

**EVALUACIÓN Y PLAN DE MEJORAMIENTO DE LAS OBRAS DE
CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL
MUNICIPIO DE MACANAL-BOYACÁ**

**ANGIE PAOLA SANCHÉZ PARRA
CÓDIGO: 504743**

**LICETH JOHANNA BERNAL TOLOZA
CODIGO: 505178**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD TRABAJO PRÁCTICA SOCIAL
BOGOTÁ, D.C
2019**

**EVALUACIÓN Y PLAN DE MEJORAMIENTO DE LAS OBRAS DE CAPTACIÓN
Y TRATAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE
MACANAL-BOYACÁ**

**ANGIE PAOLA SANCHÉZ PARRA
CÓDIGO: 504743**

**LICETH JOHANNA BERNAL TOLOZA
CODIGO: 505178**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil.**

**Asesor
GUILLERMO HERNÁNDEZ TORRES
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD TRABAJO PRÁCTICA SOCIAL
BOGOTÁ, D.C
2019**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, mayo, 2019

Agradezco principalmente a Dios por haberme permitido cumplir este logro y luego de esto agradecerles a mis padres Adela Parra y Eduardo Sánchez, que han sido el motor de mi vida y el apoyo en toda mi carrera, a mi hermano Juan David Sanchez y por ultimo al amor de mi vida Julián Neira por el apoyo y los consejos que durante mi carrera me llevaron a lograr terminar mi pregrado, todos fueron de gran ayuda para la satisfactoria culminación de mi carrera como ingeniera civil. Por otro lado, quiero agradecer a nuestro tutor de tesis el Ing. Guillermo Hernández y al Ing. Ernesto Torres, por su colaboración en todo este tiempo, a nuestros jurados calificadores y por ultimo a la Alcaldía de Macanal Boyacá.

ANGIE PAOLA SÀNCHEZ PARRA

Primeramente agradezco a Díos, mis padres Julio Bernal y Martha Toloza, mi hermano Darío Bernal, mi novio Javier Bohórquez, mi cuñada Nathaly y a toda mi familia, tías, tíos, primas y primos por todo su apoyo incondicional en este proceso, la guía y colaboración del Ing. Guillermo Hernández por sus tutorías, el ing. Ernesto Torres, a los ingenieros jurados de este trabajo, al señor Uriel Martínez, por su guía y acompañamiento, la Sra Martha Holguín y la administración municipal de Macanal en cabeza del señor alcalde Nabor Londoño por toda su colaboración.

Dedicó este trabajo a mis padres, mi hermano, mi novio, mi sobrinita Danna Sophia Bernal, mi ahijado Juan Diego Morales y mi mayor motor, mi hijo Julián Felipe Bohórquez Bernal, por quien hoy deseo ser mejor cada día.

LICETH JOHANNA BERNAL TOLOZA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
1. GENERALIDADES	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2.1. Descripción del problema.	11
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo general	11
1.2.2 Objetivos específicos	11
1.3 MARCO DE REFERENCIA	12
1.3.1 Marco teórico	12
1.3.2 Estado del arte	22
1.3.3 MARCO CONCEPTUAL	24
1.3.4 MARCO LEGAL	26
2 METODOLOGÍA	28
3 ALCANCE	30
3.1 LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA DEL MUNICIPIO	31
3.2 CLIMATOLOGÍA	33
3.3 FUENTES HIDRICAS	34
3.4 DEMOGRAFÍA	39
4. PERIODO DE DISEÑO	39
4.1 DOTACION PARA LA CABECERA MUNICIPAL	45
4.1.2 CONSUMO NETO	45
4.1.3 Consumo comercial, industrial y publico	45
4.1.4 Consumo por hoteles	46
4.1.5 Consumo por Escuelas y colegios	46
Escuelas	46

4.1.6 Consumo por farmacias	47
4.1.7 Consumo por heladerías.....	47
4.1.8 Consumo por restaurantes.....	47
5. CALCULO DE CAUDALES	48
5.1 Dotación bruta	48
5.2 Caudal medio diario por población.....	48
5.3 Caudal máximo diario	49
5.4 Caudal máximo horario.....	49
6. SISTEMA DE CAPTACIÓN	49
7. SISTEMA DE TRATAMIENTO	50
7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	50
7.2 PROCESOS EN LA PTAP	51
8. CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	51
8.1 CALCULO DEL AIREADOR	52
8.2 CALCULO DE LA CANALETA PARSHALL.....	53
8.3 CALCULO DEL FLOCULADOR	56
8.4 CALCULO DEL SEDIMENTADOR	57
8.5 CALCULO DE FILTRACION Y DESINFECCIÓN.....	58
8.6 TANQUE DE RECOLECCIÓN.....	60
9. PLAN DE MEJORAMIENTO	60
9.1. ESTRUCTURAS DE CAPTACION, SEDIMENTACIÓN Y NACIMIENTO...61	
10. MANUAL DE PROCESOS	67
11. EVALUACION CON PROGRAMAS.....	68
12. PLANOS DE LA PLANTA DE TRAMAMIENTO DE AGUA POTABLE ..71	
13. RECOMENDACIONES.....	72
14. CONCLUSIONES	74
15. BIBLIOGRAFIA.....	75
16. ANEXOS.....	77

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Calculo de la Dotación Bruta	21
Ilustración 2. Marco conceptual mejoramiento de un sistema de acueducto	24
Ilustración 3. Espacio geográfico, municipio de Macanal Boyacá	30
Ilustración 4. Ubicación cartográfica del municipio.	31
Ilustración 5 Ubicación del municipio	32
Ilustración 6 Climograma Macanal Boyacá	33
Ilustración 7 Temperatura Macanal Boyacá (Temperatura Vs Meses del año).....	34
Ilustración 8 Esquema básico del acueducto	35
Ilustración 9 Bocatoma	35
Ilustración 10 Fuente de captación Don Donato	37
Ilustración 11 Desarenador quebrada el Hato.....	38
Ilustración 12 Población por sexo y grupos de edad.....	39
Ilustración 13 Población censada casco urbano	39
Ilustración 14 Bocatoma y Nacimiento	50
Ilustración 15 Dosificador	51
Ilustración 16 estructuras de captación rejilla	61
Ilustración 17 estructuras de captacion sedimentador	61
Ilustración 18 estructuras de captacion sedimentador completo.....	62
Ilustración 19 estructuras de captacion base sedimentador	62
Ilustración 20 estructuras de captacion base completa de sedimentador	63
Ilustración 21 Nacimiento Donato	63
Ilustración 22 Nacimiento Donato interior	64
Ilustración 23 Nacimiento Donato tapa	64
Ilustración 24 Dosificador.....	65
Ilustración 25 Macro medidores	66
Ilustración 26 Tapas a válvulas de conexión con el tanque recolector	67
Ilustración 27 resultado EPANET.....	69
Ilustración 28 Aducción programa AYA	70
Ilustración 29 Plano Aireador	71
Ilustración 30 Plano de la PTAP	71

TABLAS

Tabla 1 Parámetros de referencia de diseño de sedimentación	17
Tabla 2 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.....	20
Tabla 3 Caudales de diseño	20
Tabla 4. Normatividad optimización sistema de acueducto, municipio de Macanal Boyacá	27
Tabla 5 Dimensiones de la Bocatoma	36
Tabla 6 Dimensiones de la captación Don Donato	37
Tabla 7 Dimensiones Desarenador.....	38
Tabla 8 Método Aritmético	40
Tabla 9 Método geométrico	42
Tabla 10 Método exponencial	43
Tabla 11 Proyección DANE 2018	44
Tabla 12 Métodos aritmético, geométrico y exponencial	44
Tabla 13 Dotación neta máxima según la altura sobre el nivel del mar	45
Tabla 14 Datos Iniciales.....	52
Tabla 15 Condiciones Aireador	52
Tabla 16 Calculo Aireador.....	53
Tabla 17 Diseño Aireador	53
Tabla 18 Condición Canaleta Parshall.....	54
Tabla 19 Canaleta Parshall.....	54
Tabla 20 Dimensiones de la canaleta Parshall Libro:	55
Tabla 21 Formulas para la canaleta Parshall Libro:.....	55
Tabla 22 Calculo Floculador	56
Tabla 23 Cálculos Por Norma Floculador	56
Tabla 24 Condiciones Sedimentador	57
Tabla 25 Sedimentador.....	57
Tabla 26 Cálculos por Norma Sedimentador	58
Tabla 27 Filtración y desinfección.....	58
Tabla 28 Cálculos por norma Filtración y desinfección	59
Tabla 29 Desinfección del agua.....	59

INTRODUCCIÓN

El sistema de acueducto es muy importante para todo municipio y sus habitantes, es una necesidad que se tiene primordial e indispensable para el desarrollo de toda comunidad, por lo que se hace necesario una garantía en estos servicios en cuanto a calidad y cantidad de suministros a los usuarios que se benefician de estos servicios.

