

Estudio de prefactibilidad para el diseño de la optimización del sistema de acueducto vereda Alto Grande, La Mesa - Cundinamarca

Jefferson Ramos Villanueva, Lizeth Lorena Buitrago Serrato & Yadith
Ginary Parra Cruz

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Especialización en Gerencia de Proyectos
Facultad de Ciencias Empresariales
Sede Virtual y a Distancia
Agosto 2019
Bogotá

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
UNIMINUTO Virtual y a Distancia

Formulación y evaluación

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE LA OPTIMIZACIÓN DEL
SISTEMA DE ACUEDUCTO VEREDA ALTO GRANDE, LA MESA - CUNDINAMARCA

Especialización en Gerencia de Proyectos –EGF–

Presenta:

Jefferson Ramos Villanueva, Lizeth Lorena Buitrago Serrato, Yadith Ginary Parra Cruz

Gestión social, participación y desarrollo comunitario.

Asesor tutor:

Mg: Wilson Camilo Vargas

Bogotá, Colombia, agosto de 2019

Resumen

El trabajo corresponde al estudio de investigación desarrollado en la vereda Alto Grande ubicada vía Anatoli en el municipio de La Mesa- Cundinamarca, teniendo en cuenta que el sistema actual presenta inconvenientes relacionados con el suministro de agua potable y baja calidad, deterioro de las estructuras y redes que lo componen, y adicional fue construido hace mucho tiempo sin tener en cuenta algunos requerimientos y especificaciones técnicas contenidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 y las normas que lo complementan y lo modifican.

Por lo anterior este trabajo de investigación presenta un estudio de prefactibilidad para el diseño de la optimización del sistema de acueducto, que ayude a mejorar la calidad de vida de la comunidad, mediante una alternativa viable, que permita la captación y distribución de agua potable, garantizando la seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia y sostenibilidad del sistema de acuerdo con las necesidades de la población a beneficiar.

Palabras clave: Acueducto, optimización, captación, distribución, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000

Abstract

The work corresponds to the research study developed in the Alto Grande sidewalk located via Anatoli in the municipality of La Mesa- Cundinamarca, taking into account that the current system has drawbacks related to the supply of drinking water and low quality, deterioration of the structures and networks that make up it, and additional was built a long time ago without taking into account some requirements and technical specifications contained in the Technical Regulations of the Potable Water and Basic Sanitation Sector RAS-2000 and the rules that complement and modify it.

This research paper herein, therefore presents a prefeasibility study for the design of the optimization of the aqueduct system, which helps to improve the quality of life of the community, through a viable alternative, that allows the acquisition and distribution of drinking water, ensuring safety, durability, proper operation, quality, efficiency and sustainability of the system according to the needs of the population to benefit.

Keywords: *Aqueduct, optimization, acquisition, distribution, Technical Regulation of the Potable Water and Basic Sanitation Sector RAS-2000*

Tabla de Contenidos

Problemática	3
Formulación	4
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos	7
Estado del arte.....	8
Marco conceptual.....	13
Marco político y legal	16
1. Estudio de mercado.....	21
1.1. Demografía	21
1.2. Geografía.....	21
1.2.1. Límites del municipio	23
1.3. Vías de comunicación	24
1.4. Hidrología y climatología	25
1.5. Geología.....	26
1.6. Zonas de amenaza.....	27
1.7. Población.....	27
1.8. Demanda	31
1.8.1. Índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI).....	31
1.8.2. Proyección de la población	31
1.8.3. Método aritmético de proyección	34
1.8.4. Método geométrico de proyección.....	35
1.8.5. Método exponencial de proyección	35
1.9. Oferta	38
1.9.1. Acueducto	38
2. Aspectos técnicos.....	42
2.1. Descripción general del proceso	43
2.1.1. Actividades por ejecutar	43
2.2. Maquinaria y equipos necesarios	47
2.3. Personal requerido	48
2.3.1. Personal profesional.....	48
2.3.2. Personal técnico y asistencial.....	49
2.4. Equipos	50
2.5. Distribución de planta	51
2.6. Criterios de diseño	55
2.7. Impacto ambiental.....	56
3. Estudio económico y financiero.....	59
3.1. Análisis financiero por indicador.....	65
3.1.1. Inversión por habitante	65
3.1.2. Indicador de cobertura	66
3.1.3. Indicador de necesidades básicas insatisfechas	66
3.1.4. Indicadores de Riesgo de Calidad del Agua	67
4. Diseño	69
4.1. Puntos de referencia	69



4.2.	Métodos de medición	71
4.2.1.	Aforo volumétrico	71
4.2.2.	Aforo por flotador	72
4.3.	Diseño de captación	73
4.3.1.	Dotación	74
4.3.2.	Captación de agua	78
4.4.	Desarenador	86
4.4.1.	Periodo de diseño	86
4.4.2.	Caudal de diseño	86
4.4.3.	Características del desarenador	86
4.4.4.	Consideraciones	86
5.	Resultados	93
6.	Conclusiones	95
7.	Recomendaciones	98
8.	Lista de referencias	99
	Apéndice	101

Lista de tablas

Tabla 1. Normatividad para diseño técnico de acueductos y servicios públicos. [Fuente propia]	16
Tabla 2. Información población municipio de La Mesa.	28
Tabla 3. Distribución etérea.	28
Tabla 4. Proyección población inspección de La Esperanza.	29
Tabla 5. Información población vereda Alto Grande, La Mesa.	30
Tabla 6. Clasificación población vereda Alto Grande por rango de edad.	31
Tabla 7. Métodos para proyección de población.	31
Tabla 8. No. de habitantes municipio de La Mesa.	32
Tabla 9. Proyecciones población 2005-2020 La Mesa Cundinamarca.	33
Tabla 10. Proyección de la población Inspección La Esperanza según el método geométrico tasa 1,5%. Incluyendo población flotante del 30%.	37
Tabla 11. Proyección de la población vereda Alto Grande según el método geométrico tasa 1,5%. Incluyendo población flotante del 30%.	37
Tabla 12. Factores por intervenir.	56
Tabla 13. Clasificación de precios y consumo promedio.	59
Tabla 14. Número de habitantes por estrato Año 5, 4, 3, 2 y 1.	60
Tabla 15. Proyección a 5 años de ingresos y consumo por estrato.	61
Tabla 16. PYG. Indicador financiero de utilidades.	62
Tabla 17. Balance general. Estado financiero del proyecto.	64
Tabla 18. Flujos de caja. Proyección a 5 años.	65
Tabla 19. Coordenadas tomadas en campo.	71
Tabla 20. Datos aforo volumétrico.	72
Tabla 21. Aforo por flotador.	73
Tabla 22. Caudales Quebrada La Salada.	73
Tabla 23. Consumo por habitante.	76
Tabla 24. Caudales de diseño.	78

Lista de figuras

Ilustración 1. Ubicación general del municipio de La Mesa.	23
Ilustración 2. Distancia de referencia con respecto a la Gran Vía. Vereda Alto Grande.....	24
Ilustración 3. Esquema sistema de acueducto.	51
Ilustración 4. Fotografías estado actual PTAP La Esperanza. [Fuente CONCORCIO PTAP LA MESA. Estudios y diseños para la optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la inspección de la Esperanza, municipio de La Mesa Cundinamarca. 2015]	52
Ilustración 5. Fotografías procesos PTAP La Esperanza. [Fuente CONCORCIO PTAP LA MESA. Estudios y diseños para la optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la inspección de la Esperanza, municipio de La Mesa Cundinamarca. 2015]	54
Ilustración 6. Informe Nacional de Calidad del agua para consumo humano.	67
Ilustración 7. Coordenada Finca Villa Bertica, vereda Alto Grande	69
Ilustración 8. Distancia quebrada La Salada- Punto de referencia vereda Alto Grande.....	70
Ilustración 9. Asignación del nivel de complejidad.....	74
Ilustración 10. Tabla de dotaciones según niveles de complejidad	75
Ilustración 11. Tabla B.2.5. Coeficiente de consumo máximo diario, k1.....	77
Ilustración 12. Coeficiente de consumo máximo horario, k2.	77
Ilustración 13. Diseño del vertedero rectangular	81
Ilustración 14. Esquema Desarenador RAS 2000.....	87



Introducción

En Colombia aún existen poblaciones, las cuales no tienen acceso al agua potable y saneamiento básico o no tienen un acueducto óptimo y de calidad, y desafortunadamente los más afectados son las comunidades más vulnerables y la población de las zonas rurales, y el problema no es solo la calidad del agua, si no que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable al día, de lo contrario se pueden presentar algunos problemas de salud, por esto es importante que el servicio de acueducto no sólo tenga una cobertura universal, sino que sea continuo.

Por lo anterior, el proyecto de investigación denotado como propuesta de mejoramiento, consiste en un estudio de pre factibilidad realizado para conocer el estado actual del sistema de acueducto en el área de interés, y por el cual se plantean alternativas de solución al diseño para la optimización del sistema de acueducto de la vereda Alto Grande, ubicada vía Anatoli en el municipio de La Mesa- Cundinamarca, que permitan mejorar la condición actual del sistema en pro del beneficio de su comunidad.

El estudio de pre factibilidad aplicado en el contenido de este documento está fundamentado en actividades de diagnóstico y evaluación de la prestación del servicio de agua potable, inconvenientes presentados en cada uno de los componentes del sistema de acueducto actual, una caracterización socio económica y demográfica actual de la vereda y estudios existentes de las condiciones geográficas y demanda real de agua, donde se tuvieron en cuenta aspectos socioeconómicos, ambientales, legales, técnicos y operativos para la propuesta de diseño que permita satisfacer las necesidades de captación y distribución de los usuarios de manera adecuada y permanente.



Como anexos, se presentan planos del diseño de la bocatoma y el desarenador, memorias de cálculo, presupuesto de estudios y diseños y análisis financiero, de acuerdo con los requerimientos y especificaciones contenidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 y las normas que lo complementan y modifican, para el periodo de diseño.

Planteamiento del problema

Problemática

En Colombia aún existen poblaciones, las cuales no tienen acceso al agua potable y saneamiento básico o no tienen un acueducto óptimo y de calidad, y desafortunadamente los más afectados son las comunidades más vulnerables y la población de las zonas rurales, y el problema no es solo la calidad del agua, si no que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable al día, de lo contrario se pueden presentar algunos problemas de salud, por esto es importante que el servicio de acueducto no sólo tenga una cobertura universal, sino que sea continuo.

Según cifras de un estudio de diagnóstico realizado en el 2015 por el Consorcio PTAP La Mesa en la inspección de La Esperanza e información suministrada por los habitantes de la vereda Alto Grande y la Asociación de usuarios de ACUAESPERANZA el pasado 23 de marzo de 2019 en una visita de campo:

Los usuarios de este acueducto rural deben sufrir consecuencias de racionamiento de agua que se ha implantado por sectorización por carencia de caudal de agua tratada para ofertar a la población en las condiciones adecuadas de cantidad y continuidad.

La Planta de tratamiento ya cumplió su vida útil al contar con una edad de aproximadamente 25 años de construida; por ser una planta compacta, ésta no presenta posibilidades satisfactorias de ampliación.

Adicional y en base al análisis de inspección ocular realizado en campo el pasado 23 de marzo de 2019 las estructuras actuales y las redes de distribución no se encuentran en

condiciones óptimas y algunas carecen de mantenimiento y reparación, debido a que el acueducto cuenta con más de 20 años de construido. (Ver anexo 13)

Por lo anterior, haciendo principal énfasis en las condiciones actuales de la prestación del servicio actual del sistema de acueducto, fue indispensable elaborar una alternativa óptima para atender la necesidad sentida de los habitantes de la vereda Alto Grande del municipio de La Mesa, con el propósito de que se permita garantizar una distribución veinticuatro horas los siete días de la semana, una cobertura del cien por ciento y el debido tratamiento de potabilización del agua cruda para su consumo y por ende mejorar las condiciones de vida de las personas.

Formulación

Basados en un estudio de prefactibilidad se presenta como alternativa el diseño de la bocatoma, el desarenados y la red de distribución para la optimización del sistema de acueducto de la vereda Alto Grande, ubicada vía Anatoli en el municipio de La Mesa- Cundinamarca, que permita mejorar la condición actual del sistema en pro del beneficio de su comunidad.

A partir de las actividades adelantadas en campo y la información de fuentes primarias y secundarias, se estimó una propuesta de diseño de un sistema idóneo que permita satisfacer las necesidades de captación y distribución de los usuarios de manera adecuada y permanente, fundamentado en actividades de diagnóstico y evaluación de la prestación del servicio de agua potable, como los inconvenientes presentados en cada uno de los componentes del sistema de acueducto actual, una caracterización socio económica y demográfica actual de la vereda y estudios existentes de las condiciones geográficas y



demanda real de agua, que permitieron identificar los requerimientos necesarios para la optimización del nuevo sistema.

Como anexos, se presentarán planos de diseño (bocatoma, desarenador y redes), alcance del proyecto, presupuesto y análisis financiero, conforme a los requerimientos y especificaciones contenidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 y las normas que lo complementan y modifican, para el periodo de diseño. Esto con el propósito de dar respuesta a la siguiente pregunta ¿Cómo optimizar el sistema de acueducto de la vereda Alto Grande, municipio de La Mesa, basados en la formulación de una alternativa que permita garantizar el mejoramiento en la cobertura y suministro de agua potable?



Justificación

El mejoramiento de la calidad de agua, parte de que el agua es un derecho fundamental, lo que implica garantizar su disponibilidad, mediante el abastecimiento continuo y suficiente para uso personal y doméstico.

Es indispensable que las administraciones municipales y las asociaciones reconozcan la norma y se apropien de la importancia de la potabilización del agua, la forma y modos adecuados de operación que garanticen la prestación de un servicio de calidad y continuo en pro de satisfacer las necesidades de la comunidad y mejorar las condiciones de vida, debido a que muchas veces los operadores desconocen totalmente las especificaciones técnicas y las restricciones que se contemplan dentro del Reglamento Técnico de agua potable y saneamiento básico, y emplean formas y procedimientos inadecuados en la prestación, mantenimiento y operación de todos los componentes del sistema (estructuras de captación, redes de distribución, tanques de almacenamiento, etc.)

Por lo anterior, basados en un estudio de pre factibilidad se presenta una propuesta de diseño que permita garantizar la optimización del sistema de acueducto, supliendo las necesidades de captación y distribución de agua potable de la comunidad y brindando una prestación continua e ininterrumpida, sin excepción alguna, salvo cuando existan razones de fuerza mayor, caso fortuito, de orden técnico o económico que así lo exijan.



Objetivos

Objetivo general

Realizar un estudio de prefactibilidad para el diseño de la optimización del sistema de acueducto de la vereda Alto grande, La Mesa – Cundinamarca.

Objetivos específicos

- Realizar el estudio de mercado que permita el diagnóstico de las condiciones actuales, bajo las cuales funciona el acueducto de la zona de estudio.
- Elaborar el estudio técnico que permita conocer el tamaño, la localización, los procesos, procedimientos, y los aspectos ambientales de acuerdo con la normatividad.
- Estimar los costos y la proyección financiera teniendo en cuenta los indicadores para proyectos sociales.

Marco referencial

Estado del arte

De acuerdo con el Plan de Desarrollo municipal de La Mesa 2008-2011 establecido bajo el acuerdo número 014 de junio de 2008, el municipio La Mesa, Cundinamarca se encuentra compuesto por tres inspecciones municipales: San Joaquín, **La Esperanza** y San Javier. Catastralmente cuenta con 14 catorce veredas, San Joaquín, El Espino, Trinidad, El Hato, Calucató, Centro, Las Margaritas, San Javier, El Palmar, San Pedro, Tolú, La Esperanza, Payacal y el Hospicio. Por juntas de acción comunal se localizan cuarenta y dos veredas: La vega Capatá, El espino, Ojo de Agua, Hungría, El espinal, San Martin, Santa Lucia, La Margarita, La Concha, Santa Barbara, San Esteban, Alto de Flores, Camposanto, San Pablo, Alto del Frisol, El Paraíso, Hato Norte, San Andrés, Laguna Verde, Lagunas, El Palmar, Zapata, San Nicolas, Doima, San Lorenzo, **Alto Grande**, Florián, Guayabal, Guayabal II, Anatolí, Buena Vista, Payacal, Alto del Tigre, Hospicio, Honduras, La Trinidad, Calucata San Nicolas Bajo y La Trinita.

Según publicación realizada el pasado 08 de noviembre de 2012 por el blog Periodismo Público, La Esperanza fue erigida inspección en el año de 1937 y se divide en 10 veredas: **Alto Grande**, Anatoli, Buenavista, Camposanto, Caviedes Honduras, Doima, Florián, Hospicio, Payacal y San Pablo. Ubicada a 16 Km al Noroeste del Casco urbano de La Mesa, en la formación Simijaca del altiplano Cundiboyacense.

Actualmente la vereda Alto Grande cuenta con tres vías de acceso, todas en recebo para mantenimiento, las cuales comunican con las veredas Alto de La Palma, Pesquera,

Anatolí, Gualanday y Puerto Lleras, según información del Plan Básico de Ordenamiento Territorial el municipio de La Mesa del año 2000.

De acuerdo con la visita de campo realizada el pasado 23 de marzo e información suministrada por varios habitantes de la vereda, el sistema actual presenta deficiencias en la prestación del servicio en cuanto a cobertura y continuidad, adicional las estructuras que componen el mismo se encuentran en mal estado (Bocatoma, desarenador, redes y tanques de almacenamiento), influyendo en la baja calidad del agua. La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) no cumple con el caudal que demanda la inspección de la Esperanza.

Así mismo, y teniendo en cuenta las especificaciones y disposiciones técnicas establecidas dentro del Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), se presenta una propuesta de diseño que permita optimizar el sistema. Es importante tener en cuenta, que la propuesta de diseño que se presenta funcionará por gravedad, bajo la misma modalidad actual, es decir, que no requiere motobombas ni un mecanismo que impulse el agua, lo cual hace que se minimicen los costos y el tiempo de construcción.

La vereda Alto Grande no registra estudios de investigación actuales correspondientes a trabajos de grado sin embargo en el municipio de La Mesa existen algunos trabajos que, aunque estén alejados conceptualmente de la problemática de esta investigación, pueden dar pistas de las problemáticas presentes en la zona. Todas las investigaciones

encontradas proponen temas referentes a optimización de sistemas de acueducto en zonas rurales.

