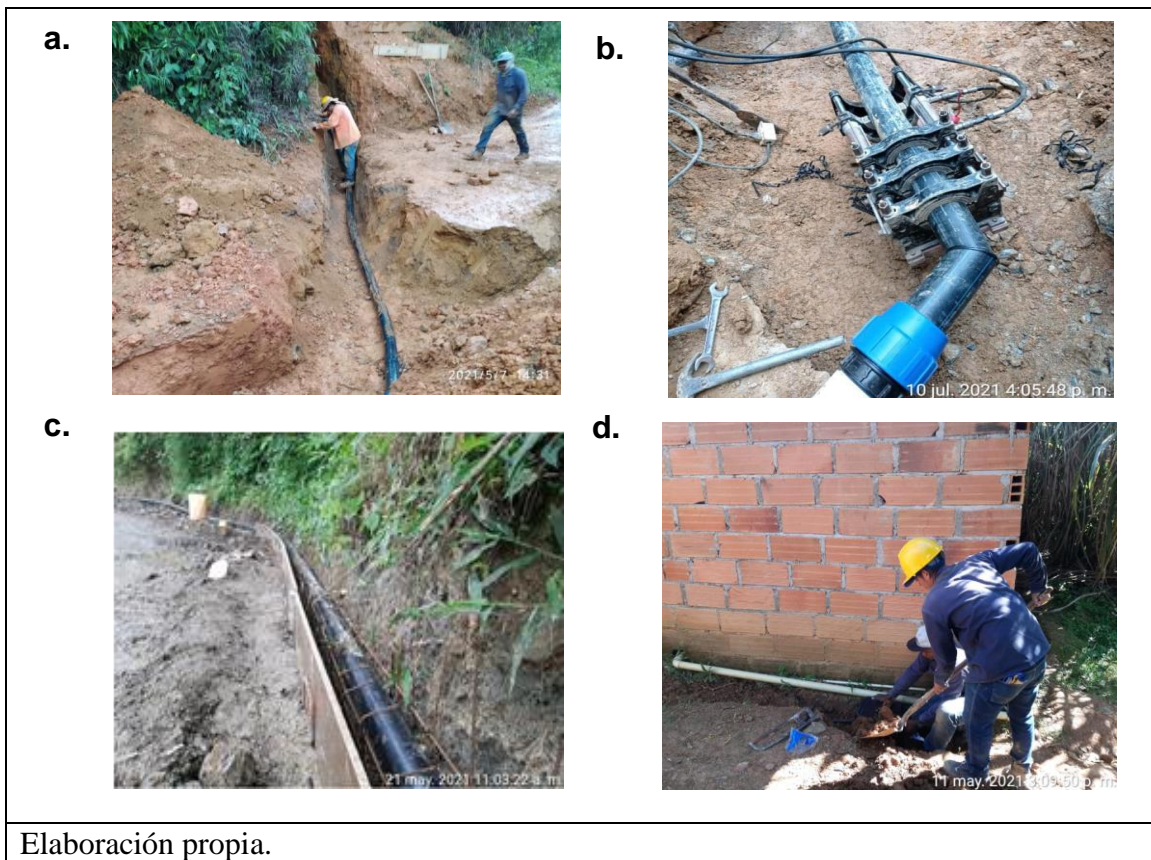
#### **4.3.6 Redes de distribución**

Fue necesario realizar las redes completamente desde cero, ya que la zona no contaba con red de distribución en buenas condiciones. El material utilizado fue polietileno de alta densidad (PEAD), el cual presenta las siguientes características: su instalación es más fácil y rápida porque tiene un peso más liviano, es más económico ya que transportan un mayor volumen de agua que las tuberías convencionales, las obras son más rápidas de ejecutar, se minimiza el uso de accesorios, son sismorresistentes, El material es 100% atóxico (ideal para la conducción de agua potable), gran resistencia al impacto y a los suelos abrasivos (Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia, 2018). En la

Imagen 9 se puede observar la red de distribución construida en la obra.