Sabiendo esto, se debe contar con unas buenas obras estructurales, sistema de aducción y conducción, tratamiento, un manejo adecuado a la recolección y a su distribución para que se pueda cumplir y garantizar un mejor servicio.

El desarrollo de este proyecto tiene como objetivo buscar una solución técnica que mejore el sistema y genere una metodología de operación óptima para el sistema de acueducto del municipio de Macanal Boyacá, un suministro adecuado a la comunidad de este municipio; ya que se pueden evidenciar ciertas falencias en algunas de sus estructuras y en el mantenimiento o manipulación del mismo. Con las visitas ya realizadas y la recopilación de información que se muestra más adelante se hace notoria la necesidad de una intervención a este acueducto teniendo en cuenta las normas y reglamentos establecidos; se realizarían las propuestas sobre las mejoras necesarias para lograr cumplir con todos los aspectos normativos y dar un buen manejo al acueducto del municipio de Macanal.

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del problema.

El estado actual del acueducto del municipio de Macanal no es adecuado, presenta falencias en su totalidad, desde la captación, hasta la PTAP; se puede evidenciar que presenta descuido y falta de mantenimiento en todas sus estructuras lo que ocasiona que el suministro del agua para esta población no sea el adecuado, ya que no cumple con el 100% del requerimiento exigidos por la normatividad colombiana.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Establecer un plan de mejora, operación y mantenimiento de las obras de captación, tratamiento y conducción principal del sistema de acueducto del municipio de Macanal-Boyacá.

1.2.2 Objetivos específicos

- ❖ Realizar una evaluación integral de las estructuras de captación del sistema de acueducto.
- ❖ Determinar el estado, funcionamiento y operación del sistema de tratamiento primario.
- ❖ Establecer un plan de mejora para el sistema de tratamiento, almacenamiento y conducción principal.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Marco teórico

❖ Antecedentes de un acueducto

El desarrollo de los recursos hídricos ha tenido una larga historia, básicamente comenzando cuando los humanos cambiaron de ser cazadores y recolectores de alimentos al desarrollo de la agricultura y los asentamientos. Este cambio resultó en que los humanos aprovechen el agua para el riego. A medida que los humanos se desarrollaban, comenzaron a inventar y desarrollar tecnologías y transportar y gestionar el agua para el riego.¹

El primer acueducto construido para abastecimiento de agua a la ciudad, fue creado por los romanos quienes por medio sistema de canales, puentes, pilares y arcos realizaban la toma del agua que era llevada por el canal hasta la ciudad Augusta capital de la provincia de roma, la captación del agua se hacía desde el embalse de Proserpina localizado a 15 kilómetros, fue una de las obras magnas construida por los romanos en el siglo I.²

El primer acueducto de la ciudad se construido en Bogotá en el año 1584, Consistió en una conducción de aguas desde el río San Agustín hasta la plaza principal, mediante una cañería de cal, ladrillo y piedra que pasaba por una zona en la que existían arbustos de laurel, motivo por el cual se le llamó Acueducto o Cañería de Los Laureles, y así se le conoció hasta mediados del siglo XVII.³

❖ Acceso al agua y saneamiento

Todas las personas tienen derecho a gozar de agua suficiente, segura y físicamente accesible, y de servicios de saneamiento apropiados para alcanzar una vida digna y un desarrollo sostenible. Este derecho entraña además el acceso a un conjunto de otros derechos que directa o indirectamente se relacionan con el agua y el saneamiento, tales como el derecho a un ambiente sano, a la salud y a alimentos adecuados.⁴

¹ MAYS, LARRY (2001). Titulo: Water Resources Engineering, Editoriales: John Wiley & Sons, Inc.

² NATIONAL GEOGRAPHIC ESPAÑA (2014). Obtenido de http://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/acueductos_8592/1

³ BANCO DE LA REPUBLICA CULTURAL (2012). Obtenido de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/marzo2012/acueducto-bogota-publico-privado>

⁴ MAYS, LARRY (2004). Titulo: Water supply systems security, Editoriales: McGraw-Hill.

❖ Sistema de acueducto

Es el conjunto de obras destinadas a derivar, conducir, acondicionar y distribuir el agua requerida por una población a partir de una fuente de abastecimiento, bajo condiciones de excelente calidad en cantidades suficientes, con continuidad total de (24h/día), que garanticen la sostenibilidad para las generaciones actuales y futuras.⁵

❖ Contaminación del agua

Uno de los mayores problemas mundiales en la actualidad es la falta de acceso de agua dulce y potable por saneamiento. Si, además, le sumamos el problema de la contaminación del agua, se empeora el panorama. La contaminación se produce por los residuos vertidos, los fertilizantes, pesticidas o químicos que desembocan en las aguas dulces y que acaban por contaminar también el agua salada.⁶

❖ Calidad del agua.

La tasa de morbilidad y mortalidad infantil por enfermedades relacionadas con el consumo de agua de baja calidad, entre las que se encuentran la diarrea y el cólera, aún es alta en el país. Las malas aguas generan un impacto negativo en la salud pública que según cálculos recientes asciende aproximadamente a 1,96 billones de pesos al año, de los cuales el 70% corresponde al impacto de la morbilidad y mortalidad por enfermedades diarreicas y el 30% restante al gasto en prevención. Esta situación es más grave en las zonas rurales y de población dispersa del país. Según cálculos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2002), del 56% de la población rural que tiene alguna forma de abastecimiento de agua, solo el 6% cuenta con agua a la que se le da algún tratamiento para desinfectarla. Esto significa que miles de niños y niñas, especialmente en las zonas rurales del país y en los municipios más pobres, aún enfrentan el riesgo de contraer enfermedades como la diarrea y el cólera, que en muchos de los casos puede llegar a ser mortal. Por esto es muy importante que los municipios del país cuenten con un sistema que permita hacerle seguimiento constante a la calidad del agua que distribuyen a sus habitantes.⁷

⁵ JIMENEZ, PAEZ (2006). Título: diseño y construcción modelo de una planta de una planta de tratamiento de agua potable tipo Alabama y sedimentador de alta tasa BELSA, Editoriales: trabajo de grado (Ingeniería en recursos hídricos y gestión ambiental) Universidad central.

⁶ MAYS, LARRY (1999). Título: hydraulic design handbook, editoriales: McGraw-Hill.

⁷ El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. Calidad del agua. [En línea] UNICEF (2003). Obtenido de <https://www.unicef.org/>. UNICEF (2003). Obtenido de <https://www.unicef.org/>.