En el año 2015 se celebró un contrato entre Empresas Públicas de Cundinamarca S.AE.S.P y el municipio de La Mesa, el cual tiene por objeto realizar los Estudios y Diseños de Planta de tratamiento de agua potable de La Esperanza municipio de La Mesa – Cundinamarca, en el cual se aprecia el siguiente análisis:

El acueducto rural que cuenta con 280 suscriptores actuales (**para el año 2015**) para una población a atender de 1500 habitantes y una población flotante de aproximadamente 150 habitantes, toma el caudal del Rio Apulo, mediante una Bocatoma lateral en muy mal estado, de allí es conducida por una aducción de PVC en diámetro 6” hasta el desarenador convencional que a pesar de que requiere mantenimiento se encuentra, en líneas generales, en buen estado y prestando adecuadamente su función, , es de anotar, que ACUESPERANZA cuenta con una concesión de 3,81 LPS, otorgada del Rio Apulo por la CAR , la conducción hasta la PTAP actual, se encuentra en diámetro de 4”en PVC en muy buen estado. Para la fecha (año 2015), los usuarios de este acueducto rural, deben sufrir las consecuencias del racionamiento de agua que se ha implantado por sectorización por carencia de caudal de agua tratada para ofertar a la población en las condiciones adecuadas de cantidad y continuidad en razón a que, la Planta de tratamiento del Acueducto es de tipo compacto fabricada por la firma ACUASISTEMAS para un caudal de 2,0 LPS y ya cumplió su vida útil al contar con una edad de aproximadamente 25 años de construida; por ser una planta compacta, ésta no presenta posibilidades



satisfactorias de ampliación. (2015. *SECOP II*) haciendo principal énfasis en elaborar una alternativa óptima para atender la necesidad sentida de los habitantes de la inspección de La Esperanza del municipio de La Mesa, con el propósito de garantizar el debido tratamiento de potabilización del agua cruda para su consumo y por ende mejorar las condiciones de vida de las personas. Adicional se pueden apreciar aspectos jurídicos, propuesta económica, estudio técnico, estudio financiero y demás requerimientos técnicos de personal.

También encontramos diferentes trabajos de investigación basados en diseños de acueductos veredales, estudio realizado en el 2008, por estudiantes de la universidad de La Salle, el cual estaba focalizado en ¿Cómo minimizar las condiciones deficientes en las cuales se presenta la distribución del agua en la vereda El Retiro, municipio de Santa María, Boyacá?, analizando todas las características de la población e identificando diferentes factores a nivel social, económico, técnico, poblacional y de la prestación del servicio, todo esto con el fin de crear un diagnóstico de la situación real del sistema de acueducto, y así poder mostrar la solución al problema, mediante el diseño del acueducto que supla las necesidades básicas de dicha población y mejore sus condiciones de vida. Una investigación realizada por estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana, que va más allá del análisis de y evaluación del sistema de acueducto del corregimiento de Monterrey, municipio de Simití, Departamento de Bolívar, y trata la problemática tanto de los sistemas de abastecimiento de agua potable y la disposición de excretas desde una perspectiva político-normativa, biofísica, tecnológica y socio-económica, y así proponer la implementación de métodos caseros de tratamiento para agua de consumo, la

adecuación y optimización de las estructuras del acueducto, talleres de prácticas de higiene y apropiación del territorio, seguido de acciones legales que hagan cumplir a los entes competentes el servicio de agua potable y saneamiento básico a la comunidad.

Entre muchos otros también se tomó como base de investigación, el trabajo de optimización del diseño hidráulico del acueducto veredal del Alto del Ramo de municipio de Chipaque, Cundinamarca, realizado en el año 2018 por estudiantes de la facultad de ingeniería, en modalidad de trabajo práctica social, de la Universidad Católica de Colombia, Bogotá. El cuál tiene por objetivo Optimizar el sistema de acueducto existente en la vereda Alto de Ramo en el municipio de Chipaque Cundinamarca de acuerdo la normatividad vigente para este tipo de obras civiles, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de su infraestructura y el suministro de agua potable a la población, y La “Guía metodológica para la elaboración de programas de optimización de sistemas de acueductos” realizada por estudiantes de Especialización en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente, de la Escuela Colombiana de Ingeniería, en la cual se presenta una estadística del estado de los acueductos en el país partiendo del análisis realizado por la UNICEF a los Planes o Esquemas de Ordenamiento Territorial de los Municipios de Colombia y se plantean cinco programas de optimización que contribuyen a mejorar los sistemas de acueductos, para hacerlos más eficientes y usando racionalmente el agua para garantizar una mayor cobertura y calidad a la población.



Marco conceptual

La historia del agua potable ha tenido una trascendencia a lo largo de los años, la distribución de esta, inicialmente la hacía cada civilización captando desde la fuente de abastecimiento hasta sus casas, luego fueron construidos conductos, acueductos, tuberías y canales abiertos, los cuales transportaban el agua y por medio del empleo de arena y barro poroso para filtrar el agua y obtener agua de mayor calidad. Según varias fuentes de investigación los romanos desarrollaron la mayor tecnología para la captación, distribución y consumo de agua, la cual incluso sigue siendo aplicada en la ingeniería actual. Sin embargo, en la actualidad, a pesar de que se han logrado grandes avances en la filtración y procesos de potabilización para mejorar las condiciones de calidad del agua, todavía se presentan casos donde las personas no cuentan con un sistema adecuado que potabilice el agua, la cual es captada desde la fuente sin recibir ningún tipo de tratamiento.

Hablando específicamente de las fuentes de abastecimiento en estas deben construirse obras de captación del acueducto, como bocatoma y desarenador que tratan el agua desde que es captada y filtra todos los sedimentos encontrados en la fuente principal, luego es llevada a la planta de tratamiento de agua potable, donde se realizan los procesos necesarios para que el agua natural procedente de los embalses y otras captaciones se transforme en agua apta para el consumo humano (floculación, sedimentación, filtración, ozonización, desinfección con cloro).

De acuerdo con un informe de la Defensoría del pueblo realizado en el año 2009:



Colombia está ubicada entre las naciones con mayor disponibilidad hídrica en el mundo, sin embargo, la contaminación ascendente por factores orgánicos, hidrocarburos, plaguicidas y metales pesados, dada la alta demanda de agua que presenta la actividad económica en el país, hace que el 82% de los municipios colombianos no cumplan con los estándares de potabilidad de la normativa vigente.

Según artículo del Espectador basado en cifras del DANE publicado por Paula Delgado Gómez el pasado 26 de julio de 2018, la cobertura de acueducto es de 92,3 %, mientras la de alcantarillado es de 88,2 %, es decir, hay más de 3,6 millones de personas sin acceso al primero y otros 5,6 millones que no cuentan con el segundo y para las zonas rurales, donde ninguno de los dos servicios supera el 75 % de cobertura.

Los sistemas de abastecimiento de agua sin tratar o con un tratamiento inadecuado, siguen siendo la mayor amenaza para la salud pública, especialmente en los centros poblados, en zonas rurales donde los pocos acueductos que se encuentran en zonas rurales no siempre garantizan que el agua que proveen sea apta para el consumo humano o implementan tecnologías poco apropiadas para las características de la zona. Por consiguiente, los sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales no solamente pueden ser definidos en términos de infraestructura, equipos y servicios, se debe tener en cuenta la combinación de múltiples factores que abarcan condiciones sociales, ecológicas, económicas, normativas y políticas.

En el departamento de Cundinamarca se han realizado varias investigaciones de optimizaciones de acueductos rurales existentes con los cuales se ha causado un gran impacto no sólo en la calidad del agua para el consumo de las personas si no en cuanto a

su calidad de vida, el aumento de la cobertura y la garantía de la continuidad del servicio las 24 horas de los 7 días de la semana.

Dentro de estas optimizaciones podemos destacar ejemplos como: un estudio realizado en el 2008, por estudiantes de la universidad de La Salle, el cual estaba focalizado en ¿Cómo minimizar las condiciones deficientes en las cuales se presenta la distribución del agua en la vereda El Retiro, municipio de Santa María, Boyacá?, un trabajo de investigación de estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana, que va más allá del análisis de y evaluación del sistema de acueducto del corregimiento de Monterrey, municipio de Simití, Departamento de Bolívar, y trata la problemática tanto de los sistemas de abastecimiento de agua potable y la disposición de aguas residuales, Una propuesta para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua para los habitantes de la vereda “El Tablón” del municipio de Chocontá realizada como proyecto de grado de un estudiante de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, el cuál pretendía mejorar las condiciones de vida de las personas de la vereda, y se enfocaba en un análisis profundo de las enfermedades y la problemática de las zonas rurales y la prestación de un sistema de acueducto que incluyera tratamiento de agua potable, y diferentes diseños y obras ejecutadas por Empresas Públicas de Cundinamarca con los cuales se ha logrado asegurar la prestación del servicio en cuanto a cobertura, continuidad, calidad y tratamiento del agua potable a través de optimizaciones, mejoramientos a las estructuras ya existentes y diversas actividades de reajuste y actualización de Diseño. Adicional y como principal base primaria para este estudio de prefactibilidad están contemplados los diseños realizados por el Consorcio PTAP La Mesa realizados en el año 2015 el cual

tenía por objetivo la optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Inspección de La Esperanza, municipio de La Mesa, teniendo en cuenta que estos presentan un panorama más cercano de la inspección de La Esperanza y adicional permite a la investigación tener datos claros del área de estudio, como la proyección de la población y algunas características de La Inspección a la cual pertenece la vereda o área de estudio, adicional se tuvieron en cuenta las fichas resumen del municipio del Departamento Nacional de Planeación y el DANE.

Marco político y legal

La normatividad contemplada para la elaboración del diseño del sistema de acueducto se realizará con base en el Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico (RAS 2000) y otras normas establecidas por el Gobierno de la Republica, relacionadas en la siguiente tabla:

Tabla 1. Normatividad para diseño técnico de acueductos y servicios públicos. [Fuente propia]

AÑO	PRESENTACIÓN	TÍTULO	OBJETO
2000	Resolución 0330 de 2017	Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS.	La Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
2002	Decreto 849 de 2002	Reglamento del artículo 78 de la Ley 715 de 2001	Definir los requisitos que deben cumplir los municipios y distritos en materia de agua potable y saneamiento básico, y los procedimientos que deben seguir dichos entes y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, SSPD. Y para la expedición de la certificación que permita destinación de los recursos que la Ley 715 de 2001 ha estipulado inicialmente para el desarrollo y ejecución de las competencias asignadas en agua potable y saneamiento básico.
1998	Decreto 475 de 1998	Normas técnicas de calidad del agua potable	Se regulan las actividades relacionadas con la calidad del agua potable para consumo humano. El agua suministrada por la persona que presta el servicio público de acueducto deberá ser apta para consumo humano, independientemente de las características del agua cruda y de su procedencia.



1994	Ley 142 de 1994	Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia	Se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, y a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos y a todas las demás actividades complementarias.
2016	Resolución 1063 de 2016	Presentación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico	Por la cual se establecen los requisitos de presentación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico que soliciten apoyo financiero de la Nación, así como de aquellos que han sido priorizados en el marco de los Planes Departamentales de Agua y de los programas que implemente el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico

En noviembre del año 2000 se estableció el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, el cual señala los requisitos que se deben cumplir, las obras, equipos y procedimientos operativos que se emplean en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y sus actividades complementarias, expedido en cumplimiento a lo dispuesto en la Ley 142 de 1.994, que establece el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, garantizando su calidad en todos los niveles.

Es importante tener en cuenta que la Resolución 1063 de 2016 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, reglamenta los requisitos para la presentación, viabilización y aprobación de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico que soliciten apoyo financiero de la Nación. El proceso de viabilización se realizará a nivel documental de acuerdo con la información presentada por la entidad formuladora. La viabilidad será otorgada a los proyectos que cumplan con todos los requisitos legales, institucionales, técnicos, financieros, ambientales y prediales evaluados.

No podrán financiarse con recursos de la Nación, actividades como gastos de administración, operación y mantenimiento de los proyectos, compra de muebles para el

funcionamiento del prestador de los servicios de acueducto, compra de acciones o costos financieros, las comisiones que cobran las entidades cooperativas o asociaciones de municipios en desarrollo de convenios interadministrativos con entidades territoriales, gastos por fondos rotatorios, costos de la evaluación y trámites ambientales que se surtan ante la autoridad ambiental competente necesarios para el desarrollo del proyecto, compra de predios y/o derechos de servidumbres.

Adicional el Decreto 475 de 2015, por el cual se reglamenta el artículo 250 de la Ley 1450 de 2011 “Aquellos proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico financiados exclusivamente con recursos de las entidades territoriales en el marco de los Planes Departamentales para el manejo empresarial de los servicios de Agua y Saneamiento, serán evaluados y viabilizados a través de un mecanismo regional, conforme a la reglamentación que para el efecto expida el Gobierno Nacional”. Y se establece en sus artículos que el Mecanismo Departamental para la evaluación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico determinará los requisitos y procedimientos para la presentación, viabilización y aprobación de proyectos (comité técnico), que han sido priorizados en el marco de los Planes Departamentales de Agua y de los demás programas regionales para el manejo de agua potable y saneamiento básico, cuya financiación no incorpore recursos provenientes de la Nación. El Mecanismo departamental de viabilización ha implementado la resolución 0672 del 21 de agosto 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 “Requisitos mínimos para presentación, viabilización y aprobación de proyectos de agua potable y saneamiento básico” la cual en

su anexo No. 01 presenta las orientaciones básicas para la evaluación de proyectos formulados y/o presentados por las entidades territoriales para acceder a recursos de financiamiento a través del Programa de Agua para la Prosperidad – Plan Departamental de Aguas, y los demás programas regionales para el manejo de agua potable y saneamiento. En esta guía se establece los criterios de presentación, elegibilidad y viabilidad de los proyectos (Definiciones, Aspectos legales-técnicos-financieros-ambientales-prediales, Proyectos de emergencias, Criterios de evaluación, Evaluadores, Reformulaciones, Conceptos de los proyectos, Convocatoria a comité técnico, entre otros).

Cuando en el área rural en cuestión ya exista una empresa prestadora de los servicios, en el proyecto formulado se debe presentar información del nombre de la empresa; la naturaleza jurídica de la misma y el tiempo de funcionamiento, así mismo se debe diagnosticar desde el punto de vista operativo, técnico, comercial, financiero, contable, legal y administrativo. Acorde con el resultado del diagnóstico se debe formular un plan de fortalecimiento institucional que contenga las acciones que le apunten a la corrección de las deficiencias de operación y funcionamiento que se hayan detectado en el diagnóstico, en caso de que no exista una entidad legalmente constituida para prestar servicios de acueducto y/o alcantarillado, mediante la estructuración, creación y puesta en marcha de un esquema organizacional de acuerdo con los art. 5, 6, 15, 20, 181 y 182 de la Ley 142 de 1994.



Diseño metodológico

A partir de las actividades adelantadas en campo e información de fuentes primarias y secundarias, se realizó una propuesta de diseño, en pro de satisfacer las necesidades de captación y distribución de los usuarios de manera adecuada y permanente, fundamentado en actividades de diagnóstico y evaluación de la prestación del servicio de agua potable, como los inconvenientes presentados en cada uno de los componentes del sistema de acueducto actual, una caracterización socio económica y demográfica actual de la vereda y estudios existentes de las condiciones geográficas y demanda real de agua, que permitieron identificar los requerimientos necesarios para la optimización del nuevo sistema, teniendo en cuenta aspectos socioeconómicos, legales, ambientales, técnicos y operativos, conforme a los requerimientos y especificaciones contenidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 y las normas que lo complementan y modifican, para el periodo de diseño.

En cuanto a la recolección de datos necesarios para el desempeño técnico del proyecto se recopiló información del área de estudio a través de revisión bibliográfica existente, documentación de proyectos implementados en o cerca del área de estudio, consulta y relatos de la comunidad y personas residentes de sectores aledaños al área de estudio.

Además, se efectuaron inspecciones de fuentes secundarias para caracterizar el medio físico, biótico, socio cultural y de riesgos naturales e inducidos como por ejemplo clima, hidrología, geología, demografía, riesgos naturales y actividades socio económico.

1. Estudio de mercado

Para la investigación del proyecto se trabajará en el área delimitada, tiempo, costos y calidad de un estudio de prefactibilidad para la optimización del sistema de acueducto de la vereda Alto Grande del municipio de La Mesa.

De acuerdo con diferentes fuentes de información secundaria, fichas técnicas del municipio de La Mesa, y basados en la información general del municipio de La Mesa establecidos en el Plan de Desarrollo 2008-2011 bajo el acuerdo 014 del 09 de junio de 2008 se determinaron las siguientes características:

1.1. Demografía

El municipio La Mesa posee una sana y agradable vida nocturna. Los fines de semana, en el sector conocido como la Zona Rosa, funcionan discotecas y bares. Estos sitios acogen a los lugareños, pero viven también del turismo procedente de Bogotá y otras ciudades colombianas, y de visitantes extranjeros. También una de sus principales actividades económicas a parte del turismo es el comercio y la agricultura, los miércoles y domingos se reúnen los campesinos de las diferentes veredas de La Mesa como de otros municipios para comercializar sus productos.

1.2. Geografía

El municipio La Mesa se encuentra ubicada a 65 kilómetros de distancia de la capital, a 45 minutos aproximadamente de la ciudad de Bogotá. El clima es de alrededor de 22 grados, característica que le ha permitido convertirse en un municipio turístico, puesto que debido a su cercanía y su agradable clima hacen que muchas personas lo frecuenten

durante cualquier época del año. Cuenta con 20 barrios en el sector urbano, 3 Inspecciones (San Joaquín (10 Veredas), San Javier (7 Veredas) y La Esperanza (8 Veredas).

De acuerdo con el Plan de Desarrollo municipal 2008-2011 de La Mesa, publicado el pasado 09 de junio de 2008 bajo el acuerdo número 014, el municipio de La Mesa es capital de la provincia del Tequendama y se ubica a 1220 metros sobre el nivel del mar, con una latitud norte de 4°38'06" y una longitud oeste de 74°27'58" del meridiano de Greenwich, con una extensión de 148 km², de los cuales 145 Km² corresponden al área rural y 3 km² al área urbana, se caracteriza por ser una zona montañosa, su principal actividad es la agricultura y es característica por tener un clima cálido. Los ríos Bogotá, Curí y Apulo son los principales surtidores de agua.