**Imagen 9.**

*Red de distribución. (a. Red de tubería en diámetro 110 mm saliendo de la planta de tratamiento de agua) (b. Pega de tubería en termofusión) (c. Instalación de tubería en 110 mm en una zona llamada las Peñas, se debió encamisar en acero y concreto ya que era imposible la excavación en el terreno) (d. Instalación de tubería en 20 mm para las redes domiciliarias).*



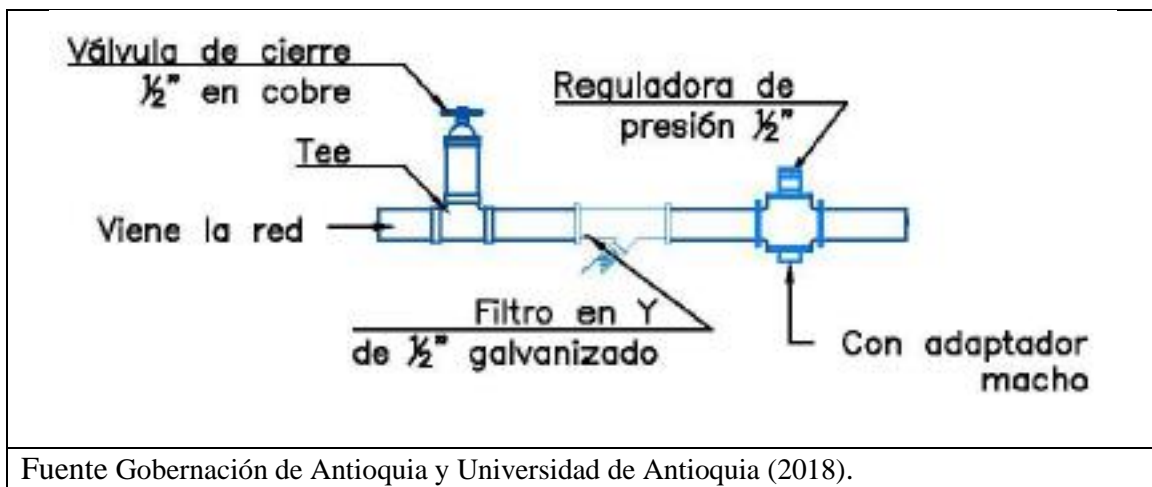
### 4.3.7 Reguladora de presión

Debido a las altas presiones y con el objetivo de evitar daños en las redes domiciliaria se instalaron 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

Imagen 10.

**Imagen 10.**

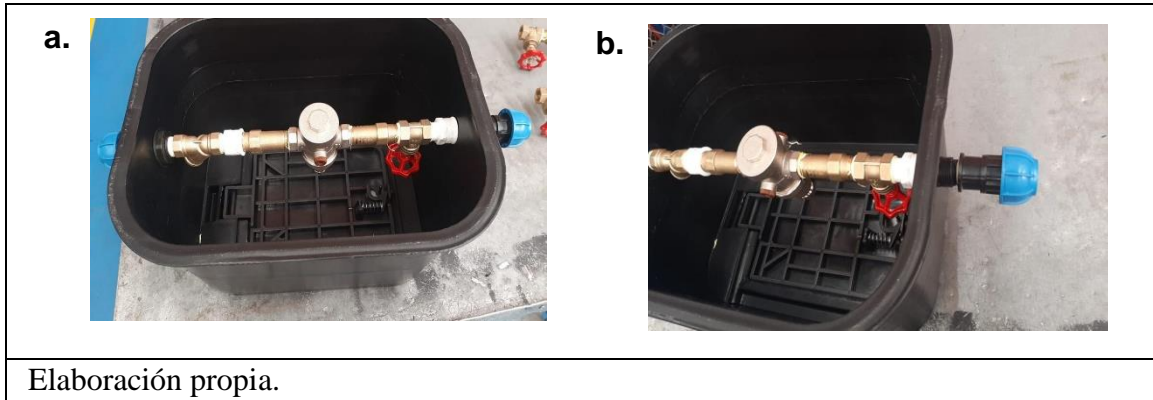
*Reguladora de presión domiciliaria.*



En la Imagen 11 se puede observar la reguladora de presión construida en la obra.