❖ Aspectos generales de un sistema de acueducto

Para cumplir con los requerimientos legales de todo acueducto debe adaptarse a las normas vigentes que incluye el cálculo de la demanda de agua, las fuentes de abastecimiento, las captaciones de agua superficial y subterránea, las aducciones y conducciones, las redes de distribución, las estaciones de bombeo de agua cruda y agua tratada, los tanques de almacenamiento y compensación que forman parte de los sistemas de acueducto, el análisis de vulnerabilidad y gestión del riesgo asociados a proyectos de sistemas de acueducto, cuyas prescripciones particulares deben seguirse según lo indicado en los literales. No incluye las plantas de tratamiento de agua potable, ni los procesos de potabilización, aspectos que son tratados en el Título C del RAS: “Sistemas de potabilización”. Tampoco incluye los aspectos ambientales que son tratados en el Título I “Componente ambiental para los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo”.⁸

❖ Programas de diseño de redes de acueducto

Para el diseño de las redes de distribución de agua potable y de las líneas de conducción se pueden utilizar programas de modelación hidráulica de redes, que utilicen el método del gradiente para sus cálculos, que permitan la modelación de la operación del sistema bajo períodos extendidos, que realicen el diseño de las redes mediante rutinas de optimización y que permitan modelar la calidad del agua. Adicionalmente, para los niveles de complejidad del sistema alto y medio alto, el programa seleccionado debe permitir el intercambio directo de información con el sistema de información geográfica y las bases de datos definidas por la persona prestadora del servicio de acueducto en el municipio, lo anterior se recomienda para los niveles de complejidad del sistema bajo y medio.⁹

❖ Proyección de población

En caso que el diseño de un sistema de acueducto particular incluya un municipio o zona de éste, en la cual no sea posible realizar una proyección de demanda o de suscriptores, las dependencias encargadas de la planeación y comercialización de los proyectos de agua potable de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en caso que éstas no existan, el consultor debe realizar la proyección y los ajustes de la población de acuerdo con lo señalado en la norma RAS. En todos los casos

⁸ El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. Aspectos básicos de un sistema de acueducto. [En línea] UNICEF (2003). Obtenido de <https://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua3.pdf>

⁹ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

para la estimación de la proyección de la población se deben tener en cuenta los datos establecidos para la población por el DANE, tanto para la definición del nivel de complejidad del sistema como para la proyección de la población. El último dato de población establecido por el DANE para el municipio objeto del diseño debe tenerse en cuenta como un último censo a utilizarse para la proyección de la población.¹⁰

❖ Captación

Está conformada por las obras o estructuras que permiten tomar el agua requerida cruda de la fuente natural en las mejores condiciones posibles, con un mínimo de material flotante y arenas.

El tipo de estructura de una captación depende de la fuente natural escogida, si la fuente es superficial; el río, lago, embalse, entonces la estructura de captación se llama Bocatoma. Existen varios tipos de bocatomas.¹¹

- Bocatoma lateral, la cual es muy usada, cuando el río es muy ancho
- Bocatoma Sumergida recomendada para ríos pequeños
- Bocatoma combinada (sumergida lateral) es muy eficiente cuando se obstruye la rejilla sumergida y funciona la lateral
- Bocatoma flotante: es una barcaza cautiva a la orilla del río mediante cables, que portan un sistema de bombeo y es especialmente útil cuando el nivel del agua en la fuente es muy variable

❖ Aducción

Las líneas de aducción de acueducto son los conductos destinados a transportar por gravedad o por bombeo las aguas crudas desde los sitios de captación hasta las plantas de tratamiento, prestando excepcionalmente servicio de suministro de agua cruda a lo largo de su longitud.¹²

¹⁰ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

¹¹ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

¹² Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

❖ Desarenador

En el caso que, se requiera el uso de un desarenador, éste debe instalarse en el primer tramo de la aducción, lo más cerca posible a la captación de agua, de acuerdo con las condiciones topográficas y geológicas de la zona. Preferiblemente, los desarenadores deben ser del tipo auto limpiante. Los desarenadores deben contener canales o pasos directos para su operación mientras se efectúa el mantenimiento. Para el caso de los niveles de complejidad del sistema bajo y medio, cuando se haga uso de estructuras de desarenación, estas pueden estar compuestas por un solo desarenador, acompañado de un canal o estructura para el paso directo del agua mientras se ejecutan labores de operación y mantenimiento en la estructura de desarenación.¹³

❖ Planta de tratamiento

Es el componente que realiza la función de purificación del agua, para ello los acueductos deben tener en cuenta las normas de calidad exigidas por el decreto 2105 del ministerio de salud.¹⁴

❖ Sedimentación

Se tendrá que realizar el análisis hidráulico para los elementos de entrada y repartición de caudal en cada unidad de sedimentación, de manera que se garantice la distribución equitativa de este, desde el inicio hasta el final del sistema de entrega.¹⁵ Establecidos en la tabla 1.

¹³ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

¹⁴ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

¹⁵ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

Tabla 1 Parámetros de referencia de diseño de sedimentación

Tipo de sedimentador	Carga superficial (m ³ /m ² /d)	Tiempo de retención hidráulica (h)	Velocidad de flujo (cm/s)
Flujo horizontal	15 – 30	2 – 4	< 1
Flujo vertical	20 – 30 (máx. 60)	2 – 4	< 1
Manto de lodos	30 – 120	1,0 – 1,5	2,15 - 5

Fuente: Min vivienda- resolución 0330 de 2017

❖ Filtración rápida

Para todos los niveles de complejidad del sistema, deben realizarse estudios de tratabilidad en el laboratorio y/o planta piloto para determinar los parámetros de diseño. Deben adoptarse las siguientes tasas de filtración: 1. Para lechos de arena sola o antracita sola con Te de 0.45 mm a 0.55 mm y una profundidad de 0.75 m máxima, la tasa de filtración debe ser inferior a 120 m³ / (m². día). 2. Para lechos mixtos de antracita y arena y profundidad estándar de 0,60 a 0,75 m, la tasa de filtración máxima es de 300 m³ / (m². día), siempre y cuando la calidad de la floculación lo permita.¹⁶

❖ Filtración Lenta

El número mínimo de unidades de filtración lenta que debe tener la planta es dos. La tasa de filtración de la unidad debe estar entre 2.4 m³ /(m² .día) a 7.2 m³ /(m² .día).¹⁷

❖ Desinfección.

Es obligatorio en todos los niveles de complejidad, desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado para su potabilización. Entre los procesos de desinfección que pueden realizarse esta la cloración, zonación y desinfección con dióxido de cloro. Para la desinfección por cloración, deben emplearse tanques de contacto en todos los niveles de complejidad. El tanque debe

¹⁶ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

¹⁷ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

proporcionar el tiempo de contacto necesario que garantice la desinfección del agua.¹⁸

❖ Tanques de almacenamiento

Durante la ejecución de los diseños de todos los tanques de almacenamiento debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos.¹⁹

1. Los tanques de almacenamiento deben funcionar hidráulicamente con esquema de mezcla típica FIFO (lo primero que entra es lo primero que sale). Si es necesario, se deben instalar paredes deflectoras u otro tipo de elementos que garanticen la circulación del agua en su interior y eviten zonas muertas.
2. Las esquinas de los tanques deben proyectarse achaflanadas.
3. Todos los tanques deben contar con sistemas de renovación de aire. El cálculo del borde libre se debe realizar de acuerdo a las condiciones sísmicas del terreno y el oleaje interno que se puede producir en un evento sísmico. En todo caso, como mínimo se debe tener un borde libre de 0.3 m. Las ventanas o elementos de ventilación deben contar en todo momento con sistemas que impidan la entrada de sustancias contaminantes o vectores.
4. Se permite la cloración a la entrada de los tanques de almacenamiento en aquellos casos que se requiera, para garantizar que los niveles de cloro residual en toda la red permanezcan dentro de los rangos establecidos por la norma. Con el fin de alcanzar lo anterior, es necesario monitorear constantemente las concentraciones de cloro a la salida del tanque.
5. La tubería de salida debe ubicarse de tal manera que, para niveles mínimos de operación, no se generen vórtices, ni entrada de aire a la red, ni se permita la suspensión de sedimentos.
6. Todos los tanques de almacenamiento deben contar con una pendiente de fondo que facilite la evaluación de los lodos y las labores de limpieza.