La inspección de La Esperanza está ubicada al noreste de la cabecera municipal del municipio de La Mesa a 16 kilómetros por carretera del casco urbano y a 56 kilómetros por carretera de Bogotá, la componen 10 veredas de las cuales está la vereda Alto Grande.

En la siguiente ilustración tomada de Wikimedia. Commons (2012), podemos apreciar la ubicación del municipio de La Mesa, se puede apreciar el mapa del departamento de Cundinamarca seccionado, y con una de sus secciones resaltadas en color rojo para establecer la ubicación del municipio en mención, adicional en la parte inferior derecha se puede apreciar en un recuadro el mapa de Colombia seccionado de la misma manera que la imagen del mapa principal con la ubicación del departamento de Cundinamarca resaltado de color rojo.

Fuente. Imágenes de Google. Wikimedia. Commons. (2012)



Ilustración 1. Ubicación general del municipio de La Mesa.

1.2.1. Límites del municipio

Según información general del municipio de La Mesa del Plan de Desarrollo 2008-2011, limita por el norte con los municipios de Cachipay y Zipacón, por el sur con los municipios del Colegio y Anapoima, por el occidente con los municipios de Anapoima y Quipile y por el oriente con los municipios de Tena y Bojacá.

- **Extensión total:** 148 Km²
- **Extensión área urbana:** 2.75 Km²
- **Extensión área rural:** 145 Km²
- **Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar):** 1200 media
- **Temperatura media:** 22° C
- **Distancia de referencia:** 65 Km

De acuerdo con los puntos tomados en campo a través de un GPS, podemos apreciar la siguiente ilustración, con un primer punto denominado “Finca Villa Bertica- vereda Alto Grande” y un segundo punto denominado “La Gran Vía”, el cual delimita la ubicación del área de estudio.

Fuente. Google Earth

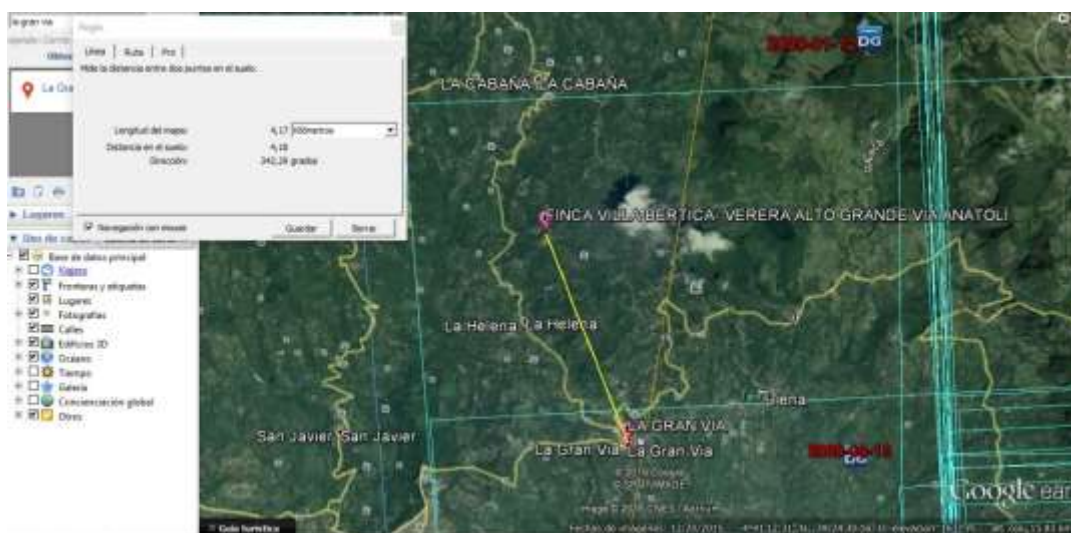


Ilustración 2. Distancia de referencia con respecto a la Gran Vía. Vereda Alto Grande.

1.3.Vías de comunicación

Cuenta con dos rutas de acceso, la primera es Mosquera – Mondoñedo – La Gran Vía – La Esperanza, y la segunda Mosquera – Cartagena – Zipacón - Cachipay – La Esperanza.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo 2008-2011 del municipio de La Mesa, la red vial del municipio cuenta con 56 vías veredales con una longitud de 169.7 km en recebo afirmado que comunican a 43 veredas, 7 vías de carácter departamental con una longitud aproximada de 70 km y una vía nacional con una longitud de 20 km.

En época de invierno y por ser un terreno montañoso con pendientes altas, las vías de la zona rural tienden a deteriorarse por su material (recebo afirmado), perjudicando el desplazamiento de los habitantes.

1.4. Hidrología y climatología

1.4.1. Hidrología

El municipio de La Mesa está conformado por dos corrientes de primer orden el río Apulo, que nace en el cerro Manjuí a una altura de 3000 m.s.n.m, pasando por los municipios de Anolaima, Zipacón, Bojacá, Cachipay, Tena, La Mesa, Anapoima y Apulo, adicional está conformado por el río Curí y el río Bahamon y a lo largo de su cauce derivan quebradas como Doima, Dulce, San Juanito, La Carbonera y el Tigre, por la margen izquierda, aguas abajo del río, hacia el margen derecho se encuentran las quebradas San Pablo, el Arzobispo, Salada, Cachufera, Chimbala, Peladeros, Chambatá y la Puerquera. El río Apulo desemboca en la margen derecha del río Bogotá, enseguida del municipio de Apulo, su cuenca tiene un área de 480 km² y una longitud de 45 km, su caudal medio anual antes de su desembocadura es de 7 m³/seg, y en épocas de verano llega hasta caudales de 1 m³/seg. Y el río Bogotá, donde drenan las aguas de escurrimiento del casco urbano de La Mesa, y las quebradas Guayacana, San Antonio, Muchilera, Los Totumos, San Andrés y Patio Bonito.

1.4.2. Precipitación

La distribución de la lluvia en el municipio de la Mesa se caracteriza por ser de régimen bimodal, presentando épocas lluviosas e los meses de marzo, abril, octubre y noviembre y dos épocas de menos lluvia en los meses de enero, febrero, julio y agosto.

De acuerdo con la información del Plan Básico de Ordenamiento Territorial P.B.O.T del municipio de la Mesa existen unos valores de la estación climatológica de La Florida, los cuales presentan valores mensuales de precipitación indicando variaciones térmicas en las latitudes bajas relacionadas con la altitud, es decir que para cada 100 metros de altitud se registra un cambio de temperatura de 0.7°C.

1.4.3. Temperatura

El área del municipio de La Mesa presenta tres pisos térmicos diferenciados de la siguiente manera, de acuerdo con la información contenida en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de La Mesa, obtenidos por la estación de La Florida, se establecen los siguientes datos:

- Piso cálido, con un área de aproximada de 7200 ha y una temperatura promedio de 21°C, cubriendo la parte baja del municipio.
- Piso térmico medio, con un área aproximada de 7300 ha y una temperatura que fluctúa entre los 18°C y 24°C, cubriendo la parte media y alta del municipio.
- Piso térmico frío, con un área aproximada de 100 ha y una temperatura que oscila entre los 12°C y 16°C.

1.5. Geología

El área de La Mesa es una gran terraza aluvial, depositada en forma discordante sobre las lullitas de la formación Socotá. Según información del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de La Mesa, se encuentran cuatro (4) formaciones geológicas: Formación Conejo, Grupo Guadalupe – Formación Arenisca Dura, Formación Frontera, Formación Capotes, Formación Pacho, Formación Socotá, Grupo Trincheras- Miembro El Tigre, Deposito Fluvio- Glaciares, Deposito Aluviales y Formación Simijaca (Kss)

localizada en la parte este del municipio, separando las formaciones Arenisca Dura y Conejo, y en la zona noroeste de la Inspección La Esperanza, cubriendo la mayor parte de las veredas Campo Santo, San Pablo y Alto Grande, esta formación está compuesta por arcillolitas y lodolitas negras a gris oscura, con esporádicas intercalaciones de arenita de cuarzo de grano fino.

1.6. Zonas de amenaza

En la parte norte de la inspección de La Esperanza se presentan zonas de deslizamiento y deterioro de un alto índice de viviendas, al sur se presenta inestabilidad de las vertientes provocando movimientos en masa. Así mismo esta inspección vierte sus aguas servidas sobre el río Apulo, lo que hace que se deba implementar un sistema de tratamiento antes de realizar el proceso de vertimiento al río.

1.7. Población

A partir de la información contenida dentro del documento del Dane, de los resultados obtenidos por el Censo realizado en el año 2005 se establece la siguiente caracterización de la población para el municipio de La Mesa:

1.7.1. Cabecera municipal

- **Densidad de población:** 204 (Hab/Km²)
- **Tasa Bruta de natalidad:** 17.49 (%)
- **Tasa Bruta de mortalidad:** 5.26 (%)
- **Tasa de crecimiento:** 1.16 (%)
- **Distribución por sexo:** En la siguiente tabla podemos encontrar información básica de población del municipio de La Mesa clasificada por el total de habitantes de la cabecera (casco urbano) y el resto de las habitantes (zona rural), y distribuida por la cantidad de habitantes según sexo (hombres y mujeres).



Tabla 2. Información población municipio de La Mesa.

RESULTADOS CENSO GENERAL DANE 2005			
POBLACIÓN	CABECERA	RESTO	TOTAL
TOTAL	14.041	12.658	26.699
SEXO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
TOTAL	13.265	13.434	26.699

Fuente. Dane. Censo 2005

A partir de esta tabla podemos apreciar que para la población del municipio de La Mesa existe un mayor número de mujeres que de hombres, y que la mayor concentración de sus habitantes se encuentra situada en la cabecera municipal con una diferencia de 1383 habitantes en zonas rurales.

- **Distribución de la población por rangos de edad:**

A continuación según información contemplada en el documento del DANE de los resultados obtenidos en el Censo del año 2005, podemos apreciar la clasificación de la población del municipio de La Mesa, distribuida por 6 rangos de edad.

Tabla 3. Distribución etérea.

Rangos de edad	> 1 año	1 -4	5-14	15-44	45-59	> 60
Total, por edad	420	1.799	5.456	13.646	3.985	4.685
Porcentaje	1,41	6,02	18,25	45,65	13,33	15,67

Fuente Dane. Censo 2005

Teniendo en cuenta la fuente del DANE de, los resultados obtenidos en el Censo del año 2005, se puede evidenciar que se presenta un alto porcentaje de habitantes entre los 15 y los 44 años de edad, seguido por el rango de edad entre los 5 y 14 años de edad y habitantes mayores de 60 años, y un menor porcentaje de habitantes entre los 0 y 4 años de edad.

- **Distribución de la población Inspección La Esperanza**

En la siguiente tabla se ve la proyección de la población para la cabecera municipal y el resto del municipio de la Mesa Cundinamarca con su respectiva tasa de crecimiento, realizada en el año 2015 por el Consorcio PTAP La Mesa, el cual se encontraba realizando los estudios y diseños para el proyecto de la PTAP de la inspección La Esperanza, del municipio de La Mesa.

Tabla 4. Proyección población inspección de La Esperanza.

AÑO	URBANO	RURAL	TASA ANUAL CRECIMIENTO URBANO %	TASA ANUAL CRECIMIENTO RURAL %
1985	6341	11377		
1993	8267	10869		
2005	14192	12973	41.75	16.22
2006	14523	12978	2.28	0.04
2007	14874	13020	2.36	0.32
2008	15218	13074	2.26	0.41
2009	15562	13148	2.21	0.56
2010	15903	13236	2.14	0.66
2011	16234	13332	2.04	0.72
2012	16558	13439	1.96	0.80
2013	16882	13559	1.92	0.89
2014	17202	13687	1.86	0.94
2015	1752	13829	1.82	1.03
2016	17842	13981	1.80	1.09
2017	18159	14141	1.75	1.13
2018	18468	14303	1.67	1.13
2019	18772	14469	1.62	1.15
2020	19076	14642	1.59	1.18

Fuente. Consorcio PTAP La Mesa. (2015)

1.7.2. Población vereda Alto Grande

De acuerdo con la información básica del municipio de La Mesa contenida en el Plan de Desarrollo 2008-2011 y con base a un artículo publicado el pasado 8 de noviembre del 2012 por el blog Periodismo Publico La Esperanza está dividida en 10 veredas: Alto Grande, Anatoli, Buenavista, Camposanto, Caviedes Honduras, Doima, Florián, Hospicio, Payacal y San Pablo.

Teniendo en cuenta la información proporcionada en el módulo de hogares del DANE para el año 2005 se calcula una población actual aproximada de 1159 habitantes para la inspección de La Esperanza, y teniendo en cuenta el número de suscriptores del acueducto de la vereda Alto Grande se estima una población aproximada de 145 habitantes.

Con relación la fuente del DANE, de los resultados obtenidos en el Censo de 2005 para el casco urbano del municipio de La Mesa, se realizó una proyección de los habitantes por sexo y rango de edad, de la vereda Alto Grande, empleando el método de regla de tres, discriminados de la siguiente manera:

Tabla 5. Información población vereda Alto Grande, La Mesa.

POBLACIÓN	CABECERA		
TOTAL	145		
SEXO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
TOTAL	72	73	145

Fuente. Propia

De igual manera que para el casco urbano, al realizar la proyección basada en datos anteriores los resultados van a ser similares, estableciendo que existe un mayor número de mujeres en la vereda Alto Grande, sin embargo para este caso los resultados no son significativos, teniendo en cuenta que la diferencia del número de habitantes por sexo es de una (1) persona.

- Distribución por rango de edad, vereda Alto Grande

Al igual que la tabla anterior los datos de distribución del número de habitantes por rangos de edad se establecieron empleando el método de regla de tres basados en los datos establecidos por la información del DANE de los resultados obtenidos en el Censo realizado en el año 2005.



Tabla 6. Clasificación población vereda Alto Grande por rango de edad.

Rangos de edad	> 1 año	1 -4	5-14	15-44	45-59	> 60
Total, por edad	2	9	26	66	19	23
Porcentaje	1,41	6,02	18,25	45,65	13,33	15,67

Fuente. Propia

Se puede evidenciar que el mayor porcentaje de población de la vereda Alto Grande se encuentra entre los 15 y 44 años de edad, seguida por los rangos de edad de los 5 a los 14, mayores de 60 años, de 45 a 59 años de edad, y el menor porcentaje de habitantes se encuentra entre los 0 y 4 años de edad.

1.8. Demanda

1.8.1. Índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI)

Según cálculos reportados por el DANE, a partir de los resultados obtenidos en el censo del año 2005, el índice de Necesidades Básicas insatisfechas para el municipio de la mesa corresponde a un 11,8% para el casco urbano, y 36,8% para la zona rural.

1.8.2. Proyección de la población

La población proyectada se determina analizando los diferentes métodos de cálculo establecido por el RAS 2000, el método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema según lo indica el Reglamento técnico RAS 2000 en la tabla B.2.1. Contemplado de la siguiente manera:

Tabla 7. Métodos para proyección de población.

MÉTODO PARA EMPLEAR	NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA			
	BAJO	MEDIO	MEDIO ALTO	ALTO
Aritmético, geométrico y exponencial	X	x		
Aritmético, geométrico, exponencial y otros			x	x
Por componentes (demográfico)			x	x
Detallar por zona y detallar densidades			x	x
Método gráfico	X	x		

Fuente. RAS 2000., Tabla B.2.1. Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema

Según lo establece el Título B del Reglamento de Agua potable y Saneamiento básico RAS 200, para esto se deben tomar los registros históricos de los censos realizados, utilizando los diferentes métodos matemáticos, y seleccionando el método que mejor se ajuste a la dinámica poblacional, los datos de población deben estar ajustados con la población flotante y la población migratoria.. El método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema.

Para determinar la tasa de crecimiento a utilizar en el método geométrico como en el exponencial, se empleó la información de los censos de los años 1985, 1993 y 2005 realizados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística del DANE.

Tabla 8. No. de habitantes municipio de La Mesa.

Año	No. De habitantes	
	Cabecera	Resto
1985	6.341	11.377
1993	8.267	10.869
2005	14.192	12.973

Fuente. Informe Dane. Resultados de población Censos 1985-1993-2005

De la tabla número 8 según fuente del DANE, de los resultados obtenidos en los censos de los años 1985, 1993 y 2005 se puede apreciar que de la cabecera municipal del año 1985 al año 2005 la población ha crecido aproximadamente en un 55,32%, lo que permite concluir que se ha incrementado en más de la mitad, sin embargo para el caso de las zonas rurales del año 1985 al año 1993 se evidencia una disminución de la población en 508 habitantes, lo que representa un decrecimiento en aproximadamente un 4,47%, pero que del año 1993 a 2005 creció notoriamente en 2104 habitantes, lo que representa aproximadamente un 19,36% de crecimiento.



Adicionalmente para el análisis de la información presentada en este informe se tuvo en cuenta la proyección del DANE desde el último censo realizado en el 2005, el cual sirvió como base para estimar la proyección de la población hasta el año 2020 para el municipio de La Mesa Cundinamarca, discriminados de la siguiente manera:

Tabla 9. Proyecciones población 2005-2020 La Mesa Cundinamarca

AÑO	URBANO	RURAL	TASA ANUAL CRECIMIENTO URBANO %	TASA ANUAL CRECIMIENTO RURAL %
1985	6341	11377		
1993	8267	10869		
2005	14192	12973	41.75	16.22
2006	14523	12978	2.28	0.04
2007	14874	13020	2.36	0.32
2008	15218	13074	2.26	0.41
2009	15562	13148	2.21	0.56
2010	15903	13236	2.14	0.66
2011	16234	13332	2.04	0.72
2012	16558	13439	1.96	0.80
2013	16882	13559	1.92	0.89
2014	17202	13687	1.86	0.94
2015	1752	13829	1.82	1.03
2016	17842	13981	1.80	1.09
2017	18159	14141	1.75	1.13
2018	18468	14303	1.67	1.13
2019	18772	14469	1.62	1.15
2020	19076	14642	1.59	1.18

Fuente. Información Dane Censo 2005 y Consorcio PTAP La Mesa –Estudio 2015.