**Imagen 11.**

*Reguladora de presión domiciliaria. (a.) Reguladora de presión domiciliaria dentro de una cajilla para proteger el sistema (b.) Reguladora de presión vista desde la salida del sistema.*



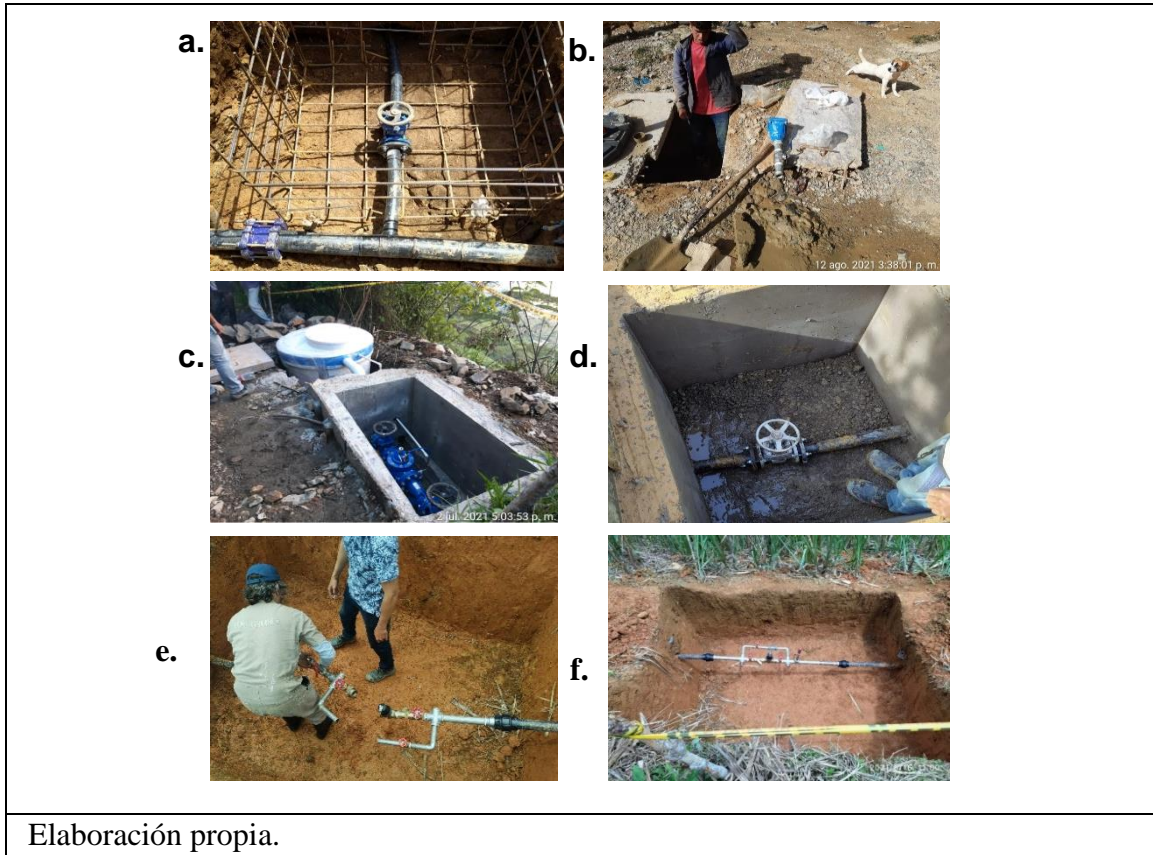
#### 4.3.8 Válvulas

Se instalaron veintiún (25) válvulas en la red de distribución. Se tienen 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 instalaron quince (15) tanques de quiebre 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 instaló una (1) válvula reguladora de presión de 1 ½ pulgadas en uno de sus ramales, para garantizar que la presión se reduzca en dicho tramo. Finalmente se colocaron 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. En la Imagen 12 se puede observar las válvulas construidas en la obra.