¹⁸ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

¹⁹ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

7. El terreno sobre el cual estén constituidos los tanques de almacenamiento debe contar con un sistema de drenaje.

8. Todos los tanques deben contar con un sistema de alivio que tenga la capacidad de evacuar excesos. Este sistema debe dimensionarse con el fin de evacuar el QMD para el horizonte de diseño.

9. Cada uno de los módulos en los que este dividido un tanque de almacenamiento debe contar, al menos, con una entrada para facilitar el ingreso de los operarios.

10. En los tanques que cuenten con un volumen mayor de 10.000 m³ se debe disponer de un sistema de válvulas de cierre automática configurable para emergencias mediante operación automática, local y remota.

❖ Definición de caudales.²⁰

- Caudal: Cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo
- Caudal de diseño: Caudal estimado al final del periodo de diseño con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.
- Caudal máximo diario (QMD): Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un periodo de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.
- Caudal máximo horario (QMH). Consumo máximo durante una hora, observado en un periodo de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.
- Caudal medio diario: Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un periodo de un año.

❖ Periodo de diseño

Periodo de diseño. Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño de 25 años.²¹

²⁰ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

²¹ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

❖ Dotación neta máxima.

La dotación neta se debe determinar haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio del acueducto o, en su defecto, recopilada en el sistema único de información (SUI) de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En todos los casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos.²² ver tabla

Tabla 2 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Min vivienda- resolución 0330 de 2017

❖ Caudales de diseño

Los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, según las variaciones diarias y horarias que pueden presentar, se establecen en la ver tabla 3.

Tabla 3 Caudales de diseño

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

Fuente: Min vivienda- resolución 0330 de 2017

²² Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

❖ Dotacion bruta.

La dotacion bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto se debe calcular conforme a la siguiente ecuacion²³

Ilustración 1 Calculo de la Dotación Bruta

$$D_{bruta} = d_{neta} / (1 - \%p)$$

Donde,

D_{bruta} : Dotación bruta

d_{neta} : Dotación neta

$\%p$: Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño

Fuente: Min vivienda- resolución 0330 de 2017

❖ Mediciones de caudal

Artículo 73. en todos los sistemas se deben instalar instrumentos de medición en la tubería y respetando las condiciones de instalación del tipo de medidor, que permitan la lectura y/o captura y almacenamiento de datos.²⁴

la medición debe hacerse como mínimo en los siguientes puntos:

1. en la entrada de las plantas de tratamiento, por cada una de las fuentes.
2. en la entrada y salida de sistemas de bombeo, superficial o pozo profundo.
3. en la salida de las plantas de tratamiento
4. en la red de abastecimiento, en la entrada a los sectores hidráulicos.
5. en la salida de los tanques de almacenamiento.

❖ Pérdidas de agua.

Las pérdidas de agua en el Sistema de acueducto corresponden a la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de las plantas potabilizadoras y el volumen de agua entregado a la población y que ha sido medido en las acometidas domiciliarias del municipio.²⁵

²³ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

²⁴ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

²⁵ Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

1.3.2 Estado del arte

En los últimos años se han realizado diversos estudios con cada uno de los componentes de un sistema de acueducto en varios municipios ciudades y países, en la universidad católica de Colombia al igual que en otras universidades se han llevado a cabo proyectos centrados en satisfacer las necesidades de la población. A continuación, se mostrarán algunas de las propuestas presentadas para dar solución a algunos componentes del sistema de acueducto realizadas en los últimos años.

2017

Arboleda Triviño, A. F. & Ruiz Corredor, B. A. (2017). Diagnóstico y mejoramiento del sistema de acueducto del municipio de Mesitas del Colegio (Cundinamarca). Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia.
Director: Ingeniero Hernández Torres, Guillermo.

Este proyecto surge como una manera de poder brindar a la comunidad del municipio una mejor calidad de vida, este se hizo modelando el sistema del acueducto actual para su posterior optimización, tomando las recomendaciones de la norma RAS para acueductos y lo aprendido en la universidad, además se tuvo un apoyo en el programa AYA para realizar la correcta optimización de cada uno de las estructuras que componen en acueducto para ofrecer a la comunidad un sistema de acueducto óptimo.²⁶

2018

Guerrón Rosero, J. A. & Pantoja Pipicano, J. M. (2018). Propuesta de mejoramiento para la óptima operación del sistema de acueducto del municipio La Palma (Cundinamarca). Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia.
Director: Ingeniero Hernández Torres, Guillermo.

El proyecto de investigación muestra una propuesta de mejoramiento para la óptima operación del sistema de acueducto del municipio de La Palma

²⁶ Diagnóstico y mejoramiento del sistema de acueducto del municipio de Mesitas del Colegio (Cundinamarca). [En línea] Biblioteca Universidad Católica de Colombia. Arboleda & Ruiz (2017)

Cundinamarca, se utilizó el programa Bentley WaterCAD, es un software comercial de análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución o de riego), para poder así saber el comportamiento y operación, y los problemas que se presentan en la Red del sistema de acueducto.²⁷

2018

García Medina, P. S. & Rodríguez Garzón, F. D. (2018). Propuesta para el mejoramiento del tren de tratamiento de la planta de agua potable de la vereda pajonales del municipio de Pacho (Cundinamarca). Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia.
Director: Ingeniero Mauricio Gonzales.

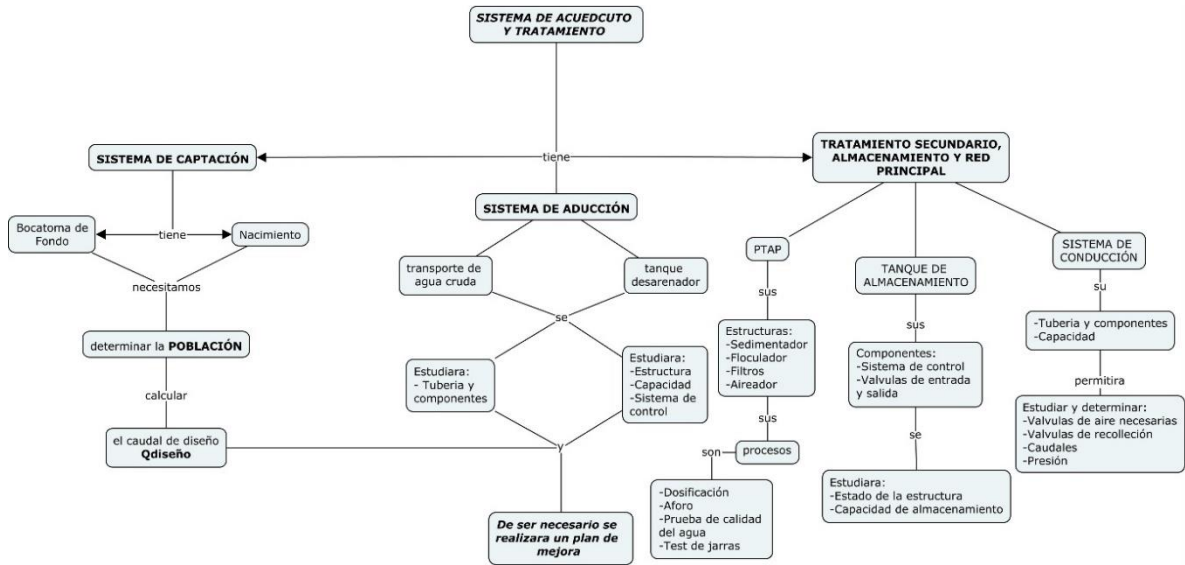
El proyecto de investigación se enmarca en la vereda pajonales, donde la comunidad y la administración del sistema de acueducto manifiestan la existencia de un alto valor de pérdidas de caudal de abastecimiento, debido a esto se identificó que existen muchas problemáticas en la mayoría de estructuras hidráulicas ya el funcionamiento del acueducto no es el adecuado para un caudal que está siendo tratado actualmente

²⁷ Propuesta de mejoramiento para la óptima operación del sistema de acueducto del municipio La Palma (Cundinamarca). [En línea] Biblioteca Universidad Católica de Colombia. Guerron & Pantoja (2018).