En la siguiente tabla se puede apreciar la tasa de crecimiento de la población por quinquenio (periodo de 5 años) según datos tomados de la información del DANE de los resultados del Censo del año 2005, que sirvió como base para la proyección de la población del municipio de La Mesa hasta el año 2020.

Las proyecciones del DANE se tienen para las cabeceras y para las zonas rurales de cada municipio, pero no se encuentra la proyección específicamente para los corregimientos,

sin embargo, para el resto el DANE realiza la proyección con tasa positiva de crecimiento, lo que indica el desplazamiento de la población.

1.8.3. Método aritmético de proyección

De acuerdo con el título B, inciso B.2.4.3.4. Métodos de cálculo del reglamento técnico RAS 2000, el método aritmético asume que la población tiene un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. Es un método aplicable a pequeñas comunidades y zonas rurales.

Dónde:

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

P_f : Correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población

P_{uc} : Población correspondiente al último año censado

P_{ci} : Población correspondiente al censo inicial

T_f : Año correspondiente al último año censado

T_{uc} : Año correspondiente al censo inicial

T_{ci} : Año al cual se quiere proyectar la información

A partir de la aplicación de la ecuación para calcular la tasa, basada en los datos de los censos DANE 1985 y 1993, se obtuvo una tasa de crecimiento del 7%, por lo tanto, para las proyecciones basadas en este método para el año 2019 se calcula una población de 1.546 habitantes y para el año 2024 de 2.423 habitantes.

1.8.4. Método geométrico de proyección

De acuerdo con el título B, inciso B.2.4.3.4. Métodos de cálculo del reglamento técnico RAS 2000, el método geométrico es útil en poblaciones que muestran una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión.

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

r: Tasa de crecimiento anual en forma decimal

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

A partir de la ecuación para calcular la tasa, basada en los datos de los censos DANE 1993 y 2005, se obtuvo una tasa de crecimiento de 1,5%, por lo que para el año 2019 se calcula una población de 896 habitantes y para el año 2024 se calcula una población de 965 habitantes

1.8.5. Método exponencial de proyección

Para su aplicación se requieren datos de por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, de acuerdo a lo establecido en el



título B, inciso B.2.4.3.4. Métodos de cálculo del reglamento técnico RAS 2000. Su aplicación es recomendable para poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión.

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

K: Tasa de crecimiento de la población

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

P_{cp} : Población censo posterior

P_{ca} : Población correspondiente al censo anterior

T_{cp} : Año censo posterior

T_{ca} : Año censo anterior

Ln: Logaritmo natural

A partir de la ecuación para calcular la tasa, se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de 0.45%, por lo que para el año 2019 se calcula una población de 860 y para el año 2024 se calcula una población de 880.

Analizando los resultados obtenidos en cada método de proyecciones de población y comparando con las proyecciones realizadas por el DANE la que más se asemeja a los resultados es la del método geométrico el cuál proyecta para el año 2024 una población estimada de 965 habitantes y teniendo en cuenta la información obtenida por ACUAESPERANZA de que la población flotante debido al turismo y a casas de descanso vacacionales en la inspección de La Esperanza es del 30%, la población que se tendrá para el periodo de diseño de 5 años al 2024 será de 1255 habitantes.

Tabla 10. Proyección de la población Inspección La Esperanza según el método geométrico tasa 1,5%.

Incluyendo población flotante del 30%.

AÑO	POB. FIJA	POB. FLOTANTE	TOTAL
2019	896	269	1115
2020	909	273	1182
2021	923	277	1200
2022	937	281	1218
2023	951	285	1236
2024	965	289	1254

Fuente. Propia

A partir de la proyección realizada para la inspección de La Esperanza en la tabla número 11 se realiza la proyección para el área de investigación, vereda Alto Grande municipio de La Mesa para un periodo de diseño de 5 años, teniendo en cuenta la población fija y flotante, partiendo del año actual (2019), y discriminados de la siguiente manera:

Tabla 11. Proyección de la población vereda Alto Grande según el método geométrico tasa 1,5%.

Incluyendo población flotante del 30%.

AÑO	POB. FIJA	POB. FLOTANTE	TOTAL
2019	145	44	189
2020	147	44	191
2021	149	45	194
2022	152	46	198
2023	154	46	200
2024	156	47	203

Fuente. Propia

Teniendo en cuenta el periodo de diseño, que para este caso es de 5 años, para la proyección establecida en la tabla número 12 se formula la alternativa de diseño teniendo una demanda de 203 habitantes de la vereda Alto Grande para el año 2024, que permite mejorar las condiciones de vida de los habitantes y ampliar la cobertura del servicio al 100%.

1.9. Oferta

1.9.1. Acueducto

El servicio de acueducto del casco urbano según información encontrada en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial P.B.O.T de La Mesa, es prestado por la secretaria de servicios públicos de la alcaldía municipal.

La fuente principal de abastecimiento es la quebrada La Honda, cuyo caudal es tomado mediante un sistema de gravedad, con un caudal aproximado de 45 Lps, el cual abastece el casco urbano, algunas veredas y la inspección de San Javier.

De acuerdo con las estadísticas obtenidas con base al sistema de estadísticas territoriales del Departamento Nacional de Planeación en la ficha técnica número 25386 del SISBEN, la prestación del servicio de acueducto, en el caso del área rural se tienen un total de 3.348 viviendas, un 42% (1411) poseen acueducto, un 15% (491) se provisionan de un río, un 40% (1.332), se abastecen de un aljibe, y un 1% se abastece de un pozo con bomba o carro tanque. Para el caso de la inspección de La Esperanza, de un total de 244 viviendas un 89% (217) tienen servicio de acueducto, un 3% (8) se abastecen de una quebrada, el 7% (17) se aprovisionan de un aljibe y un 1% se abastece de otra fuente.

El servicio en la inspección de la Esperanza está a cargo de la empresa ACUAESPERANZA la cual maneja diferentes tarifas de acuerdo con el estrato. Según información suministrada por la misma, para los estratos 1 y 2 la tarifa oscila entre los \$750 y \$1.450, para los estratos 3 y 4 la tarifa oscila entre los \$2.100 y \$2.500 aproximadamente, para el estrato 5 y uso comercial la tarifa es aproximadamente \$3.700 y para uso oficial es \$2.450 aproximadamente.



Para el año 2015, según información de la Asociación de usuarios de acueducto y alcantarillado urbano y rural de la inspección La Esperanza municipio de La Mesa ACUAESPERANZA y el Consorcio PTAP La Mesa (2015), el acueducto rural contaba con 268 suscriptores, tomando el caudal del río Apulo, mediante una bocatoma lateral en muy mal estado, una red de aducción en PVC en diámetro de 6" hasta el desarenador convencional que se encuentra en buen estado, y una conducción en PVC con diámetro de 4" hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable de tipo compacta, pasando al tanque de almacenamiento en concreto de capacidad 100 m³, y de este sale una red de distribución ramificada en tubería PVC de 3" de diámetro con una longitud de aproximadamente 12.045 metros de tubería de 3", 2", 1 ½", 1", ¾" y ½".

Sin embargo, los usuarios de este acueducto rural deben sufrir las consecuencias del racionamiento de agua que se ha implantado por sectorización por carencia de caudal de agua tratada para ofertar a la población en las condiciones adecuadas de cantidad y continuidad, en razón a que existe una Planta de Tratamiento de Agua Potable de tipo compacta fabricada por ACUASISTEMAS para un caudal de 2 litros por segundo y ya cumplió su vida útil, teniendo en cuenta que fue construida hace aproximadamente 28 años, y que debido al tipo de planta no presenta posibilidades satisfactorias de ampliación. Adicional algunas de las estructuras que componen el sistema de acueducto se encuentran en muy mal estado por lo que requieren de mantenimiento, reparación y algunas de cambio total. Lo que implica un mejoramiento y optimización del sistema de acueducto actual que mejore las condiciones de calidad de vida de los habitantes del



sector y conecten todos los habitantes al sistema, es decir que la cobertura actual del servicio siendo del 89% garantice a 5 años la cobertura total del 100%.

A partir del análisis realizado mediante el estudio de mercado se obtuvieron datos fundamentales, de las necesidades que presenta actualmente la comunidad en cuanto a cobertura y continuidad de la prestación del servicio de acueducto, además de ello identificó factores importantes como demografía, vías de acceso, hidrología, geología, precipitación, hidrología, entre otros que permiten concluir que el área de estudio es accesible para llevar a cabo las actividades propuestas dentro de la alternativa de diseño para la optimización del sistema de acueducto actual.

Este estudio fue de suma importancia debido a que las asociaciones y juntas administrativas carecen de un fortalecimiento técnico e institucional para garantizar una operación efectiva, que cumpla con las especificaciones establecidas dentro del Reglamento técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, evidenciado a través de las inspecciones realizadas en campo que permitieron determinar el estado de las estructuras y demás elementos que componen el sistema.

Existe una gran demanda insatisfecha en el mercado, en vista de que la oferta actual no cubre las necesidades de la demanda, debido a indicadores de cobertura y continuidad que resultan insuficientes para satisfacer las necesidades de la creciente demanda, que tiene interés y el poder adquisitivo necesario para demandar los servicios de acueducto.

Por lo anterior se evidencia que existen condiciones precarias en cuanto al funcionamiento, operación y mantenimiento actual del sistema y que debido al estado de las estructuras (bocatoma, desarenador, redes de conducción y distribución) se hace



necesario realizar una propuesta de diseño que optimice el sistema, que permita aumentar su cobertura al cien por ciento y garantizar la continuidad del servicio de acueducto las veinticuatro horas del día los siete días de la semana, aprovechando los datos obtenidos y teniendo en cuenta las fortalezas y debilidades que presenta el servicio y su operador, para contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas.

Dadas las condiciones de mercado que presenta el proyecto, se concluyó que existe un mercado potencial bueno que sustenta satisfactoriamente la conveniencia de realizar una propuesta de diseño para la optimización del sistema de acueducto para la vereda Alto Grande, desde el punto de vista de viabilidad de mercado, lo que permitió continuar con la secuencia de la investigación.

2. Aspectos técnicos

A partir de un estudio de investigación de mercado realizado se determinó que la vereda de Alto grande del municipio de La Mesa no cuenta con un servicio óptimo de acueducto en cuanto a continuidad, cobertura y calidad de agua potable.

Para este proyecto se realiza el estudio de prefactibilidad para la propuesta de diseño de la optimización del sistema de acueducto existente, basados en estudios y fuentes secundarias. Los estudios y diseños tienen un costo aproximado de trescientos cincuenta millones de pesos, cantidad de dinero que involucra costos de pruebas y ensayos de laboratorio del agua, equipos de topografía, y mano de obra calificada para ejecutar los diseños. Para el costo de la inversión de la obra es necesario contar con la etapa de estudios y diseños terminada y con un concepto de viabilidad en cuanto a diseño, costos, permisos ambientales, permisos prediales y diagnóstico del prestador.

Para poder llevar a cabo la etapa de implementación (inicio de la obra) es importante tener en cuenta las vías de acceso a la vereda Alto Grande, debido a que se requiere traslado de personal, equipos y material al área de diseño. La red vial del municipio cuenta con 56 vías veredales con una longitud de 169,7km, con recebo afirmado (mezcla de materiales granulares compuesta por piedra triturada, arena y material fino, una vez compactado sirve como base para instalar estructuras de concreto y asfalto), lo cual permite garantizar un fácil acceso a la vereda, cuenta con dos rutas de acceso, la primera es Mosquera – Mondoñedo – La Gran Vía – La Esperanza, y la segunda Mosquera – Cartagenita – Zipacón - Cachipay – La Esperanza, las cuáles son fundamentales a la hora de minimizar tiempos de transporte.

En época de invierno y por ser un terreno con pendientes altas, las vías tienden a deteriorarse, perjudicando el desplazamiento, por lo cual es fundamental tener en cuenta los meses con mayor precipitación para establecer un plan de contingencia en cuanto a actividades que requieran de traslado.

En la inspección de la esperanza se encuentra la oficina de usuarios de Acuaesperanza, donde se puede ubicar el campamento para labores de oficina, adicional cuenta con servicios de energía, alcantarillado y acueducto, para garantizar el correcto desarrollo de las actividades que requieran de un puesto de trabajo fijo.

2.1. Descripción general del proceso

Para el desarrollo de la investigación, a continuación, se expone el alcance del servicio y las actividades que se deben realizar durante la etapa de ejecución estudios y diseños, para que la administración municipal y el operador del servicio lo tengan en cuenta al momento en que decidan implementarlo, así como los productos que deben cumplir con las normas aplicables al sector y los aspectos necesarios para la elaboración del

“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA ALTO GRANDE, MUNICIPIO DE LA MESA- CUNDINAMARCA”.

2.1.1. Actividades por ejecutar

Teniendo en cuenta el procedimiento establecido por Empresas Públicas de Cundinamarca para la formulación de proyectos, en las actividades por ejecutar de los

estudios previos para la contratación de los diseños para proyectos de acueducto y alcantarillado en el departamento de Cundinamarca se tienen las siguientes actividades:

- 2.1.1.1. Alistamiento y Preliminares: visitas de campo para reconocimiento, socialización del proyecto con las autoridades municipales y partes interesadas, compilación de la información y documentación del sistema de acueducto existente, realizando el análisis de todos y cada uno de los componentes del sistema de acueducto, con el propósito de presentar un diagnóstico del estado físico, hidráulico y de funcionamiento de este.
- 2.1.1.2. Diagnóstico del estado actual del servicio de acueducto de la vereda Alto Grande, que incluya la identificación del prestador del servicio, los componentes existentes del sistema de acueducto, las condiciones del servicio, las condiciones de calidad del agua, la operación y mantenimiento, la identificación de deficiencias en el servicio y las condiciones de prestación del servicio en la vereda Alto grande.
- 2.1.1.3. Recopilación y análisis de información de los estudios y diseños existentes.
- 2.1.1.4. Realizar la inspección del estado de las estructuras existentes.
- 2.1.1.5. Realizar los estudios socioeconómicos del sector.
- 2.1.1.6. Inspeccionar el análisis de las zonas de expansión y desarrollo según los Esquemas de Ordenamiento Territorial, proyectos de parcelación aprobados y ejecutados, proyecciones de población y determinación de caudales para el horizonte del proyecto de acuerdo con las especificaciones de la normatividad vigente, sin dejar de lado las zonas a las que se le esté presentando el servicio.



- 2.1.1.7. Elaborar el estudio de alternativas de solución y prefactibilidad integral desde los puntos de vista técnico, operativo, socioeconómico, financiero, institucional, ambiental, predial y de mantenimiento, que cumpla con las especificaciones de la normatividad vigente, socialización del estado y/o avance de las alternativas con la autoridad municipal, la entidad prestadora de los servicios públicos, de tal forma que permita seleccionar la solución más adecuada, acorde con su capacidad financiera, técnica y operativa y la socialización con las autoridades locales, que propicie la atención adecuada de los requerimientos actuales y futuros.
- 2.1.1.8. Realizar los estudios de suelos, perforación y toma de muestras de suelo a varias profundidades. Análisis de laboratorio para determinar características y propiedades mecánicas de los sub-estratos de suelo y localización de la tabla de agua.
- 2.1.1.9. Realizar el estudio patológico y de vulnerabilidad sísmica estructural para las infraestructuras con que cuenten el sistema de acueducto de la vereda Alto Grande del municipio de La Mesa, y que requieran de obras de optimización de acuerdo con la alternativa seleccionada para el proyecto.
- 2.1.1.10. Identificar servidumbres, corredores y predios que se verán afectados con las infraestructuras planteadas en el proyecto, y sus respectivas fichas prediales.
- 2.1.1.11. Realizar el levantamiento topográfico georreferenciado del área seleccionada para la implantación del proyecto, que cubra las zonas que se

requieran para garantizar la construcción de las obras planteadas en la alternativa seleccionada. (Deben ubicarse redes existentes (agua, luz, alcantarillado), edificaciones u otras estructuras existentes, árboles y cuerpos de agua (lagunas, humedales, quebradas, vallados, etc.)

- 2.1.1.12. Elaborar los estudios geotécnicos incluyendo exploración geotécnica, análisis de laboratorio y estudios correspondientes, de acuerdo con las especificaciones del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Resolución 1063 de 2016 y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR 10.
- 2.1.1.13. Elaborar la modelación hidráulica del sistema de acueducto, de forma que se identifiquen los caudales y las presiones que garantizarán el suministro adecuado y continuo, considerando los patrones de consumo del municipio y el cubrimiento ante eventualidades de fallas de suministro de agua potable al sistema.
- 2.1.1.14. En caso de requerirse concesión de aguas y permiso de ocupación de cauce para las estructuras (Bocatoma y pasos elevados), se debe tramitar ante la Corporación Autónoma regional de Cundinamarca – CAR.
- 2.1.1.15. Elaborar el estudio hidrológico, diseños técnicos definitivos (hidráulicos, geotécnicos, eléctricos, estructurales) correspondientes a la solución recomendada por el diseñador. (incluir planos de detalle, memorias de cálculo y un informe técnico sobre la alternativa seleccionada).
- 2.1.1.16. Describir y evaluar las actividades para prevenir, mitigar, corregir o

compensar los impactos sobre el cuerpo de agua y sus usos o al suelo.

- 2.1.1.17. Elaborar los diseños técnicos definitivos (hidráulicos, geotécnicos, eléctricos, estructurales) correspondientes a la solución recomendada por el diseñador y aceptada por el municipio.
- 2.1.1.18. Elaborar un análisis de disponibilidad de mano de obra, material y disposición de los residuos provenientes de la obra.
- 2.1.1.19. Elaborar los análisis de precios unitarios, presupuestos de detalle, especificaciones técnicas, cronograma de ejecución de las obras y flujo de fondos e inversiones.

2.2. Maquinaria y equipos necesarios

Es importante tener en cuenta que para la etapa de diseños se requiere mano de obra calificada con el fin de poder llevar a cabo los respectivos estudios para realizar el diseño, cada persona tiene un porcentaje discriminado de acuerdo con la disposición de tiempo requerida para esta etapa, que tiene un tiempo estimado de 4 meses aproximadamente.