#### Imagen 12.

*Válvulas. (a. Válvula para purga en el sistema de tubería) (b. Válvula ventosa) (c. Tanque de quiebre) (d. Válvula de corte) (e. Instalación de Estación reguladora de presión) (f. Estación reguladora de presión lista para su funcionamiento).*



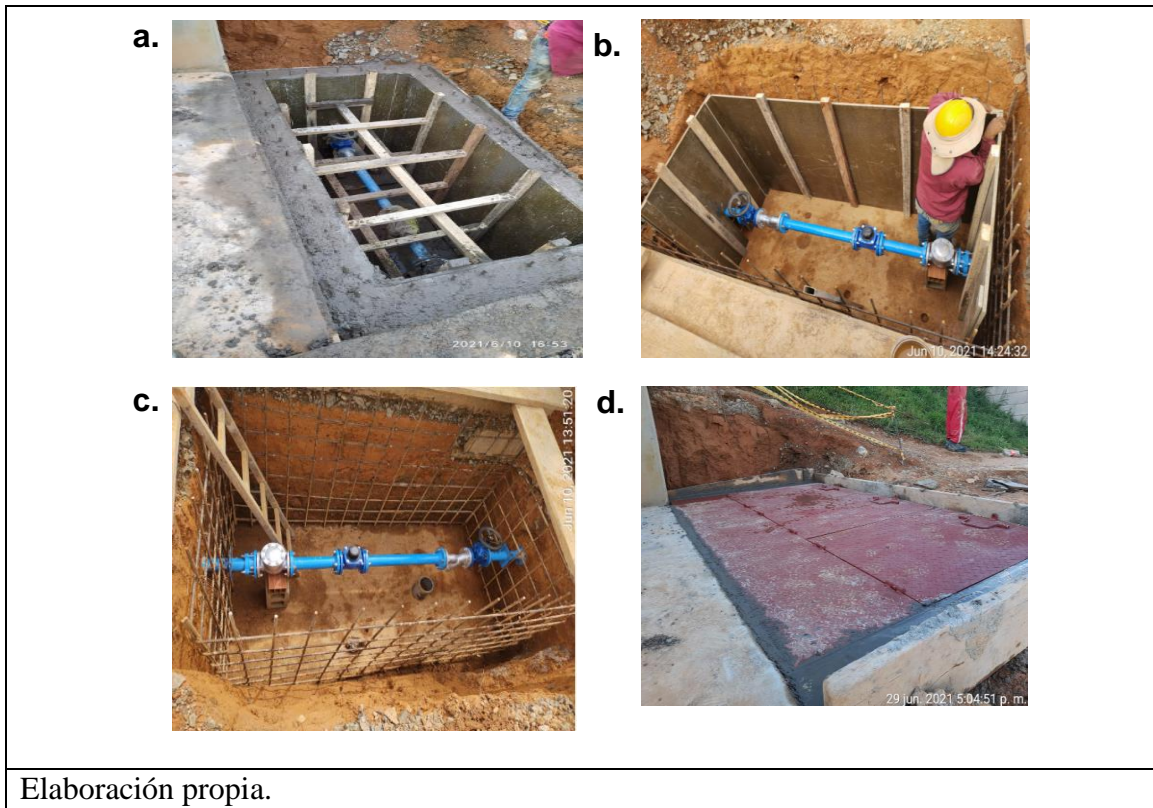


#### 4.3.9 Macromedición

Se construyó un macromedidor a la salida del tanque de almacenamiento, el cual permite la disminución del índice de agua no contabilizada (IANC). En la Imagen 13 se puede observar el macromedidor construido en la obra.