1.3.3 MARCO CONCEPTUAL

Se plantea el mejoramiento del sistema de acueducto de la siguiente manera:

Ilustración 2. Marco conceptual mejoramiento de un sistema de acueducto



Fuente: Propia

Sistema de captación: La red de abastecimiento de agua potable es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural con población relativamente densa, el agua potable.

- Los sistemas de abastecimiento de agua potable se pueden clasificar por la fuente del agua, del que se obtienen:
- Agua de lluvia almacenada en aljibes.
- Agua proveniente de manantiales naturales, donde el agua subterránea aflora a la superficie;
- Agua subterránea, captada a través de pozos o galerías filtrantes;
- Agua superficial (lleva un previo tratamiento), proveniente de ríos, arroyos, embalses o lagos naturales;
- Agua de mar (esta debe necesariamente ser desalinizada).
- La captación de un manantial debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de afloramiento de posibles contaminaciones, delimitando un área de protección cerrada.

La captación de las aguas superficiales se hace mediante bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes, paralelas o perpendiculares al curso de agua para captar las aguas que resultan así con un filtrado preliminar.

La captación de las aguas subterráneas se hace mediante pozos o galerías filtrantes.²⁸

Bocatoma: Las bocatomas son obras hidráulicas cuya función es regular y captar un caudal determinado de agua, en este caso, para, la producción de energía hidroeléctrica.

Las bocatomas nos permiten tomar el agua de los ríos, garantizando que la captación de agua será una cantidad constante, a la vez impide el ingreso de materiales sólidos y flotantes. Además, debe proteger el resto del sistema de hidráulico del ingreso de avenidas o embalses que pudieran producirse en las épocas lluviosas y/o de crecientes extraordinarias.²⁹

Nacimiento: Un manantial, naciente o vertiente es una fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal. Se origina en la filtración de agua, de lluvia o de nieve, que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud. Generalmente los manantiales van ligados a la presencia de niveles impermeables en el subsuelo, que impiden que el agua se siga infiltrando y la obligan a salir a la superficie.³⁰

Sistema de 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. Puede ser un canal abierto o un canal cerrado (tubería).³¹

Sistema de tratamiento: Una planta de tratamiento de agua potable PTAP es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, pero todas deben cumplir los mismos principios:

²⁸ Red de abastecimiento de agua potable, obtenido de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable

²⁹ Bocatoma, obtenido de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1287/1/1017128278.pdf>

³⁰ Nacimiento de agua, obtenido de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Manantial>

³¹ Línea de aducción, obtenido de: <http://www.espyumbo.com/aduccion.htm>

- Combinación de barreras múltiples (diferentes etapas del proceso de potabilización) para alcanzar bajas condiciones de riesgo.
- Tratamiento integrado para producir el efecto esperado.
- Tratamiento por objetivo (cada etapa del tratamiento tiene una meta específica relacionada con algún tipo de contaminante).³²

1.3.4 MARCO LEGAL

En base a la normativa que se rige en Colombia y que se contemplara para la optimización de los sistemas de captación y tratamiento para el acueducto del municipio de Macanal (Boyacá), se tendrán en cuenta la Resolución 330 de 2017 así como también los siguientes decretos:

³² Plantas de tratamiento de agua potable PTAP, obtenido de:
<http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>

Tabla 4. Normatividad optimización sistema de acueducto, municipio de Macanal Boyacá

NORMA	TITULO	OBJETO
Resolución 330 de 2017 ³³	Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS, derogando las Resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.	Se reglamentan los requisitos que se deben cumplir, teniendo en cuenta las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura. Así como también desarrolla estudios y diseños de un sistema de potabilización del agua, garantizando seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia y sostenibilidad.
Decreto 1575 de 2007 ³⁴	Sistema para la protección de y control de la calidad del agua para consumo humano.	Establece sistemas para la protección y calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana.
Decreto 2115 de 2007 ³⁵	Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.	Establece las características físicas, químicas y microbiológicas, con instrumentos básicos como índices de riesgo para la calidad del agua con respecto al consumo humano.

Fuente: Propia

³³ Minvivienda. (8 de junio de 2017). Resolución 330. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71542>

³⁴ MINAMBIENTE. (9 de mayo de 2007). Decreto 1575. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>

³⁵ MINAMBIENTE. (22 de junio de 2007). Resolución 2115. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

2 METODOLOGÍA

Para el cumplimiento y desarrollo del proyecto propuesto para el sistema de acueducto del municipio de Macanal, debemos cumplir con las siguientes actividades:

❖ OBJETIVO 1

- 1.1 Visita técnica: se hará una visita técnica para establecer contacto con las entidades que administran el sistema de acueducto del municipio de Macanal Boyacá, conjuntamente se hará la toma de medidas de las estructuras que componen el sistema para poder seguir con la siguiente fase.

- 1.2 Recopilación de información: Se realizará la petición de documentos pertinentes al acueducto como soporte para el diagnóstico. Revisión de documentos, se realizará la respectiva revisión de documentos pertinentes principalmente en el acueducto del municipio de Macanal Boyacá, luego se hará la revisión de documentos en la alcaldía del mismo municipio, para poder hacer una evaluación del sistema.

- 1.3 Revisión de documentos: Se observarán los documentos obtenidos por el municipio buscando la información más pertinente para nuestro proyecto y así mismo analizar los problemas que se pueden obtener de acuerdo a ellos.

- 1.4 Aforos: se tomarán aforos para observar el caudal, y así obtener valores aproximados que nos servirán al momento de hacer los cálculos.

- 1.5 Análisis de calidad del agua: Se tomarán muestras de agua potable verificando que se pueda consumir sin peligro para la salud, no siendo tóxica ni estando infestada de bacterias, parásitos o virus nocivos para el ser humano, haciendo pruebas de laboratorio para la verificación de esta.

❖ **OBJETIVO 2**

2.1 Evaluación del desarenador: durante la visita técnica de la primera fase se tomarán medidas de las estructuras y entre estas la del desarenador haciendo una evaluación de las dimensiones que esta tiene y si cumple de acuerdo a los requisitos de la Resolución 330/2017.

2.2 Funcionamiento del tanque de transición: Analizar qué problemas presenta este tanque si su funcionamiento es correcto o presenta rebosamiento.

2.3 Sistema de aducción: Se realizará una evaluación del sistema de aducción desde el inicio y final de las tuberías.

2.4 Modelación: Realizar un análisis del sistema de tratamiento, modelación y comprobación de diseño en el software WATERCAD, seguido de la comparación de los parámetros obtenidos con la modelación y los parámetros de funcionamiento del Sistema actual.

❖ **OBJETIVO 3**

3.1 Dimensionamiento: Al tener toda la recopilación de información se verificarán las falencias de la red a través de las memorias de cálculo que se realizarán. Se hará un dimensionamiento del sistema de distribución con el cual se pretende llegar a solucionar los principales problemas.

3.2 Mejoramiento: A partir de las fases anteriores se replanteará mejoras para el sistema en cuanto a rediseños de las estructuras nuevos dimensionamientos y demás falencias que este pueda presentar.