A continuación, se relaciona el personal calificado requerido y cada uno de los componentes que se requieren para esta fase, incluido equipos tecnológicos exigidos para realizar diferentes actividades contempladas en esta primera fase (Levantamiento topográfico, pruebas de laboratorio de calidad del agua, estudio de suelos, patología estructural, entre otros).

2.3. Personal requerido

2.3.1. Personal profesional

- Director general: Como su nombre lo indica es la persona encargada de dirigir esta etapa, de estar al tanto de que se cumplan las actividades y los tiempos establecidos dentro del cronograma, de que del aval y la aprobación de la información que va a ser entregada.
- Especialista hidráulico: Diseñar, planificar, construir y operar las obras hidráulicas que se basan en las investigaciones que se apoyan de gran manera de los resultados experimentales.
- Especialista en Geotecnia: Es el profesional encargado de realizar el estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico (suelo).
- Especialista estructural: Profesional encargado del diseño de las estructuras que componen el sistema de acueducto, de acuerdo con las especificaciones técnicas contempladas en la norma.
- Especialista ambiental: Profesional encargado de revisar que no existan implicaciones negativas en contra del medio ambiente ni se vayan a ver afectadas las fuentes hídricas durante el proceso.
- Profesional técnico de gestión predial: Profesional encargado de evaluar el diseño final, en caso de requerirse permisos de servidumbre y autorizaciones de paso.

- Profesional jurídico predial: En caso de presentarse inconvenientes frente a predios afectados directamente por el trazado, el profesional jurídico predial está en la capacidad
- de brindar el apoyo necesario en caso de que se requieran imposiciones o adquisiciones de predios privados.
- Profesional de costos y presupuestos: Es el profesional encargado de elaborar todo el presupuesto de la obra, teniendo en cuenta el diseño final presentado por el diseñador, en este deben contemplarse cada una de las actividades que implica la ejecución de esta, APU, resumen de presupuesto, cotizaciones, presupuesto general, etc.
- Profesional en trabajo social

2.3.2. Personal técnico y asistencial

- Dibujante: Es la persona encargada de la elaboración de los planos del trazado y de las estructuras que se requieran.
- Auxiliar de ingeniería: Es la persona encargada de realizar los cálculos requeridos para el diseño, de diligenciar las carteras topográficas y demás actividades contempladas dentro de esta etapa.
- Secretaria: Es la persona que se encarga de organizar todo el tema de papeleo, documentos físicos y digitales, estudios entregados, planos, numeración de carpetas, y todas las demás actividades asistenciales que se requieran durante la elaboración de estudios y diseños.



Es de anotar que el personal mínimo requerido mencionado anteriormente puede ser contemplado de otra manera de acuerdo con los requerimientos de cada consultoría.

2.4.Equipos

Para el caso de los equipos es importante tener en cuenta el presupuesto estimado para la etapa de elaboración de diseños (ver anexo 01), teniendo en cuenta que la contratación de cada ensayo incluye los equipos mínimos requeridos.

- Campamento: La locación o punto de trabajo será la oficina de servicios públicos ACUAESPERANZA, quien ofrecerá un espacio para realizar las labores que se requieran.
- Equipo de computo
- Escritorio
- Silla
- Levantamiento topográfico
- Vehículo de transporte para el personal
- Estudio de suelos
- Patología estructural
- Estudio de calidad de agua
- Oficina

2.5. Distribución de planta

Fuente. Imágenes de Google

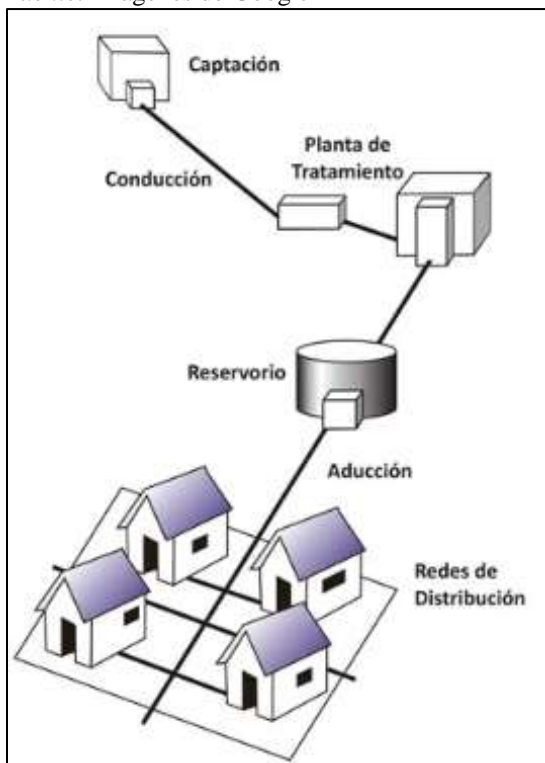


Ilustración 3. Esquema sistema de acueducto.

En la imagen de la izquierda podemos apreciar el esquema básico del sistema actual del servicio de acueducto, teniendo en cuenta que en la parte de captación encontramos la estructura de la bocatoma donde es almacenada el agua captada de la fuente y luego pasa por el desarenador para retirar el material de arenas, de allí es conducida a la planta de tratamiento la cuál realiza diferentes procesos que serán explicado más adelante, pasando al tanque de almacenamiento (reservorio) en concreto de capacidad 100 m³, y de este sale una red de distribución ramificada en tubería PVC de 3" de diámetro con una longitud de aproximadamente 12.045 metros de tubería de 3", 2", 1 ½", 1", ¾" y ½" para una cobertura actual del 89% (129 habitantes).

La planta de tratamiento de agua potable se ubica en una ladera en cercanías a un talud de acceso a una quebrada, el lote fue acondicionado a diferentes niveles donde se encuentran instalaciones de esta, cuenta con una vía de acceso destapada y con un cerramiento en malla eslabonada. Actualmente la planta no cuenta con un sistema de tratamiento de lodos por lo que estos desechos son vertidos directamente a la quebrada lo que genera un

alto impacto ambiental. A continuación, se relacionan los procesos dentro de la planta para la potabilización del agua.



Fuente: Consorcio PTAP La Mesa

Figura 17. Descripción General PTAP La Esperanza.



Fuente: Consorcio PTAP La Mesa

Ilustración 4. Fotografías estado actual PTAP La Esperanza. [Fuente CONCORCIO PTAP LA MESA.

Estudios y diseños para la optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la inspección de la Esperanza, municipio de La Mesa Cundinamarca. 2015]



Como se aprecia anteriormente en la zona de equipos y procesos se encuentran construidos los diferentes tanques de los procesos de potabilización, los cuales entregan el agua a tanques metálicos donde se termina el proceso. Estas albercas se encuentran enchapadas y allí se realizan diferentes procesos como la dosificación, El proceso de tratamiento inicia con la dosificación de hipoclorito de sodio para el proceso de cloración, soda caustica y sulfato de aluminio para el proceso de coagulación en tres tanques diferentes cada uno con capacidad de 500 litros. Luego de la dosificación el agua es conducida al área de mezclado, mediante tubería con diámetro de 1 ½” para el agua con sulfato, 1” para el agua con soda y 1” para el agua con cloro, después el agua llega al sedimentador por la parte inferior mediante 10 flautas con diámetro de ½”, cada flauta tiene 16 orificios con diámetro de 3/8”. De allí el agua es conducida por flujo ascendente entre las placas paralelas de sección hexagonal, hasta llegar a una tubería con diámetro de 4” que lleva el agua hacia el filtro, el proceso de filtración tiene como materiales filtrantes grava y arena cada una con espesor de 0,35m y un área de retro lavado con diámetro de 2”, y finalmente es conducida al tanque de almacenamiento con capacidad de 100m² mediante una tubería en PVC con diámetro de 4”.



Ilustración 5. Fotografías procesos PTAP La Esperanza. [Fuente CONCORCIO PTAP LA MESA. Estudios y diseños para la optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la inspección de la Esperanza, municipio de La Mesa Cundinamarca. 2015]

De la Planta de tratamiento, el agua pasa al tanque de almacenamiento en concreto de capacidad de 100m³, del cual sale la red de distribución en tubería de PVC de 3” ramales más importantes son ramal La Pesquera, ramal La Esperanza y ramal La Salada.

Adicionalmente cuenta con una zona de administración ubicada en la parte más alta del lote, con un área aproximada de 30m². Allí funciona el laboratorio y almacén. El sitio puede ser condicionado para la ampliación y adecuación de la planta, en caso de

requerirse mayor área, se puede tener en cuenta el lote colindante que presenta las mismas características geotécnicas.

2.6. Criterios de diseño

- Realizar el diseño de las estructuras de conducción y aducción que permitan la potabilización del agua y garantice la calidad y el suministro de agua potable, apto para el consumo humano (Bocatoma, desarenador, tuberías y tanques de almacenamiento).
- Establecer un trazado en lo posible paralelo a las vías, para evitar inconvenientes en caso de pasar por predios privados y requerirse permisos de servidumbre.
- Proponer un trazado que no contemple puntos muy altos para evitar grandes pérdidas al punto de llegada o un colapso en las tuberías.
- Garantizar que la línea piezométrica sea positiva y que en ninguna zona se cruce con la tubería con el fin de evitar presiones manométricas negativas que representen un peligro de colapso de la tubería por aplastamiento o zonas con posibilidades altas de cavitación.

A continuación se establecen los factores a intervenir durante la etapa de implementación de los estudios y diseños y sus respectivos indicadores:

Tabla 12. Factores por intervenir.

Descripción	Indicador
Factor técnico	Conducción y aducción
Factor técnico y económico	Distribución (Redes)
	Tanque de almacenamiento
	Bajo coste
Factor ambiental	Impacto al medio ambiente
Factor social	Impacto a la comunidad

Fuente. Propia

2.7. Impacto ambiental

La presente investigación tiene como objetivo mitigar los impactos ambientales identificados en las actividades de operación y mantenimiento, para cumplir dicho objetivo es necesario considerar en primer plano la evaluación de los impactos identificados y la selección de los más importantes con la finalidad de elaborar un Plan de manejo ambiental que desarrolle planos de acción y medidas de mitigación que aseguren la preservación del entorno que rodea el proyecto y la salud humana de los involucrados en el mismo.

De acuerdo con el estado actual de la prestación del servicio, y teniendo en cuenta que el caudal actual que presta la PTAP de la inspección de La Esperanza no es suficiente para cubrir la demanda del servicio de acueducto es importante solicitar la ampliación de la concesión de aguas para el aumento de caudal de acuerdo con el diseño final, y así garantizar continuidad del servicio. Actualmente se cuenta con una concesión para un caudal de 2,34 Litros por segundo LPS vigente, otorgada del río Apulo por la CAR, mediante Resolución 0377 de 2011, la conducción hasta la PTAP actual, en diámetro de 4" en PVC.



Durante esta fase se deberá realizar el diagnóstico de cada estructura para desarrollar el diseño en base a los estudios realizados, en caso de requerirse algún tipo de permiso ambiental, se debe tramitar con la autoridad competente autorizada, con el propósito de mitigar el impacto ambiental y que no impliquen daños o afectaciones parciales o totales al medio ambiente, en este caso las fuentes o cuerpos de agua.

Es importante tener en cuenta toda la reglamentación vigente en cuanto a los permisos y prohibiciones ambientales que se deben tener presentes al momento de diseñar un sistema de acueducto. Los aspectos negativos generados son mínimos y obedecen al impacto ambiental generado por la descarga de aguas servidas y el manejo de residuos sólidos y líquidos.

Adicional a esto, con la optimización y el mejoramiento del sistema se reduce el factor de riesgo para la salud permitiendo a las personas mejorar las condiciones higiénicas y sanitarias de su sector y vivienda, promoviendo una mejora considerable en la calidad de vida de la población y en el cumplimiento de las demandas de servicios básicos.

Es importante tener en cuenta que cada uno de los autores consultados fueron citados en este proyecto de investigación, sin tomarse créditos por estudios que ya hayan sido realizados, adicional a esto se tuvieron en cuenta cada uno de los ítems y procesos establecidos en el Reglamento Técnico del sistema de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, con el fin de dar cumplimiento a cada normativa citada en el marco legal de la investigación.

Se dispone de una completa cotización de costos de estudios, materias primas, insumos y recursos humanos necesarios para la elaboración del diseño de la optimización del



acueducto de la vereda Alto Grande, se tiene presente la estructura organizacional del personal que laborará acorde a funciones, así como el listado de actividades propuestas para la implementación del mismo y las alternativas de diseño.

A partir del estudio técnico se determinó el conjunto de actividades y procesos de implementación que se deben tener en cuenta en la implementación de la etapa de estudios para el diseño, como tecnología, equipos y mano de obra, adicional es importante tener en cuenta que existe un sistema actual que funciona bajo el efecto de gravedad y que seguirá funcionando de la misma manera, y que de acuerdo a las condiciones encontradas en el área de estudio no existe impedimento para desarrollar la optimización del servicio.

3. Estudio económico y financiero

Teniendo en cuenta los estudios anteriores y la información suministrada por el prestador del servicio de acueducto en la vereda Alto grande del municipio de la Mesa, Asociación de usuarios Acueducto La Esperanza “ACUAESPERANZA”, en la siguiente tabla se aprecia el listado de precios del servicio por metro cubico de acuerdo con la clasificación establecida en el indicador.

Tabla 13. Clasificación de precios y consumo promedio.

Indicador	Unidad	Precio
Estrato 1	m3	\$ 750
Estrato 2	m3	\$ 1.450
Estrato 3	m3	\$ 2.100
Uso oficial	m3	\$ 2.450
Estrato 4	m3	\$ 2.500
Estrato 5 y uso comercial	m3	\$ 3.700

Consumo promedio mensual m3	Por persona	Por vivienda (3,7)
	3,8	15,4

Fuente. Propia. (Precios ACUAESPERANZA)

Teniendo en cuenta información de fuentes secundarias se establece que el consumo promedio mensual por persona es de 3,8 m3 y por vivienda es de 15,4m3, partiendo de que el número de habitantes por vivienda es de aproximadamente 3,7.

Según informe de estadísticas básicas de la provincia del Tequendama realizado por la oficina de sistemas de información de análisis y estadísticas de la secretaria de planeación de Cundinamarca, el número de viviendas según estrato provincia de Tequendama para el

año 2014, cuyos datos están basados en el SISBEN (pág.4) para el estrato 1 son 1.176 viviendas que representa un 13,98%, para el estrato 2 son 5.353 viviendas que corresponde a un 63,64%, estrato 3 son 1.528 viviendas que corresponde a un 18,17%, estrato 4 son 61 viviendas que corresponde a un 0,73% y otros con 293 viviendas que corresponde a un 3,48%.

Con base a la información anterior de porcentajes por vivienda en el municipio de La Mesa, se proyectó el número de suscriptores (viviendas) clasificados por estrato para la vereda Alto Grande, teniendo como base los datos por año de la población fija y flotante relacionados en la tabla número 12 del documento:

Tabla 14. Número de habitantes por estrato Año 5, 4, 3, 2 y 1.

Habitantes	Suscriptores	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Uso oficial
156	42	6	27	8			1
47	13				8	5	

Habitantes	Suscriptores	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Uso oficial
154	42	6	26	8			1
46	12				7	5	

Habitantes	Suscriptores	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Uso oficial
152	41	6	26	7			1
46	12				7	5	

Habitantes	Suscriptores	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Uso oficial
149	40	6	26	7			1
45	12				7	5	

Habitantes	Suscriptores	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Uso oficial
147	40	6	25	7			1
44	12				7	5	

Fuente. Propia



Teniendo en cuenta la cantidad de habitantes por indicador se realiza una proyección a 5 años, tomando como base un incremento de 4% en el precio para cada año y tomando los volúmenes de acuerdo con la cantidad de habitantes por consumo promedio mensual.

Tabla 15. Proyección a 5 años de ingresos y consumo por estrato.

PERIODOS		1	2	3	4	5
Tabla de precios	Unidad					
Estrato 1	m3	\$ 750	\$ 780	\$ 811	\$ 844	\$ 877
Estrado 2	m3	\$ 1.450	\$ 1.508	\$ 1.568	\$ 1.631	\$ 1.696
Estrato 3	m3	\$ 2.100	\$ 2.184	\$ 2.271	\$ 2.362	\$ 2.457
Uso oficial	m3	\$ 2.450	\$ 2.548	\$ 2.650	\$ 2.756	\$ 2.866
Estrado 4	m3	\$ 2.500	\$ 2.600	\$ 2.704	\$ 2.812	\$ 2.925
Estrado 5 y uso comercial	m3	\$ 3.700	\$ 3.848	\$ 4.002	\$ 4.162	\$ 4.328
%Incremento de precio	%	4%	4%	4%	4%	4%
Volúmenes						
Estrato 1	m3	1026.42	1040.38	1061.33	1075.30	1089.26
Estrado 2	m3	4672.48	4736.05	4831.41	4894.98	4958.55
Estrato 3	m3	1334.05	1352.20	1379.43	1397.58	1415.73
Uso oficial	m3	255.50	258.98	264.19	267.67	271.15
Estrado 4	m3	1042.53	1065.73	1089.30	1090.03	1108.74
Estrado 5 y uso comercial	m3	1208.69	1236.16	1263.63	1263.63	1263.63
Ingresos						
Estrato 1		\$ 769,814	\$ 811,500	\$ 860,952	\$ 907,172	\$ 955,711
Estrado 2		\$ 6,775,101	\$ 7,141,970	\$ 7,577,199	\$ 7,983,975	\$ 8,411,169
Estrato 3		\$ 2,801,508	\$ 2,953,208	\$ 3,133,176	\$ 3,301,378	\$ 3,478,023
Uso oficial		\$ 625,984	\$ 659,880	\$ 700,093	\$ 737,677	\$ 777,148
Estrado 4		\$ 2,606,317	\$ 2,770,902	\$ 2,945,470	\$ 3,065,340	\$ 3,242,673
Estrado 5 y uso comercial		\$ 4,472,160	\$ 4,756,752	\$ 5,056,956	\$ 5,259,234	\$ 5,469,604
Total ingresos		\$18,050,883	\$19,094,212	\$20,273,846	\$21,254,775	\$22,334,327

Fuente. Propia

Para lo cual basados en la información de la tabla número 15, donde se establece que un usuario o suscriptor equivale a 3,7 personas por vivienda, y el consumo promedio por vivienda es 15,4m³ y por persona es 3,8m³, se calculan los volúmenes de consumo para cada periodo, por lo cual se coge el número de consumo promedio por vivienda (15,4m³) multiplicado por el número de suscriptores por cada estrato y multiplicado por 12 (número de meses que contiene un año). Por ejemplo para el caso del estrato 1:

No. De suscriptores= 6

Volumen= 15,4m³*6*12= 1089,26m³

Para obtener los ingresos por año se emplea la formula anterior o en su defecto se toma el resultado de cada año y se multiplica por el precio del m³ según la clasificación por estrato y el periodo para el cual se esté calculando.