#### Imagen 13.

*Macromedidor. (a. Vaciado en concreto para la caja del macro medidor) (b. Encofrado para el vaciado del concreto de la caja para macromedidor) (c. Parrilla para el vaciado de la caja para el macromedidor) (d. Tapa en acero inoxidable puesta sobre la caja para protección del macromedidor).*

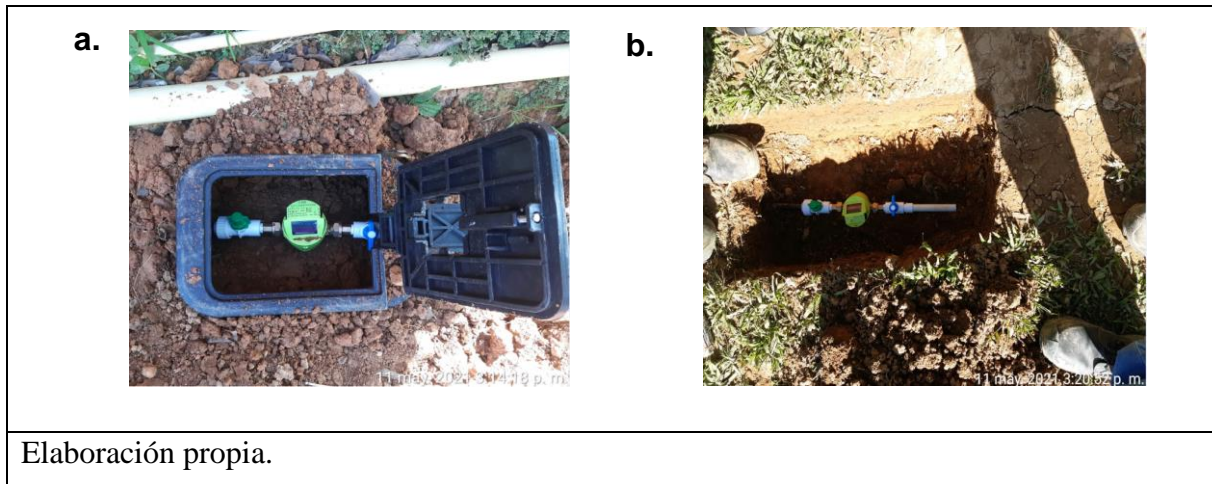


#### 4.3.10 Micromedición

La Resolución 330 de 2017 establece como obligatorio la instalación de medidores domiciliarios para cada uno de los suscriptores individuales del acueducto. EL medidor para agua de tipo volumétrico es de subtipo disco giratorio y está diseñado para medir agua potable fría (máximo 40° C). En la Imagen 14 se pueden observar los micromedidores construidos en la obra.

#### Imagen 14.

*Micromedidores. (a. Cajilla y micromedidor) (b. Micromedidor con sus válvulas para su correcto funcionamiento).*



## 5 Discusión

La Gobernación de Antioquia y la Universidad de Antioquia (2018) realizaron un diagnóstico del sistema de acueducto que se hallaba instalado en las veredas Plan de la rosa,

Guaduas y El Barcino, y así poder establecer las condiciones anteriores a la construcción del acueducto. Los indicadores y su evaluación para la situación anterior son los siguientes:

- Cobertura del servicio de acueducto: la cobertura de acueducto en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino era del 0%, además no había existencia de una entidad prestadora de servicios públicos que administrara los sistemas de acueducto y alcantarillado. Las veredas se abastecían mediante sistemas de acueducto artesanales los cuales llevaban el agua desde las fuentes o nacimientos hasta las viviendas utilizando mangueras tipo agrícola, sin embargo, no toda la población de las veredas contaba con este sistema, gran parte de la comunidad debía recoger el agua con baldes directamente desde la fuente o mediante sistemas individuales de recolección de aguas lluvia.

- Continuidad del servicio: no había continuidad del servicio en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, debido a que no había presencia de un sistema de acueducto convencional que suministrara el agua en la comunidad. Los habitantes de las veredas se abastecían mediante sistemas de acueducto artesanal los cuales no permitían medir la continuidad del servicio.