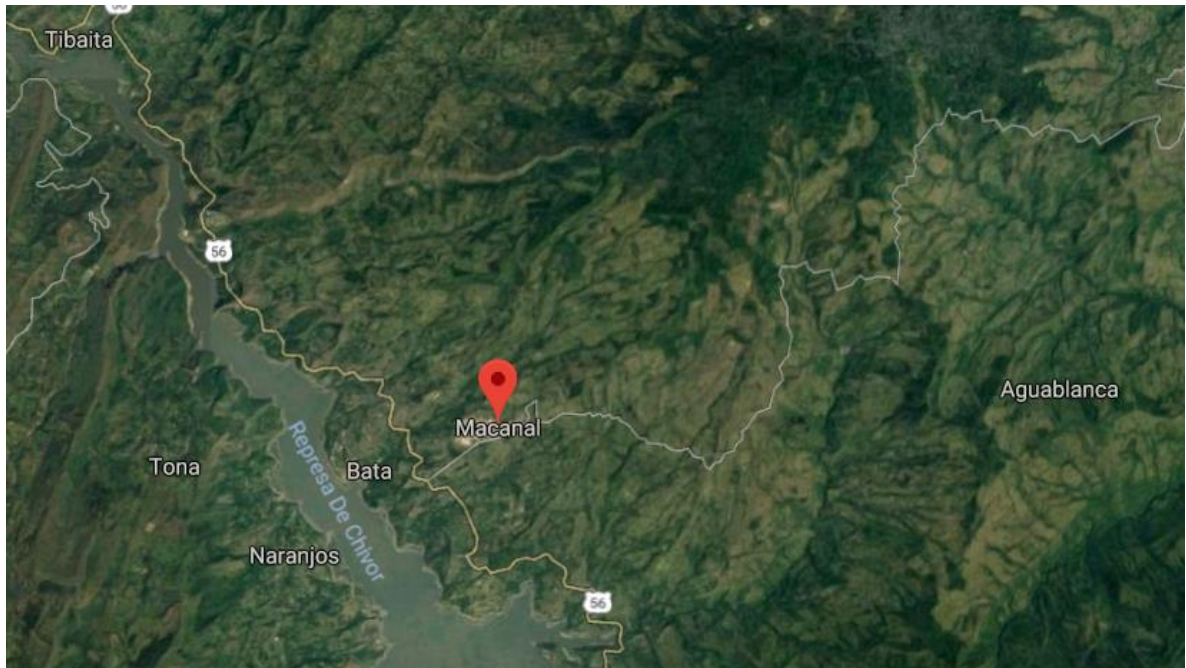
3.3 Entrega de cálculos: Se harán todos los cálculos de nuevas mejoras de acuerdo al numeral anterior utilizando diferentes softwares que nos permitan solucionar los problemas del sistema.

3.4 Elaboración del documento: En este numeral se unificará todos los objetivos propuestos determinando las soluciones para el sistema.

3.5 Entrega final: por ultimo daremos a conocer toda la información recolectada las soluciones planteadas y diseñadas para el propósito del proyecto de grado.

3 ALCANCE

Ilustración 3. Espacio geográfico, municipio de Macanal Boyacá



Fuente: Google Maps

El alcance del trabajo de grado es hacer el análisis y modelación desde la captación hasta el punto de distribución principal del sistema de acueducto del municipio de Macanal Boyacá, haciendo una evaluación de las estructuras para poder establecer cómo está funcionando el sistema actual donde se llevará a cabo una investigación con diferentes componentes. El análisis y la modelación se realizará a través de programas tecnológicos que permitan establecer las posibles fallas y plantear como debe ser su funcionamiento. No se realizará evaluación de la calidad del agua ni la hidrología no se incluyen análisis de estructuras ni estudios geotécnicos.

3.1 LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA DEL MUNICIPIO

Ilustración 4. Ubicación cartográfica del municipio.



Fuente: Municipio de Macanal

El municipio de Macanal se encuentra localizado al Oriente del departamento de Boyacá; tiene una extensión de 19.950 hectáreas, la cabecera del municipio se encuentra a 1700 metros de altitud sobre el nivel del mar; temperatura promedio de 20 grados centígrados y una precipitación promedio anual de 2298 milímetros; Su fundación data del año de 1807; su división administrativa vigente según estadísticas del IGAC es de 19 veredas conocidas institucionalmente como: Centro, Volador, Vijagual, La Vega, Limón, Naranjos, Dátil Chiquito, Dátil Grande, Pantanos, Tibacota, La Mesa, Media Estancia, Quebrada Negra, Guavio, Peña Blanca, Agua Blanca, Perdiguíz Chiquito, Perdiguíz Grande y Muceño.³⁶

³⁶ Alcaldía municipal de Macanal en Boyacá. Geografía. [En línea] Macanal (20/08/2018). Obtenido de: <http://www.macanal-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>.

Ilustración 5 Ubicación del municipio



Fuente Cartográfica: IGAC año 1988

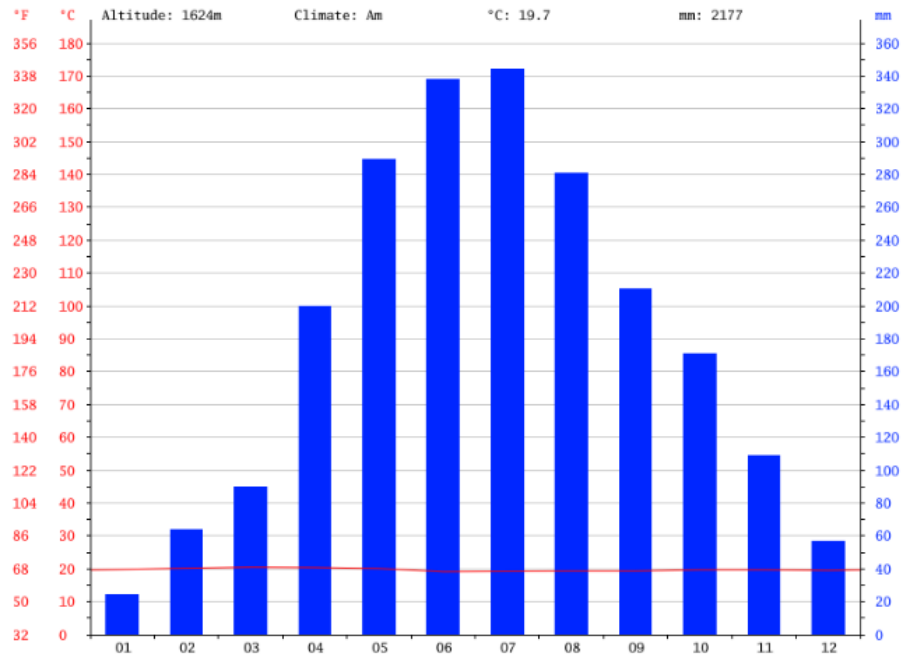
Fuente: Municipio de Macanal

La cabecera Municipal de Macanal, está situada a 4 grados, 59 minutos y 40 segundos de latitud Norte; a 73 grados, 19 minutos de longitud Oeste y cero grados, 35 minutos y 15 segundos de longitud con relación al Meridiano de Bogotá. La superficie del Municipio es de 199.5 Km², una altura promedio sobre el nivel del mar de 1860 metros (mayor altitud dentro del municipio 2500 m.s.n.m), con una temperatura media de 18 grados centígrados.³⁷

³⁷ Alcaldía municipal de Macanal en Boyacá. Geografía. [En línea] Macanal (20/08/2018). Obtenido de: <http://www.macanal-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>.