Y así para cada año se emplea la misma fórmula pero se tiene en cuenta la información de la tabla número 16, la cual establece el número de suscriptores por estrato para cada año.

Una vez obtenidos los datos de precio y volumen para cada año, se realizó la estimación de los ingresos y egresos en el PYG, teniendo como base un 40% de costos operacionales (20% operación, 15% mantenimiento y 5% imprevistos).

Tabla 16. PYG. Indicador financiero de utilidades.

Ingresos	\$ -	\$18,050,883	\$ 19,094,212	\$ 20,273,846	\$ 21,254,775	\$22,334,327
Costo Operacionales	\$ -	\$124,800,000	\$ 163,200,000	\$ 211,200,000	\$249,600,000	\$ 288,000,000
Utilidad Bruta	\$ -	-\$ 106,749,117	-\$ 144,105,788	-\$ 190,926,154	-\$ 228,345,225	-\$ 265,665,673
Gastos Admini	\$ -	12,480,000	16,320,000	21,120,000	24,960,000	28,800,000



Depreciación	\$ -	107,000,000	107,000,000	107,000,000	107,000,000	107,000,000
Utilidad Operacional	\$ -	- 226,229,117	- 267,425,788	- 319,046,154	- 360,305,225	- 401,465,673
Otros Ingresos						
Otros Egresos	\$ 11,431,613	\$ 12,245,829	\$ 10,771,794	\$ 8,844,210	\$ 6,349,689	\$ 3,401,619
Intereses	\$ 11,431,613	\$ 12,245,829	\$ 10,771,794	\$ 8,844,210	\$ 6,349,689	\$ 3,401,619
Utilidad Antes de Imptos	-\$ 11,431,613	-\$ 238,474,946	-\$ 278,197,582	-\$ 327,890,364	-\$ 366,654,914	-\$ 404,867,292
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad Neta	-\$ 11,431,613	-\$ 238,474,946	-\$ 278,197,582	-\$ 327,890,364	-\$ 366,654,914	-\$ 404,867,292

Fuente. Propia

De acuerdo con los resultados, se puede apreciar que el proyecto no genera utilidades, que la utilidad neta proyectada del año 1 al año 5 es negativa. Esto no quiere decir que el proyecto no sea viable, debido a su naturaleza.

El proyecto es de carácter social, y su objetivo es beneficiar a los habitantes de la vereda Alto Grande en el municipio de La Mesa, por lo tanto, su inversión no presenta periodo de retorno en relación con el dinero, los ingresos que se generen a partir del cobro por consumo de m³ de agua serán para la operación y mantenimiento del sistema, adicional como se mencionó anteriormente en caso de que la Asociación requiera un fortalecimiento institucional, tendrá el respectivo respaldo por parte de la Nación y del municipio. En caso de que el análisis tarifario no sea el oportuno será importante estudiar que tan viable sería que quien opere el sistema sea el casco urbano, por lo que habría que realizar un análisis de distancia (Km) de la vereda al casco urbano. Sin embargo, teniendo en cuenta que la Asociación se encuentra legalizada y es quien opera actualmente todo el sistema de la Inspección será necesario solo realizar el diagnostico como prestador y definir si se requiere o no Fortalecimiento, o si ya cuenta con este.



Tabla 17. Balance general. Estado financiero del proyecto.

Balance General	0	1	2	3	4	5
Activo	535,000,000	142,954,924	(354,253,803)	(965,179,047)	(1,667,952,507)	(2,459,894,617)
Disponible	-	(286,549,317)	(676,844,987)	(1,180,868,534)	(1,776,723,738)	(2,461,755,811)
CXC	-	1,504,240	1,591,184	1,689,487	1,771,231	1,861,194
PPE	535,000,000	428,000,000	321,000,000	214,000,000	107,000,000	-
PPE	535,000,000	535,000,000	535,000,000	535,000,000	535,000,000	535,000,000
Depreciación Acumulada	-	107,000,000	214,000,000	321,000,000	428,000,000	535,000,000
Pasivo	171,931,613	161,636,141	137,772,831	106,749,725	68,558,781	24,000,000
CXP	-	10,400,000	13,600,000	17,600,000	20,800,000	24,000,000
Obligaciones Bancarias	171,931,613	151,236,141	124,172,831	89,149,725	47,758,781	-
Patrimonio	363,068,387.50	- 18,681,216.99	492,026,634.02	- 1,071,928,771.58	- 1,736,511,288.12	- 2,483,894,616.65
Capital Social	374,500,000	231,225,342	36,077,506	(215,934,267)	(513,861,869)	(856,377,905)
Utilidad Periodo	(11,431,613)	(238,474,946)	(278,197,582)	(327,890,364)	(366,654,914)	(404,867,292)
Utilidad Acumuladas	-	(11,431,613)	(249,906,559)	(528,104,140)	(855,994,505)	(1,222,649,419)
Línea de Chequeo	-	-	-	-	-	-

Fuente. Propia

Tabla 18. Flujos de caja. Proyección a 5 años.

Flujo de Caja	0	1	2	3	4	5
EBITDA	-	- 119,229,117.09	- 160,425,787.65	- 212,046,154.36	- 253,305,225.19	- 294,465,673.11
Impuestos	-	-	-	-	-	-
Fc Operativo	-	(119,229,117.09)	(160,425,787.65)	(212,046,154.36)	(253,305,225.19)	(294,465,673.11)
CAPEX	535,000,000					
Inversión en K W	-	(8,895,760)	(3,113,056)	(3,901,697)	(3,118,256)	(3,110,037)
Flujo de Caja Libre	(535,000,000)	(110,333,357)	(157,312,732)	(208,144,457)	(250,186,969)	(291,355,636)
Intereses Financieros	-	12,245,829	10,771,794	8,844,210	6,349,689	3,401,619
Cambio en Obligaciones Financieras	160,500,000	(20,695,472)	(27,063,309)	(35,023,106)	(41,390,944)	(47,758,781)
Desembolsos Cultivos	160,500,000					
Pago Deuda Cultivos	-	(20,695,472)	(27,063,309)	(35,023,106)	(41,390,944)	(47,758,781)
Otros Ingresos						
Otros Egresos						
Flujo de Caja del Periodo	(374,500,000)	(143,274,658)	(195,147,835)	(252,011,773)	(297,927,602)	(342,516,036)
Aportes de Capital	374,500,000	(143,274,658)	(195,147,835)	(252,011,773)	(297,927,602)	(342,516,036)
Flujo de Caja Neto	-	(286,549,317)	(390,295,671)	(504,023,547)	(595,855,204)	(685,032,072)
Caja Inicial	-	(286,549,317)	(676,844,987)	(676,844,987)	(1,180,868,534)	(1,776,723,738)
Caja Final	-	(286,549,317)	(676,844,987)	(1,180,868,534)	(1,776,723,738)	(2,461,755,811)

3.1. Análisis financiero por indicador

3.1.1. Inversión por habitante

Una vez realizado en análisis financiero, tenemos una inversión de \$535.000.000 y una población de diseño de 203 habitantes en la vereda Alto Grande, lo que equivale a \$2.635.468 por habitante, esto sin tener en cuenta que la vida útil de un acueducto es aproximadamente 25 años, lo cual concluye que esta optimización no solo beneficiará los

203 habitantes que se tienen contemplados para un periodo de diseño de 5 años, si no que el impacto será mucho mayor.

Los ingresos percibidos por consumo le permitirán a la asociación que operará el sistema de acueducto y al municipio realizar el debido mantenimiento garantizando que dicha optimización opere durante la vida útil y logré un gran impacto beneficiando a la población actual y la futura.

3.1.2. Indicador de cobertura

Adicional según cifras del DANE la cobertura actual del sistema de acueducto beneficia un 89% de la población actual, con el proyecto la cobertura aumentara en un 11% lo que permitirá que el 100% de la vereda tenga servicio de acueducto y por ende mejore sus condiciones de calidad de vida con el consumo de agua potable.

3.1.3. Indicador de necesidades básicas insatisfechas

Según cálculos reportados por el DANE en los resultados obtenidos en el Censo del año 2005, el índice de Necesidades Básicas insatisfechas para el municipio de la mesa corresponde a 36,8%, lo que corresponde a un 0,003% por habitante, teniendo en cuenta que la población rural del municipio de La Mesa son 12.658 habitantes, con la implementación de la optimización del sistema de acueducto se logrará la reducción del porcentaje de NBI en cifras considerables.

3.1.4. Indicadores de Riesgo de Calidad del Agua

El consumo de agua sin ser tratada afecta el 24% de la población de Colombia según el DANE. La calidad del agua se ve afectada por la contaminación de las fuentes abastecedoras, la deforestación y condiciones climáticas, la falta de Plantas de Tratamiento de Agua Potable, la baja tasa de inversión debido a la gran demanda de población y en algunos casos porque el sistema tarifario no es sostenible. Lo que representa un problema de gran impacto en los indicadores de calidad de vida de las personas, generando problemas como:

- Según el IRCA “Indicadores de Riesgo de Calidad de Agua” un resultado $>5\%$ representa que el agua no es apta para el consumo humano y $<5\%$ es apta para el consumo humano, según último balance registrado el promedio anual por población del municipio de La Mesa está en 14%, muy por encima del rango no apto para el consumo, lo que representa una amenaza inminente para la población debido a las condiciones en las que se encuentran las fuentes de abastecimiento.

Fuente. Informe departamento de Cundinamarca. INCA 2015

ID	Municipios	Municipal		Zona Urbana		Zona Rural	
		Número de Muestras	IRCA (%)	Número de muestras	IRCA (%)	Número de muestras	IRCA (%)
25368	Jerusalén	12	7.67	11	8.37		
25372	Junín	12	7.04	12	7.04		
25377	La Calera	39	2.38	25	2.66	14	1.88
25386	La Mesa	50	18.40	32	14.00	17	26.67

Ilustración 6. Informe Nacional de Calidad del agua para consumo humano.



De acuerdo con los resultados del IRCA realizados en el municipio de La Mesa en el año 2015 se puede concluir que este representa una amenaza para la salud de la comunidad debido a que la baja calidad del agua:

- Aumenta el grado de vulnerabilidad de la población a contagiarse de enfermedades producidas por virus o bacterias, debido al consumo de agua no apta y de baja calidad.
- Limita las condiciones de calidad de vida de las personas, debido a que este tipo de enfermedades genera mayores gastos en el sistema de salud.
- Genera problemas de salubridad pública.
- La baja calidad del agua según la OMS (2002) sigue siendo una gran amenaza para la salud de los seres humanos. Las enfermedades diarreicas representan un 4,3% de la carga mundial total.

Por lo anterior, una vez realizado el análisis financiero la inversión no presenta periodo de retorno en relación con el dinero, pero si genera un alto impacto que permitirá mejorar las condiciones actuales de la población de la vereda Alto Grande del municipio de La Mesa, y que beneficiara a 203 habitantes, supliendo las necesidades de captación y distribución de agua potable de la comunidad y brindando una prestación continua e ininterrumpida, que analizado no solo en número de beneficiarios, mejora la calidad del agua, aumenta la cobertura, garantiza la prestación del servicio las 24 horas del día, los 7 días de la semana y la potabilización del agua que reduce el riesgo de adquirir enfermedades por la baja calidad del consumo de agua no tratada.

4. Diseño

4.1. Puntos de referencia

Basados en la visita de campo realizada el pasado 23 de marzo de 2019 se tomó como punto de referencia la Finca Villa Bertica ubicada en el área de diseño, vereda Alto Grande para determinar distancias fácilmente de los puntos de captación y sus estructuras, tanque de almacenamiento y planta de tratamiento.

A continuación, se puede apreciar la ubicación en el punto de color amarillo de la finca Villa Bertica tomado en campo con un GPS e ilustrado a partir de Google Earth

Fuente. Google Earth.



Ilustración 7. Coordenada Finca Villa Bertica, vereda Alto Grande

La finca de referencia se encuentra ubicada en las coordenadas 4.684797° Norte y -74.425256° Este.

Se identificó como fuente de captación del sistema actual de la vereda Alto Grande, la quebrada La Salada, la cual, según puntos de referencia tomados en el área de diseño se encuentra ubicada como se ilustra a continuación:

Fuente. Google Earth.

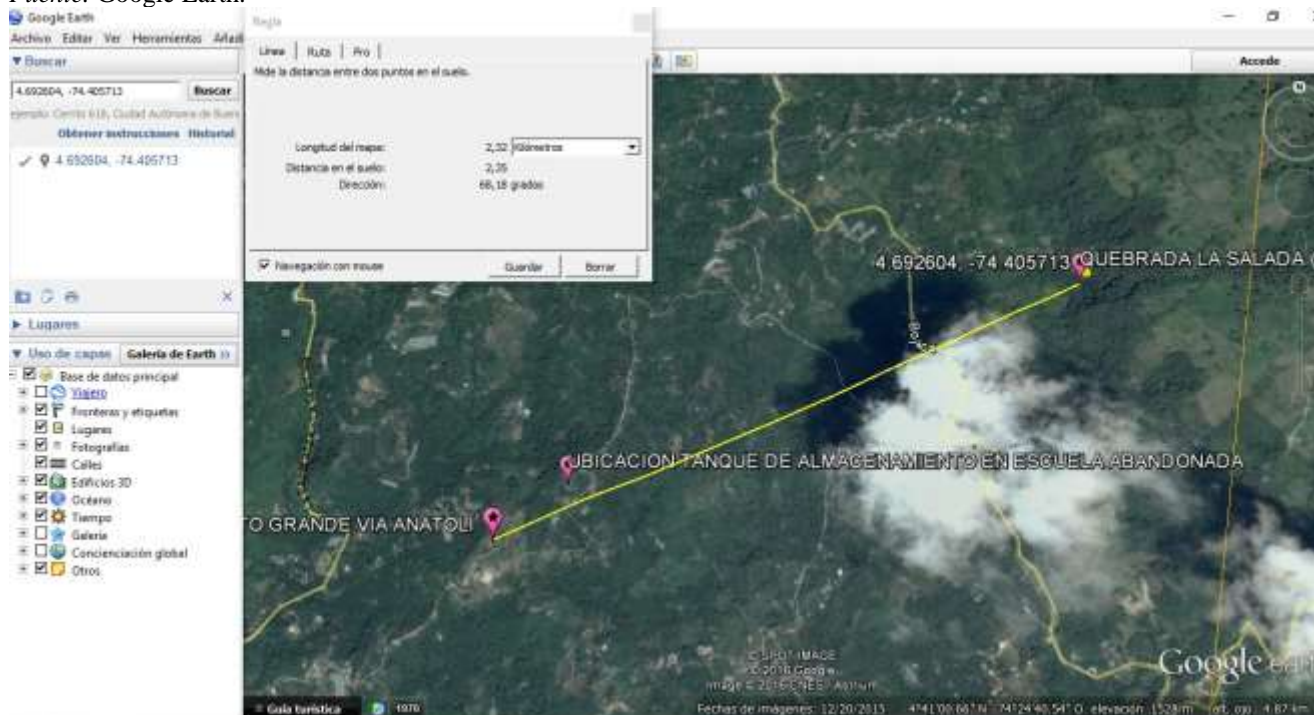


Ilustración 8. Distancia quebrada La Salada- Punto de referencia vereda Alto Grande

En la parte superior derecha encontramos el punto de referencia tomado en campo de la quebrada La Salada en las coordenadas $4.692604^{\circ}\text{N} - 74.405713^{\circ}\text{O}$ a una distancia de 2,32 kilómetros ilustrada con la línea de color amarillo, hasta el punto de referencia de la vereda Alto Grande de coordenadas $4.684797^{\circ}\text{N}- 74.425256^{\circ}\text{O}$ ubicado en la parte inferior izquierda.

Una vez realizada la visita de campo se tomaron diferentes puntos de referencia para establecer la ubicación de las estructuras actuales que componen el sistema y así poder a realizar el levantamiento de la topografía de la zona a través de Global mapper con las coordenadas tomadas con GPS y ubicadas en Google Earth, obteniendo como resultados la siguiente información:

Tabla 19. Coordenadas tomadas en campo

LUGAR	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ALTURA
Finca Villa Bertica (lugar de referencia)	4,684797	-74,425253	1354
Tanque de almacenamiento por vivienda	4,686559	-74,422614	1434
Desarenador	4,692673	-74,405925	1724
Tanque de almacenamiento	4,692564	-74,405902	1709
Planta de tratamiento	4,692592	-74,405902	1697
Captación quebrada La salada	4,692604	-74,405713	1721

Fuente. Propia

A partir de estas coordenadas se establecieron los criterios de diseño teniendo en cuenta distancias, ubicación y altura de cada punto.

4.2. Métodos de medición

4.2.1. Aforo volumétrico

El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en litros por segundo (L/s).

$$Q = \frac{v}{t}$$

Donde:

Q= caudal

V = volumen

t= tiempo

Teniendo en cuenta el método por aforo volumétrico se tomaron 3 recipientes de diferentes volúmenes y posteriormente se procedió a llenarlas teniendo en cuenta el tiempo de llenado de estas, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 20. Datos aforo volumétrico

Recipiente	Tiempo (segundos)	Volumen (Litros)
1	8,41	9,5
2	7,54	8,5
3	7,29	8,0
Promedio	7,75	8,7

Fuente. Propia

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir de este método de medición de caudal se tiene un volumen promedio de 8,7 litros con un tiempo de llenado promedio de 7,75 segundos por lo que basados en estos dividimos el volumen en el tiempo para determinar el caudal según indica la fórmula $Q=v/t$, obteniendo un caudal de **1,12 litros por segundo**.

4.2.2. Aforo por flotador

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que corre de la fuente tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme.