- Cobertura de micromedición instalada y efectiva: la cobertura de micromedición que se tenía instalada y efectiva era nula en el área de estudio, debido a que no había presencia de un sistema de acueducto convencional que abasteciera la zona con agua potable.

Después de terminado completamente el sistema de acueducto multiveredal El Barcino en las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y el Barcino se puede realizar un diagnóstico de las condiciones actuales y establecer los impactos positivos que generó el proyecto en la comunidad. Los indicadores y su evaluación para la situación actual son los siguientes:

- Cobertura del servicio de acueducto: la cobertura de acueducto en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino es del 90%, además se tratará de que la JAC El Barcino sea

la entidad prestadora de servicios públicos que administre el sistema de acueducto. Las veredas se abastecen mediante un sistema de acueducto que cumple con todos los requerimientos ingenieriles y con la normatividad nacional aplicada que le lleva a la comunidad agua potable desde la planta de tratamiento hasta cada una de las viviendas.

- Continuidad del servicio: se tiene continuidad del servicio en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino, debido a la presencia de un sistema de acueducto que suministra el agua sin interrupciones en la comunidad.

- Cobertura de micromedición instalada y efectiva: La cobertura de micromedición instalada es de 161 micromedidores, el resto se irá instalando en los próximos 20 años, así mismo, 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. La discusión es la interpretación crítica y el análisis de los resultados, que surgen de las preguntas de investigación.

## 6 Conclusiones

El proyecto tuvo como objetivo general presentar el proceso constructivo del sistema de acueducto multiveredal El Barcino en las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino en el municipio de Campamento, Antioquia. Se identificó la zona de construcción y la microcuenca de la cual se realiza la captación del agua para el acueducto, se mostró el proceso constructivo de la bocatoma la red de aducción, el desarenador, la planta de tratamiento, el tanque de almacenamiento, el macromedidor, la red de conducción, las cámaras de quiebre, las válvulas de purga, las válvulas ventosas, los medidores y las obras domiciliarias internas. En todo el proceso se efectuó la verificación y el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos por la Resolución 2115 de 2007 y las consideraciones técnicas presentadas en la Resolución 330 de 2017.

Los indicadores y su evaluación en las condiciones actuales permitieron establecer que la cobertura de acueducto en las veredas Guaduas, Plan de la Rosa y El Barcino es del 90%. Las veredas se abastecen mediante un sistema de acueducto que cumple con todos los requerimientos ingenieriles y con la normatividad nacional aplicada que le lleva a la comunidad agua potable sin interrupciones desde la planta de tratamiento hasta cada una de las viviendas. La cobertura de micromedición instalada y efectiva permite conocer los consumos individuales y controlar las pérdidas del sistema.



## Referencias

Alcaldía Municipio de Campamento. (1999). *Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT)*.

EPM. (2009). *Guía para el diseño Hidráulico*. Obtenido de [https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro\\_de\\_documentos/GuiaDisenoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/GuiaDisenoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf)

Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia. (2018). *Sistema de acueducto Multiveredal "El Barcino" veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino*.

ISAGEN. (2010). *Manual para el manejo de un acueducto rural*. Obtenido de [http://corpoceam.org/documentos/CARTILLA\\_ACUEDUCTOS.pdf](http://corpoceam.org/documentos/CARTILLA_ACUEDUCTOS.pdf)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Guía pedagógica de la calidad del agua para consumo humano*.

Moreno, J. (2004). Especificaciones técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales Lima, Perú. *Organización Panamericana de la Salud*.

Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2021). *Agua al Campo*. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/agua-al-campo>

### **Anexos**

Informe de diagnóstico y diseño. Construcción del Sistema de Acueducto multiveredal “El Barcino” para las veredas Plan de la Rosa, Guaduas y El Barcino realizados por el Programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad – Planes Departamentales para el manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento PAP-PDA de la Gobernación de Antioquia y la Universidad de Antioquia.