3.2 CLIMATOLOGÍA

Ilustración 6 Climograma Macanal Boyacá

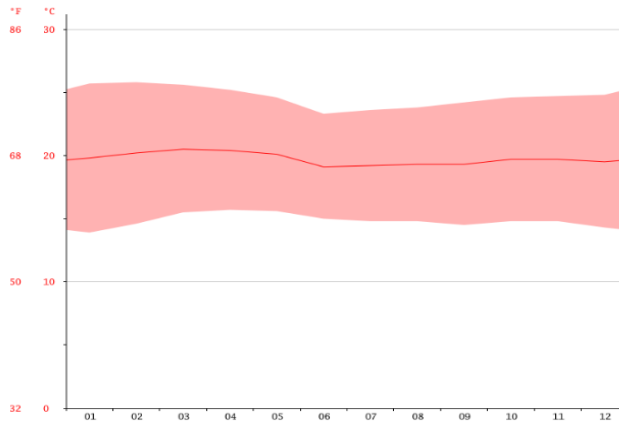


Fuente: (CLIMATE-DATA.ORG, 2018)

Según la (Ilustración 7), La altura sobre el nivel del mar es de 1700 m. La precipitación anual promedio es de 2177 mm, El mes más seco es enero, con 24 mm de lluvia. Con un promedio de 344 mm, la mayor precipitación cae en julio, Hay una diferencia de 320 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. Durante el año, las temperaturas medias varían en 1.4 ° C.³⁸

³⁸ CLIMATE-DATA.ORG. (2018). CLIMA: COLOMBIA. Obtenido de CLIMA: Macanal Boyacá: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/boyaca/macanal-49926/>

Ilustración 7 Temperatura Macanal Boyacá (Temperatura Vs Meses del año)



Fuente: (CLIMATE-DATA.ORG, 2018)

En la (Ilustración 8), se observa la mayor precipitación cae en julio. marzo es el mes más cálido del año. La temperatura en marzo promedios 20.5 ° C. junio tiene la temperatura promedio más baja del año. Es 19.1 ° C.³⁹

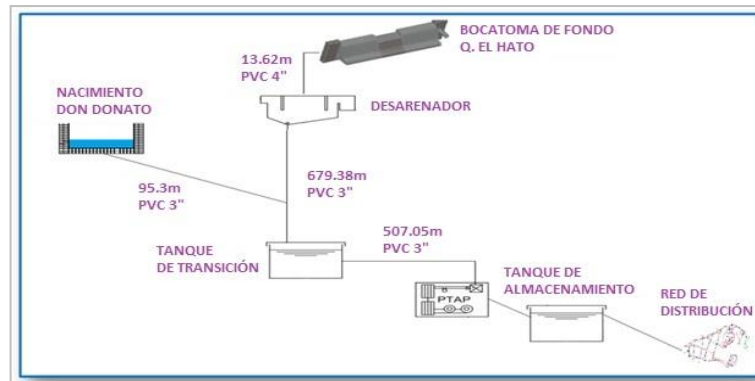
3.3 FUENTES HIDRICAS

El acueducto de Macanal se abastece de dos fuentes hídricas, la Quebrada El Hato que figura como fuente principal, la captación se encuentra ubicada en las coordenadas N 1'042.229,485 m y E 1'084.709,556 m en la Vereda Centro; y el Nacimiento Don Donato que figura como fuente alterna ubicada en las coordenadas N 1'041.937,889 m y E 1'084.689,189 m. Ver ilustración 8.⁴⁰

³⁹ CLIMATE-DATA.ORG. (2018). CLIMA: COLOMBIA. Obtenido de CLIMA: Macanal Boyacá: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/boyaca/macanal-49926/>

⁴⁰ Ingeniería, manov (2012). Título Ampliación caudal autorizado Municipio Macanal-Boyacá. Editorial: Compañía de proyectos técnicos S.A.S

Ilustración 8 Esquema básico del acueducto



FUENTE: MUNICIPIO DE MACANAL BOYACA

❖ Bocatoma Quebrada El Hato

La captación en la quebrada El Hato se realiza mediante bocatoma de fondo con salida lateral, está construida en concreto reforzado y la rejilla a través de la cual se realiza la captación.

Ilustración 9 Bocatoma



Fuente: MUNICIPIO DE MACANAL BOYACA

- La bocatoma cuenta con las siguientes dimensiones:

Tabla 5 Dimensiones de la Bocatoma

Longitud	0,743	m
Ancho	0,394	m
Número de barras por reja	35	
Diámetro barra	0,32	Pulg
Ángulo, marco de la reja	0,375	Pulg
Ángulo de la reja	0,9525	Cm
Ancho neto	0,375	m
L total reja sin marco	0,724	m
Espesor total barras	0,284	m
L neta	0,439	m
Área neta total	0,165	m ²

Fuente: MUNICIPIO DE MACANAL BOYACA

❖ **Nacimiento Don Donato o Manantial**

La captación en el nacimiento Don Donato o también llamado el Manantial se realiza mediante una galería de infiltración, fue construida desde hace 37 años está construida en concreto con escalones en hierro y existen dos tanques en la zona de captación.

Ilustración 10 Fuente de captación Don Donato



Fuente: PROPIA

- Dimensiones generales de la captación Don Donato.

Tabla 6 Dimensiones de la captación Don Donato

Dimensiones	Tanque 1	Tanque 2
Largo	0,8 m	1,35 m
Ancho	0,8 m	0,65 m
Profundidad	2,2 m	1,14 m
Diámetro de la tubería	6 pulg	4 pulg
Diámetro de los orificios de la tubería	1 pulg	-

Fuente: MUNICIPIO DE MACANAL BOYACA

❖ Desarenador

El desarenador se encuentra en las coordenadas N 1'084.346,986 m y E 1'042.572,195 m. La tubería de 4" proveniente de la caja de derivación llega a una caja de 0,65 m por 0,65 m en la que su pared de entrada posee tres tuberías de 3" de diámetro que se hallan a 0.3 m de la superficie, de las cuales ninguna se encuentra en funcionamiento. De la caja de llegada el agua pasa a un canal de entrada que tiene 1,47 m de longitud y 1,93 m de ancho. En la pared del canal, existe un bafle cuya altura es de 1,04 m y que limita con la zona de desarenación.

Ilustración 11 Desarenador quebrada el Hato



Fuente: MUNICIPIO DE MACANAL BOYACA

- Las dimensiones libres del desarenador son las siguientes:

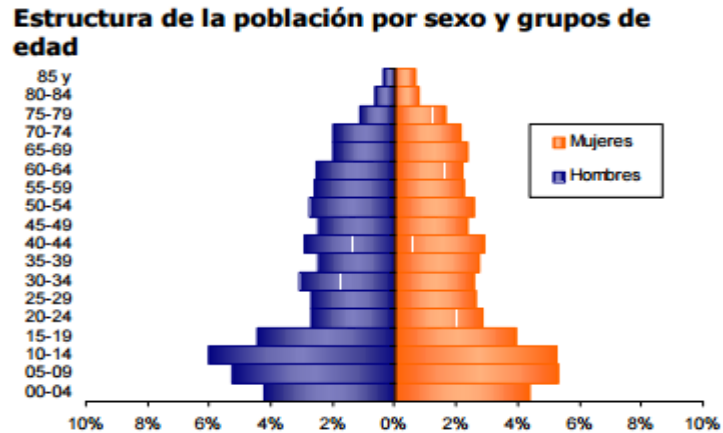
Tabla 7 Dimensiones Desarenador

Longitud	= 5,79 m
Ancho medio	= 1,93 m
Profundidad útil	= 1,50 m
Área superficial	= 5,79 x 1,93 = 11,17 m ²
Volumen útil	= 11,17 m ² x 1,50 = 16,76 m ³

Fuente: MUNICIPIO DE MACANAL BOYACA

3.4 DEMOGRAFÍA

Ilustración 12 Población por sexo y grupos de edad



Fuente: DANE

Para el año 2005, se observa que la población es de 941 habitantes, siendo 468 población femenina, el cual representa el 49,8% y 473 población masculina que es el 50,2% (Ilustración 9).