Se toma un tramo de la corriente, se mide el área de la sección, se lanza un objeto que flote, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del objeto por dicho punto se inicia la toma del tiempo que dura el recorrido hasta el punto de control corriente abajo.

Teniendo en cuenta el método por flotador se realizó el procedimiento en 5 partes diferentes de la fuente de captación (Quebrada La Salada) con características de profundidad, longitud y ancho variables, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 21. Aforo por flotador

Profundidad (metros)	Longitud (metros)	Ancho (metros)
0,465	3,24	1,345
0,477	3,25	1,345
0,323	3,33	1,345
0,460	3,205	1,345
0,454	3,215	1,345
0,438 promedio	3,248 promedio	1,345 promedio

Fuente. Propia

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir de este método de medición de caudal se tiene un caudal promedio de **1,18 litros por segundo**.

Con base a los métodos de medición de caudales se establecieron los siguientes caudales reales de diseño para la vereda La Salada, con los cuáles se procederá a determinar los datos de dotación y bajo los cuales se diseñarán las estructuras:

Tabla 22. Caudales Quebrada La Salada

Caudal (Q)	Litros/segundo	Metros³/segundo
Q mínimo	1,2	0,0012
Q medio	1,6	0,0016
Q máximo	2,5	0,0025

Fuente. Propia

4.3. Diseño de captación

La captación de aguas superficiales a través de rejillas se utiliza especialmente en los ríos de zonas montañosas, los cuales están sujetos a grandes variaciones de caudal entre los periodos de caudal mínimo y los periodos de crecientes máximas.

4.3.1. Dotación

De acuerdo con el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico para todo el territorio Nacional se establecen unos niveles de complejidad, dependiendo el número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiere para adelantar el proyecto, de acuerdo con la tabla A.3.1. Asignación del nivel de complejidad:

Fuente. Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000. Capítulo A.

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

Notas : (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.
 (2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

Ilustración 9. Asignación del nivel de complejidad

Teniendo en cuenta la cantidad de habitantes de la zona urbana del municipio de la mesa el nivel de complejidad sería medio alto ya que se encuentra en un rango de 12.501 a 60.000 habitantes su población, y si tenemos en cuenta la zona de estudio del proyecto, la vereda Alto Grande no supera los 2500 habitantes incluida la población flotante y la proyección de la población del periodo de diseño, lo cual indica que el nivel de complejidad para el proyecto es bajo.

Basados en lo anterior y según la tabla A.11.1.1 Dotación neta mínima y máxima establecida en el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, se define que:

Fuente. RAS 2000, Título A.11.1.1. Dotaciones mínimas y máximas

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta mínima (L/hab-día)	Dotación neta máxima (L/hab-día)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio alto	130	-
Alto	150	-

Ilustración 10. Tabla de dotaciones según niveles de complejidad

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y clasificado como nivel de complejidad bajo la dotación neta mínima será de 100 litros por habitante por día y la dotación neta máxima será de 150 litros por habitante por día.

Definidas las dotaciones procedemos a realizar el cálculo del consumo de agua por habitante para la vereda Alto Grande obteniendo los siguientes resultados clasificados por uso de la siguiente manera:

Uso residencial:

- Dotación neta máxima (Litros/habitante*día) * 20%
- 150 (Litros/habitante*día) *0.2 = **28 Litros/habitante*día**

Uso para fines públicos:

- Dotación neta máxima (Litros/habitante*día) * 3%
- 150 (Litros/habitante*día) *0.03 = **4,2 Litros/habitante*día**

Obtenidos los resultados se tiene un consumo total de litros de agua por habitante por día de 172,2 a partir de la suma de uso doméstico, uso público y pérdidas:

Consumo total (litros/habitante*día) máxima: 174.2 (L/habitante*día)

Tabla 23. Consumo por habitante

ESPECIFICACIÓN	Litros/ habitante*día
Domestico	140
Público	4,2
Pérdidas	28
TOTAL	172,2

Fuente. Propia

A partir de los datos de dotación obtenidos se procede a calcular los caudales de diseño:

Caudal medio diario (Qmd)

$$Qmd = \frac{\text{Consumo Total} \times P_{\text{diseño}}}{86400s}$$

$$Qmd = \frac{172,2 * 2000}{86400} = \mathbf{0,399 \text{ L/s}}$$

Caudal máximo diario (QMD)

$$QMD = Qmd \times K1$$

$$QMD = 0,399 * 1,30 = \mathbf{0,52 \text{ L/s}}$$

Donde K1, es el coeficiente de consumo máximo diario y está establecido de acuerdo con el nivel de complejidad, específicamente como se indica en el Título B del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 en la tabla B.2.5.

Fuente. Título B. Capítulo B.2. Demanda de Agua. Reglamento Agua potable y Saneamiento Básico. RAS 2000.

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de consumo máximo diario - k_1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Ilustración 11. Tabla B.2.5. Coeficiente de consumo máximo diario, k_1 .

Caudal máximo horario (QMH)

$$QMH = QMD \times K2$$

$$QMH = 0,52 * 1,60 = \mathbf{0,832 \text{ L/s}}$$

Donde K_2 , es el coeficiente de consumo máximo horario y está establecido de acuerdo con el nivel de complejidad, específicamente como se indica en el Título B del

Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 en la tabla B.2.6.

Fuente. Título B. Capítulo B.2. Demanda de Agua. Reglamento Agua potable y Saneamiento Básico. RAS 2000. Tabla B.2.6.

Nivel de complejidad del sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio alto	1.50	1.45	1.40
Alto	1.50	1.45	1.40

Ilustración 12. Coeficiente de consumo máximo horario, k_2 .

Las obras de captación de agua subterránea deben tener una capacidad mínima igual al caudal máximo diario, QMD, si se cuenta con almacenamiento.

Tabla 24. Caudales de diseño

CAUDAL MEDIO DIARIO		
Qmd (Lts/s)	0,399	
CAUDAL MAXIMO DIARIO		
QMD (Lts/s)	0,518	k1= 1,3
CAUDAL MAXIMO HORARIO		
QMH (Lts/s)	0,829	k2= 1,6
CAUDAL DE DISEÑO		
PERDIDAS	0,020	
QD (Lts/s)	1,056	0,0011

Fuente. Propia

El caudal de diseño para el proyecto será de 1,056 Litros/ segundo.

4.3.2. Captación de agua

La captación de este sistema de acueducto se diseñará para un periodo de 15 años, considerando que el nivel de complejidad del sistema es bajo. El caudal de diseño para este proyecto con un nivel de complejidad bajo será igual a dos veces el caudal máximo diario, más las pérdidas en la aducción, que corresponden al 5% del Caudal medio diario Qmd.

Para el análisis y elección del punto de captación se tuvo en cuenta el capítulo B.4.3 (condiciones generales), del RAS 2000 y B.4.3.1.6 (toma de rejilla). En sus condiciones generales nos dice que:

4.3.2.1. Pérdidas por aducción

Se define línea de aducción en un sistema de acueducto al conducto que transporta el agua de la bocatoma, desde la cámara de derivación, hasta el desarenador. La pérdida de carga en una tubería es la pérdida de presión que se produce en el transporte de agua debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.

$$\text{Perdidas por aducción} = 0,399 \text{ L/S} \times 0.05 = \mathbf{0.01995 \text{ L/S}}$$

$$Q_d = 2 \times 0.52 \text{ L/S} + 0.01995 \text{ L/S}$$

$$Q_d = \mathbf{1.059 \text{ L/S}}$$

4.3.2.2. Diseño de vertedero

Sobre el punto de captación se diseña el vertedero rectangular sin contracciones de cresta delgada, como estructura hidráulica destinada a propiciar el pase libre o controlado del agua en los escurrimientos superficiales, el cuál es calculado teniendo en cuenta lo siguiente:

$$Q = \mathbf{1.84 LH^{3/2}}$$

Donde:

Q= Caudal que fluye por el vertedero en m³/s

L=Ancho de la cresta, en m

H= Carga del vertedero, en m (altura)

$$Qd = 1.84 LH1^{3/2}$$

De la anterior fórmula se despeja H1 quedando de la siguiente manera:

$$H1 = \frac{Qd}{(1,86 * 0,45)^{\frac{2}{3}}}$$

$$H1 = \frac{Qd}{(1,86 * 0,45)^{\frac{2}{3}}}$$

$$H1 = 0,0155 M = 1,5 \text{ cm}$$

El caudal de diseño Qd se garantiza con un tirante mínimo de agua de 1,5 cm. Por lo tanto, se asigna un valor para que este en total capacidad de soportar un caudal máximo Este valor será **3 cm**.

$$Q = 1.84 LH^{3/2}$$

$$Qd = 1.84 LH2^{3/2}$$

$$H2 = \frac{Qd}{(1,86 * 1,35)^{\frac{2}{3}}}$$

$$H2 = \frac{0,0016}{(1,86 * 1,35)^{\frac{2}{3}}}$$

$$H2 = 0,01 m = 1 \text{ cm}$$

El caudal de diseño Q_d se garantiza con un tirante mínimo de agua de 0.01 metros, por ello se asigna un valor para que este en total capacidad de soportar un caudal máximo. Este valor será **3 cm**.

Fuente. Imágenes de Google

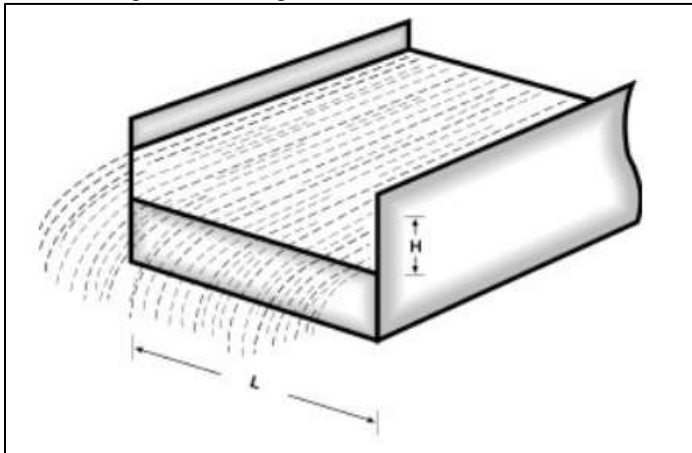


Ilustración 13. Diseño del vertedero rectangular

4.3.2.3. Rejilla

Área útil de la rejilla

Para esta captación la rejilla estará conformada por barrotes de hierro paralelos, orientados en el sentido de la corriente, el diámetro de los barrotes será de $\frac{1}{2}$ " (pulgada), separados entre sí 2 centímetros. El porcentaje útil (efectivo e) de la rejilla es:

$$e = \frac{a}{a + \frac{1}{2}''}$$

$$e = \frac{2,0cm}{2,0cm + 1,27cm}$$

$$e = 0,612 = \mathbf{61\%}$$

Ancho de la Rejilla

$$Qd = 184 LH^{3/2}$$

Longitud asumida L= 0,45 metros

$$H = \frac{Qd}{(1,86 * 0,45)^{3/2}}$$

$$H^2 = \frac{0,001059}{(1,86 * 0,45)^3}$$

$$H = 0,01987 \text{ metros}$$

Una vez obtenida la carga o altura de la rejilla se realiza el cálculo de la velocidad que se deberá tener en cuenta para captar el caudal de diseño Qd:

$$V = (2gH)^{1/2}$$

Donde:

V= Velocidad

g= Gravedad

H= Carga

$$V = (2 * 9,81 * 0,01987)^{1/2} = \mathbf{0.6244 \text{ m/seg}}$$

Obtenida la velocidad que nos dice que debe ser 0,6244 metros por segundo se calcula el ancho de la rejilla despejando de la fórmula de caudal de diseño Qd de la siguiente manera:

$$Qd = A * V$$

$$Qd = C * Ae * V$$

Donde:

Ae= Área efectiva= e*B*L (área efectiva*base*longitud)

C= está dado por la inclinación de la rejilla en este caso 20%: C=0.44

V= Velocidad

$$Qd = C * (e * B * L) * 0,6244$$



$$B = \frac{Qd}{C * e * L * 0,6244}$$

$$B = \frac{0,00q059}{0,44 * 0,61 * 0,45 * 0,6244}$$

$$B = 0,01996 \text{ m} = \mathbf{2 \text{ cm}}$$

Como se debe facilitar la construcción de una rejilla y como estas dimensiones son las mínimas (L=0,4 m y B=0,02 m), a partir de estas se formularon unas dimensiones mayores que si bien captan más caudal, el cual será devuelto a la quebrada en aforos posteriores.

Dimensiones reales de la rejilla

Inicialmente y por seguridad se aumenta el ancho B en un 50% previendo obstrucciones y atascamiento y para mejorar la eficiencia.

$$B = 0.02 \text{ m} \times 1.5 = 0.03 \text{ m}.$$

Por construcción y manipulación en operaciones de mantenimiento se adopta un ancho

$$B = 0.15 \text{ m}.$$

Número de varillas

$$N = \frac{L}{a + \frac{1}{2}''}$$

$$N = \frac{0,45}{0,02 + 0,0127m}$$

$$N = 13,76 = 14 \text{ varillas}$$

Área neta

$$A_n = a * B * N$$

$$A_n = 0.02 \text{ m} * 0.15 \text{ m} * 14 = 0.042 \text{ m}^2$$

Finalmente se calcula el caudal de diseño para la estructura de captación empleando la siguiente formula:

$$Q_c = C \times A_e \times V$$

$$Q_c = 0.44 \times 0.61 \times 0.042 \times 0.6244 = 0,007039 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_c = 7,039 \text{ litros por segundo} > 1,059 \text{ l/s}$$

Con base al caudal de diseño se establecen los siguientes criterios:

- Caudal mínimo= 1,2 LPS
- Caudal medio= 1,6 LPS
- Caudal máximo= 2,5 LPS
- Caudal de diseño= 1,059 LPS
- Ancho promedio de la quebrada= 1,35 m
- Cota lecho de la quebrada= 1721 msnm

Rejilla:

- Largo= 0.45 m
- Ancho = 0,15m

Cámara de captación

Empleamos las ecuaciones del alcance de chorro (xs), según las condiciones de entrada a la cámara de recolección. Donde B es el ancho de la cámara de recolección y V la velocidad del agua al inicio de la cámara.

$$V = \frac{Qd}{L * H}$$

$$V = \frac{0,001055319}{0,45 * 0,02}$$

$$V = 0,0117$$

Una vez obtenida la velocidad se calcula el alcance del chorro definido como x_s , empleando la siguiente fórmula:

$$X_s = 0.36V^{2/3} + 0.60H^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 \times (0.1651)^{2/3} + 0.60(0.04)^{4/7} = 0.20 \text{ m}$$

Finalmente se calcula el ancho del canal de recolección B , de la siguiente manera:

$$B = X_s + 0.10$$

$$B = 0.20 + 0.10 = 0.30 \text{ m}$$

Si se supone que todo el volumen de agua se capta al inicio del canal, se puede obtener el nivel de la lámina (altura) aguas arriba por medio del análisis de cantidad de movimiento en el canal

$$Y_c = \frac{Qd^2}{(L^2 * g)^{2/3}} + 0,1 = Y_c = \frac{0,001056319^2}{(0,45^2 * 9,81)^{2/3}} + 0,1 = 0,100 \text{ m}$$

Realizados todos los cálculos anteriores se diseñó la bocatoma teniendo en cuenta cada uno de los resultados obtenidos en la captación y dando cumplimiento a cada una de las especificaciones establecidas en el Reglamento de Agua potable y Saneamiento básico RAS 2000, título B. (Ver anexo número 6).

4.4. Desarenador

4.4.1. Periodo de diseño

Para un nivel bajo de complejidad, el periodo de diseño de esta estructura será de 15 años.

4.4.2. Caudal de diseño

Será igual al caudal máximo diario:

$$Q_D = Q_{MD} = 0,001056319 \text{ LPS}$$

4.4.3. Características del desarenador

Se diseñará un desarenador de tipo convencional construido en mampostería y con un espesor de muros de 0.3 m.

- Necesidades: Caudal Diseño: QMD (RAS B.4.4.6.2): **0,001056319 lps**
- Diámetro partículas a remover: 0,02 cm
- Topografía terreno sitio desarenador:
- Densidad relativa de la arena: 2650 Kg/m³
- Temperatura del agua: 20 °C
- Especificaciones: Tubería PVC
- Normas: RAS-2000 B.4.4.6 Desarenador

4.4.4. Consideraciones

- Velocidad Sedimentación (Vs) RAS B.4.4.6.3
- Tabla propiedades agua según temperatura
- #Reynolds, vertederos, hoyo sumergido

A continuación se aprecia la ilustración del esquema del desarenador según especificaciones técnicas contenidas en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento básico en el título B, tabla B.4.4.6.

Fuente. RAS 2000. Título B. Tabla B.4.4.6. Desarenador.

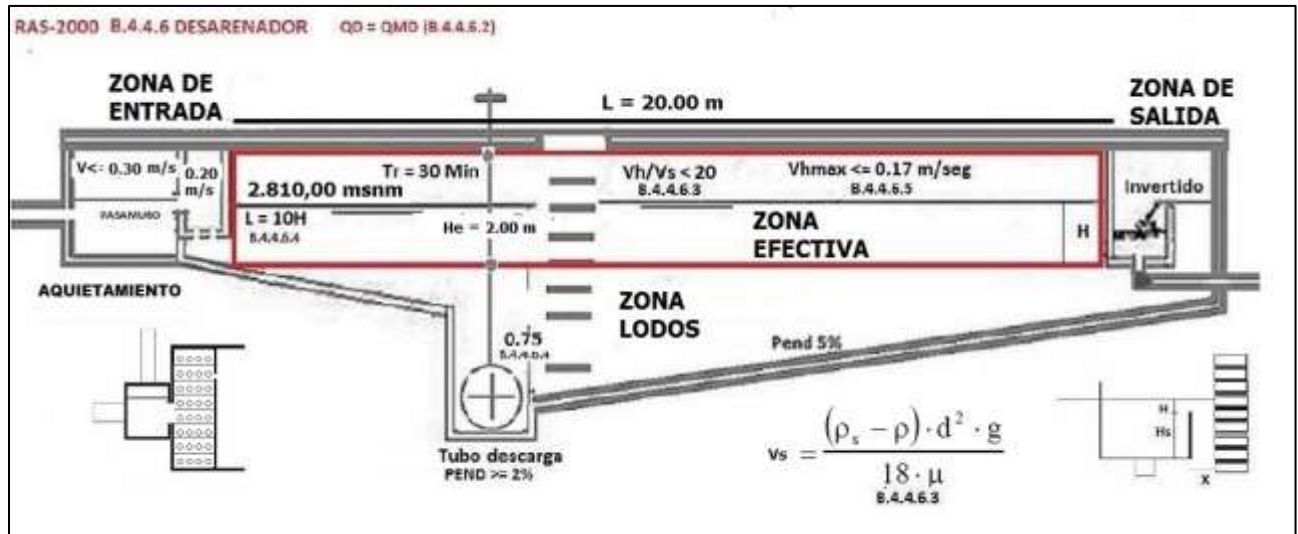


Ilustración 14. Esquema Desarenador RAS 2000

El esquema de la ilustración número 14 que corresponde al desarenador está compuesto por 4 zonas que cumplen diferentes funciones, estas zonas se encuentran clasificadas de la siguiente manera:

- Zona de entrada: Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del desarenador.
- Zona de sedimentación: Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos.

- Zona de salida: Constituida por un vertedero, canaletas o tubos que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.
- Zona de recolección de lodos: Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

Teniendo en cuenta cada una de estas consideraciones y los criterios a tener en cuenta para el diseño del desarenador del título B del RAS 2000:

El diámetro de las partículas a remover es $d = 0.02$ cm. Y la velocidad de sedimentación por la fórmula de Stokes es:

$$V_s = \frac{g}{18} * G - 1 * \frac{d^2}{\nu c}$$

Aplicando la siguiente fórmula para obtener el número de Reynolds

$$\#Re = V_s + \frac{d}{\nu c}$$

Se asume que el número de Reynolds es $\#Re > 1.0$, lo que permite concluir que se está en la zona de transición y que para el cálculo de la V_s se debe aplicar la fórmula de Allen:

$$V_s = 0.22 * (1,65g)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{d}{\nu c}\right)^{1/3}$$

Lo que permite comprobar que el número de Reynolds es:

$$\#Re = V_s + \frac{d}{\nu c}$$

El resultado tomado es valido

Calculamos el área superficial (A_s):

$$A_s = \frac{Qd}{V_s}$$

Para un buen comportamiento en la remoción de las partículas (75%), se determina un coeficiente de seguridad (C_s), de 1.75

$$A_s = \frac{Qd}{C_s/V_s}$$

Si se trabaja con una velocidad horizontal máxima V_h según la tabla B.4.4.6.5 de **0,17m/s** se da cumplimiento a que V_h/v_s debe ser menor a 20m/s, por lo tanto el resultado tomado es válido.

Por lo anterior, dando cumplimiento a los pasos y especificaciones del Título B, inciso B.4.6.4. Se calculan las dimensiones del desarenador, teniendo en cuenta que la relación entre el largo y ancho del desarenador se recomienda que sea $L \geq 4B$, Con base en el $A_s = 0,0659 \text{ m}^2$.

Se halla la altura efectiva con el área vertical que garantiza $V_h \leq 0.17 \text{ m/seg}$

$$A_v = \frac{Qd}{V_h}$$

Se comprueba el cumplimiento de las normas

$$V_h = \frac{Qd}{A_v} < 0.17 \text{ m/seg}$$

El resultado tomado es valido

$$\frac{V_h}{V_h} < 20 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Se calcula la Velocidad de arrastre

$$V_a = 161 \sqrt{d}$$

$$V_a = 161 \sqrt{0,02}$$

Se establecen las determinaciones del pasa muro

$$A_0 = \frac{Q}{V};$$

Para este se emplearan PVC 4" RDE 41 D=0.16004, $A = \frac{\pi D^2}{4}$, $\frac{Q}{V} = n*(0.020)$

Zona de entrada al desarenador

Como estructura de entrada se empleará una canaleta con orificios con el fin de lograr una buena repartición del flujo. La velocidad de entrada no debe ser mayor de 0.10 m/seg. (B.4.6.5.1), para lo cual es necesario calcular el número y tamaño de los orificios.

Área de los orificios

$$A_0 = \frac{QD}{V}$$

Teniendo en cuenta un coeficiente de contracción de 0.61, el área de los orificios se incrementará así:

$$A = \frac{A_0}{0.61}$$

Número de orificios.

El número de orificios depende de diámetro que se adopte para los mismos. En este caso se asume un diámetro de 3" (PVC 3" RDE 32.5) = 0.08342 m.

$$Av = N \cdot \pi \cdot D^{2/4}$$

$$N = 4 \cdot \frac{A}{\pi \cdot D^2}$$



Distribución de los orificios.

Los orificios se distribuirán en una pantalla de 2 filas de 2 orificios por fila.

Cálculo de la altura de la canaleta

$$h = \frac{1}{2} \text{ altura útil}$$

Pérdida por el paso del agua por los orificios

$$H = \left(\frac{Qd}{(c1 * A)} \right)^2 * \frac{1}{2g}$$

Ancho de la canaleta

Se adopta un ancho de canaleta igual a 0.130 m, huecos separados 0,023264 entre si y espacio entre los bordes en línea.

Altura de la lámina de agua sobre el vertedero de salida

$$H = \left[\frac{QD}{(K2 * B)} \right]^{2/3}$$

Espacio libre entre el vertedero y la pared del desarenador

Para evitar la turbulencia del agua es necesario calcular el espacio X basándose en el caudal y la velocidad de arrastre.

$$\text{Área libre de salida: } X \cdot B = \frac{QD}{vh}$$

Ancho de la canaleta

Para determinar esta dimensión se tiene en cuenta el diámetro de la tubería de conducción y un espacio de 5 cm como mínimo que se deja entre las paredes de la canaleta y el tubo



$$H_s = \left(\frac{Qd}{(c1 * A)} \right)^2 * \frac{1}{2g}$$

$$\pi \frac{D^2}{4}$$

Calculo de la zona de lodos

En esta zona se depositarán los sedimentos que contenga el agua. En el fondo se colocará la tubería de lavado, a la cual se llega mediante una válvula de fondo; esta tubería se conecta a la tubería de rebose, para desagüe y lavado. Se ubica a 1/3 de la longitud total del desarenador a partir de la zona de entrada.

La placa de fondo del desarenador tendrá una pendiente entre 5% y 8%.

Longitud total del desarenador

Para determinar la longitud total se tendrá en cuenta las dimensiones de la canaleta de entrada, la canaleta de salida, la longitud efectiva, el espesor de las pantallas y el espacio libre x. Para lo cual se estableció una longitud total de 2,48metros.

Finalmente se puede ver el esquema y los resultados para el diseño del desarenador en el anexo número 07.

5. Resultados

Para el presente estudio se recopiló información del área de estudio a través de revisión bibliográfica existente, documentación de proyectos implementados en o cerca del área de estudio, consulta y relatos de personas residentes de sectores aledaños al área de estudio.

Además, se efectuaron inspecciones de fuentes secundarias para caracterizar el medio físico, biótico, socio cultural y de riesgos naturales e inducidos como por ejemplo clima, hidrología, geología, demografía, riesgos naturales y actividades socio económico.

Los resultados son positivos, de duración permanente, generará fuentes de trabajo, abastecerá agua de calidad y tratada que mejoren la calidad de vida de las personas, suplirá un servicio básico de suma importancia y un gran requerimiento de población en cuanto a distribución, continuidad y cobertura. Los aspectos negativos generados son mínimos y obedecen al impacto ambiental generado por la descarga de aguas servidas y el manejo de residuos sólidos y líquidos.

Adicional a esto, con la optimización y el mejoramiento del sistema implementando la construcción de una Planta de Tratamiento de Agua Potable se reduce el factor de riesgo para la salud permitiendo a las personas mejorar las condiciones higiénicas y sanitarias de su sector y vivienda, promoviendo una mejora considerable en la calidad de vida de la población y en el cumplimiento de las demandas de servicios básicos.



Luego de realizar el análisis pertinente a través de la consulta e inspección de trabajos realizados y fuentes bibliográficas referentes al tema, se puede concluir que las estructuras que componen el sistema actual de acueducto no cumplen con los parámetros hidráulicos para prestar un óptimo funcionamiento, adicionalmente la PTAP no cuenta con una estructura adecuada que realice los procesos de potabilización completos, por lo que se hace necesario realizar el diseño para la optimización del sistema de acueducto actual.

6. Conclusiones

Con el desarrollo de la investigación se pudo establecer que la vereda en estudio no cuenta con un sistema de acueducto óptimo que garantice calidad, continuidad y cobertura, problemática que determina que es indispensable realizar la optimización de las redes existentes, el mejoramiento de las estructuras que componen el sistema.

Para la elaboración y modelación del diseño es indispensable realizar el respectivo levantamiento topográfico de la zona de estudio con equipos especializados y emplear herramientas ofimáticas que permitan realizar el prototipo de la optimización del sistema conforme a las características geológicas, hidrológicas, hidrogeológicas y las condiciones del sistema actual conforme a las especificaciones técnicas del Reglamento de Agua potable y Saneamiento básico RAS 2000. Las nuevas estructuras deberán cumplir con cada uno de los ítems establecidos en la Resolución 330 para la construcción de sistemas de acueducto de agua potable, donde la bocatoma diseñada debe garantizar retención de sedimentos de gran tamaño, el desarenador debe garantizar disminución de sedimentos pequeños y favorecerá la calidad de agua ya que la turbiedad y el color aparente deben cumplir conforme a la normatividad del Ministerio de Ambiente. El impacto económico por la desinfección será positivo ya que se requieren menos recursos para desinfectar que los gastos de salud pública en medicamentos y tratamientos.

Adicionalmente desde el punto de vista de la gerencia de proyectos, y partiendo de que la planeación estratégica ha servido durante años como una guía para el cumplimiento de los objetivos, estudiando la planeación, organización, motivación y el control de los recursos con el propósito de alcanzar varios objetivos, se puede concluir que el desarrollo

de la implementación de sistemas de agua potable y saneamiento básico implica realizar una planeación estratégica dividida en diferentes etapas. Para la formulación de los estudios previos está contemplada la visita técnica con el propósito de establecer las condiciones del área de diseño y en base a estas realizar una estimación presupuestal de los costos de la etapa ejecución de los estudios y diseños, durante dicha etapa el supervisor deberá establecer un cronograma de entrega de cada producto, donde se debe realizar el respectivo seguimiento, como, mesas de trabajo, socializaciones y ajustes con el propósito de atender observaciones oportunamente y poder subsanar requerimientos y cambios según aplique, dentro de los tiempos establecidos inicialmente y así evitar posibles retrasos.

Una vez se cuente con los diseños definitivos aprobados, se procede a realizar la estructuración del proyecto, con el fin de subsanar cada componente que afecte directamente la ejecución de la obra, como lo es el caso de consecución de permisos prediales, como lo son permisos de paso, servidumbres, adquisición de predios, entre otros; permisos ambientales, como concesiones de agua, ocupación de cauce, etc.; y trámites de carácter institucional, en caso de que los prestadores del servicio de acueducto (Asociaciones, oficinas y empresas de servicios públicos) requieran fortalecimiento y/o apoyo financiero institucional tal como se establece en la Resolución 1063 del 2016 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, y el referente de norma según aplique.

Finalmente, una vez que cuente con el proyecto definido y aprobado por las entidades competentes y se definan las fuentes de financiación, se procede a adelantar las actividades de ejecución de la obra, donde nuevamente se debe llevar a cabo una etapa de



planeación para la construcción del cronograma de obra, una etapa de seguimiento a la supervisión de la interventoría y las entregas por parte de los contratistas; con el propósito de que se cumplan los plazos establecidos y se realicen las actividades pactadas para que cada caso, y finalmente una etapa de evaluación posterior la terminación de la obra con el propósito de garantizar el cumplimiento del alcance inicial, en este caso la optimización del acueducto.



7. Recomendaciones

Se recomienda desarrollar un proyecto en el cual se determine la fuente de captación, se realice el respectivo diseño de las estructuras como bocatoma y desarenador, la optimización de las redes y sus especificaciones técnicas (presión, caudal, RDE, diámetros, materiales, etc.) y la optimización de la Planta de tratamiento de agua potable actual que garanticen el suministro de agua apta para el consumo de sus habitantes.

Se recomienda desarrollar una nueva investigación en la cual se aborde el tema del tratamiento de aguas potables en diferentes plantas de zonas rurales, tomando como punto de partida el estudio de la planta existente en la Vereda Alto grande, pues como se determinó en la investigación, el tratamiento utilizado en esta no está garantizando la potabilización cien por ciento del agua y adicional el caudal actual aprobado dentro de la resolución de la Concesión de aguas no es suficiente para atender toda la población, por lo que la cobertura no es 100%.

Finalmente, es indispensable que para la modelación de la optimización del acueducto se realicen todos los estudios pertinentes y se tengan en cuenta las alternativas planteadas en esta investigación con el propósito de presentar una propuesta de bajo coste que garantice cobertura 100 y continuidad 24/7.



8. Lista de referencias

- [1] Bembibre, C (2010). Acueducto. Recuperado el 31 de enero de 2019 de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/acueducto.php> y Descalsificador10. Blog virtual. (2017) Recuperado de <https://descalcificador10.com/agua-potable-historia/>
- [2] Bernal, C. (2016). Metodología de la Investigación.
- [3] Vélez, G. (2016). Pasos para elaborar un anteproyecto. Recuperado el 30 de enero de 2019 de <http://herramientasdecomunicacioness.blogspot.com/2016/08/anteproyecto-pasos-para.html>
- [4] Méndez, R. (2010). Formulación y evaluación de proyectos; enfoque para emprendedores. Capítulo 3. Estudio de mercado
- [5] (2017). Agua potable: Su historia. Blog electrónico: Descalcificador. Recuperado de <https://descalcificador10.com/agua-potable-historia/> el 07 de febrero de 2019.
- [6] González, T. (2013). Evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas de la población del corregimiento de Monterrey, municipio de Simití, departamento de Bolívar, proponiendo soluciones integrales al mejoramiento de los sistemas y la salud de la comunidad. Trabajo de grado. Página 15. Marco teórico. Recuperado el 04 de febrero de 2019 a las 10:15 de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12488/GonzalezScancelliTerry2013.pdf?sequence=1>
- [7] Terridata. La Mesa, Cundinamarca. Recuperado el 05 de febrero de 2019 a las 10:57 de http://orarbo.gov.co/apc-aa-files/a65cd60a57804f3f1d35afb36cfcf958/lamesa_ficha_25386.pdf
- [8] Delgado, P. (2018). Lo que falta en suministro de agua y alcantarillado en Colombia. El espectador. Recuperado el 05 de febrero de 2018 a las 16:57 de <https://www.elspectador.com/economia/lo-que-falta-en-suministro-de-agua-y-alcantarillado-en-colombia-articulo-802501>
- [9] PDA-C-260-2015. Contratación SECOP I. ESTUDIOS Y DISEÑOS PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ESPERANZA MUNICIPIO DE LA MESA -CUNDINAMARCA. Recuperado el 08 de febrero de 2019 a las 19:56 de: <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=15-15-3884816>
- [10] Roa, P. (2008). Diseño Acueducto vereda El Retiro (Municipio de Santa María, Boyacá). Recuperado el 02 de febrero de 2019 a las 15:43 de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15298/T40.08%20J199d.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- [11] González, T. (2013). Evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas de la población del corregimiento de Monterrey, municipio de Simití, departamento de Bolívar, proponiendo soluciones integrales al mejoramiento de los sistemas y la salud de la comunidad. Recuperado el 02 de febrero de 2019 a las 17:14 de



<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12488/GonzalezScancellTerr2013.pdf?sequence=1>

[12] Sandoval, M. & Parrado, G. (2018). Optimización del diseño hidráulico del acueducto veredal del Alto del Ramo de municipio de Chipaque, Cundinamarca. Recuperado el 06 de febrero de 2019 a las 13:55 de siguiente dirección electrónica

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16404/1/trabajo%20final.pdf>

[13] Pimienta, J. (2013). Guía metodológica para la elaboración de programas de optimización de sistemas de acueductos. Edición Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

[14] http://www.lamesa-cundinamarca.gov.co/indicadores_anuales

[15] Cabrera, N. (2015). Proyecto de grado- Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Propuesta para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua para los habitantes de la vereda “el tablón” del municipio de Chocontá. Recuperado el 10 de mayo de 2019 de

<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/3835/7/80394877.pdf>

[16] WIKIMEDIA. COMMONS. (2012). File: Colombia- Cundinamarca – La Mesa.svg. imagen ubicación del municipio de La Mesa. Recuperado el 05 de mayo de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia - Cundinamarca - La Mesa.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Cundinamarca_-_La_Mesa.svg)

[17] Facundo. (2019). Normas APA 2019- 6TA (Sexta) edición. Recuperado el 04 de julio de 2019 de <http://eleternoestudiante.com/normas-apa-2019/>

[18] Plan de Desarrollo 2008-2011. Municipio de La Mesa- Cundinamarca. Recuperado de:

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/plan%20de%20desarrollo%20la%20mesa%20-%20cundinamarca%20-%202008%20-%202011.pdf>

[19] Periodismo público. (2012). Inspección de La Esperanza cumple 101 años de fundación. <https://periodismopublico.com/inspeccion-de-la-esperanza-cumple>

[20] Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico.

Título A. Recuperado de:

http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a.pdf

[21] Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Título B. Sistemas de acueductos. Recuperado de:

<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO B%20SISTEMAS%20DE%20ACUEDUCTOS.pdf>

[22] Luz, M. (2010). Medidores de flujo en canales abiertos. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3165_C.pdf

[23] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. TÍTULO B Sistemas de Acueducto. Recuperado de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO B%20SISTEMAS%20DE%20ACUEDUCTOS.pdf>



Apéndice

- Anexo 1. Presupuesto
- Anexo 2. Cronograma
- Anexo 3. Árbol de problemas
- Anexo 4. Árbol de objetivos
- Anexo 5. Memoria de cálculos
- Anexo 6. Plano de diseño bocatoma
- Anexo 7. Plano de diseño desarenador
- Anexo 8. Plano de accesorios
- Anexo 9. Estructura analítica del proyecto
- Anexo 10. Matriz de marco lógico
- Anexo 11. Memoria de cálculos acueducto
- Anexo 12. Fotografías y videos