Los habitantes del casco urbano para los años 1985, 1993 y 2005 son:

Ilustración 13 Población censada casco urbano

AÑO	CABECERA	RURAL	TOTAL
1985	577	5399	5976
1993	611	3559	4170
2005	941	3673	4614

Fuente: DANE

4. PERIODO DE DISEÑO

Utilizaremos los tres modelos de proyección poblacional en los cuales se usan las poblaciones que presentan un crecimiento balanceado conforme a esto se verificará con los datos de los censos proyectados por el Dane, el cual se acerca más a la población calculada y con este dato se sacarán los respectivos caudales.

➤ Método Aritmético:

Para determinar la población se tomó el rango de censos del último censo y el censo inicial.

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} (T_f - T_{uc}) \quad (5)$$

Donde:

P_f : Población al año que se quiere proyectar.

P_{uc}, P_{ci} : Poblaciones del último censo y censo inicial del análisis respectivamente.

T_{uc}, T_{ci}, T_f : Años ultimo censo, censo inicial y proyección respectivamente.

Los resultados obtenidos según la ecuación (5) fueron:

$$P_{2019} = P_{2005} + \frac{P_{2005} - P_{1985}}{2005 - 1985} (2019 - 2005)$$

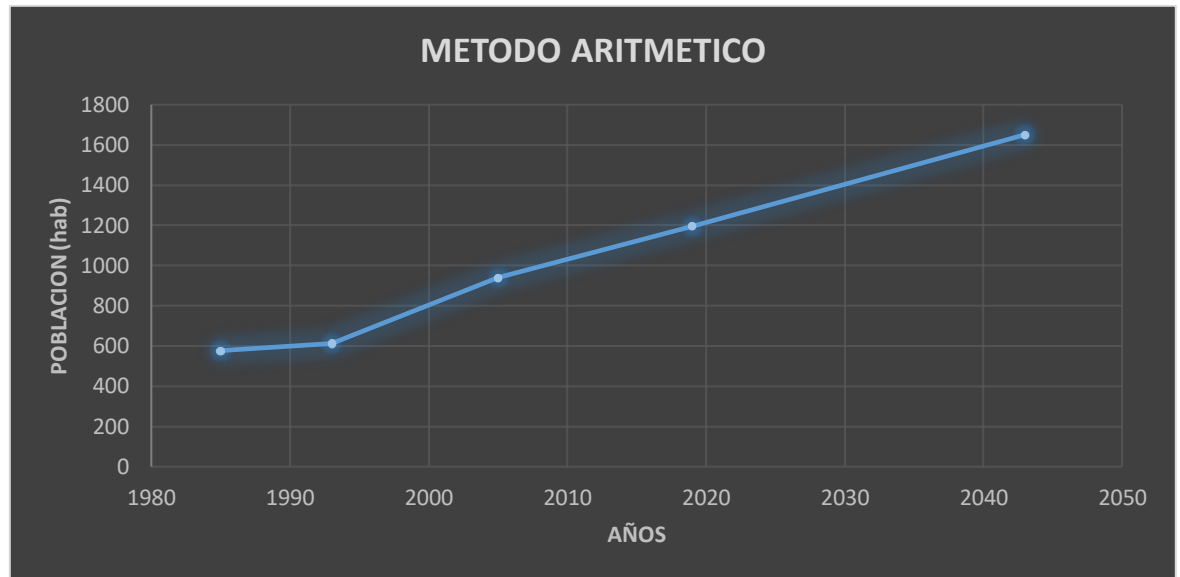
$$P_{2019} = 941 + \frac{941 - 577}{2005 - 1985} (2019 - 2005)$$

$$P_{2019} = 1196 \text{ hab}$$

Tabla 8 Método Aritmético

METODO ARITMETICO		
r (1985-1993)	4,25	Hab/año
r(1993-2005)	27,50	Hab/año
r(1985-2005)	18,20	Hab/año
Población Futura		
P2019	1196	Hab
P2044	1651	Hab

Fuente: PROPIA



Fuente: PROPIA

➤ **Método Geométrico:**

Este método se realizó mediante una tasa de crecimiento anual de la siguiente manera:

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{(T_f - T_{uc})} \quad (6)$$

Donde:

$$r = \frac{P_{uc}^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}}}{P_{ci}} - 1 \quad (7)$$

Los resultados obtenidos en base a la ecuación (7) fueron:

$$r = \frac{P_{2005}^{\frac{1}{2005-1985}}}{P_{1985}} - 1$$

$$r = \frac{941^{\frac{1}{2005-1985}}}{577} - 1$$

$$\mathbf{r = 0,02}$$

Reemplazando en la ecuación (6), se tiene:

$$P_{2019} = P_{2005}(1 + r)^{2019-2005}$$

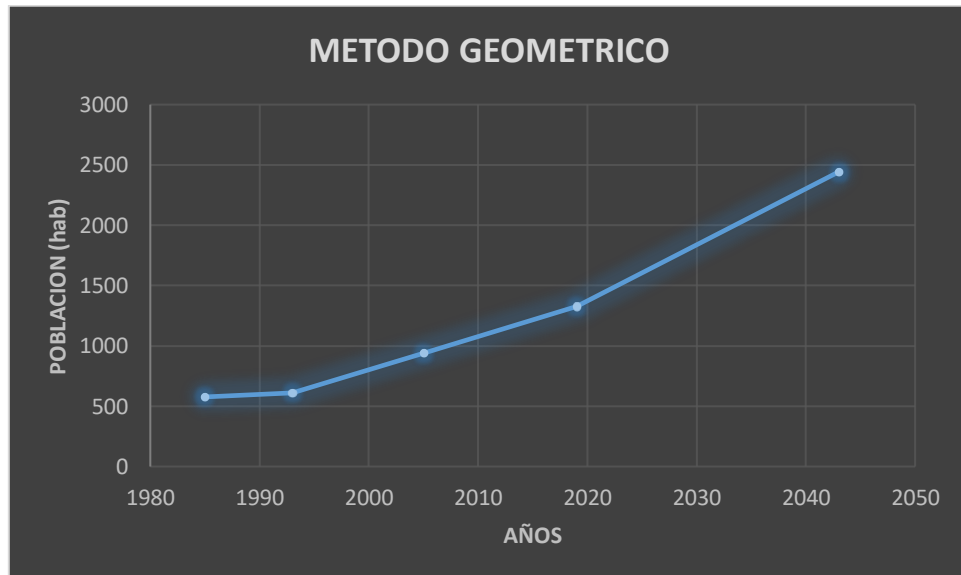
$$P_{2019} = 941(1 + 0,02)^{2019-2005}$$

$$P_{2019} = 1325 \text{ hab}$$

Tabla 9 Método geométrico

METODO GEOMETRICO		
r (1985-1993)	0,01	0,72
r(1993-2005)	0,04	3,66
r(1985-2005)	0,02	2,48
Población Futura		
P2019	1325	Hab
P2044	2442	Hab

Fuente: PROPIO



Fuente: PROPIO

➤ Método Exponencial:

Este método utiliza tasa de crecimiento en base al censo anterior y el censo posterior.

$$P_f = P_{ci} * e^{k(T_f - T_{ci})} \quad (8)$$

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad (9)$$

Los resultados obtenidos en la ecuación (9) fueron:

$$k_{85-93} = \frac{\ln P_{1993} - \ln P_{1985}}{1993 - 1985}$$

$$k_{85-93} = \frac{\ln 611 - \ln 577}{1993 - 1985}$$

$$k_{85-93} = 0,01$$

$$k_{93-05} = 0,04$$

Por lo tanto, tenemos un k promedio de:

$$k_{prom} = 0,02$$

Reemplazando en la ecuación (8):

$$P_{2019} = P_{2005} * e^{k(2019-2005)}$$

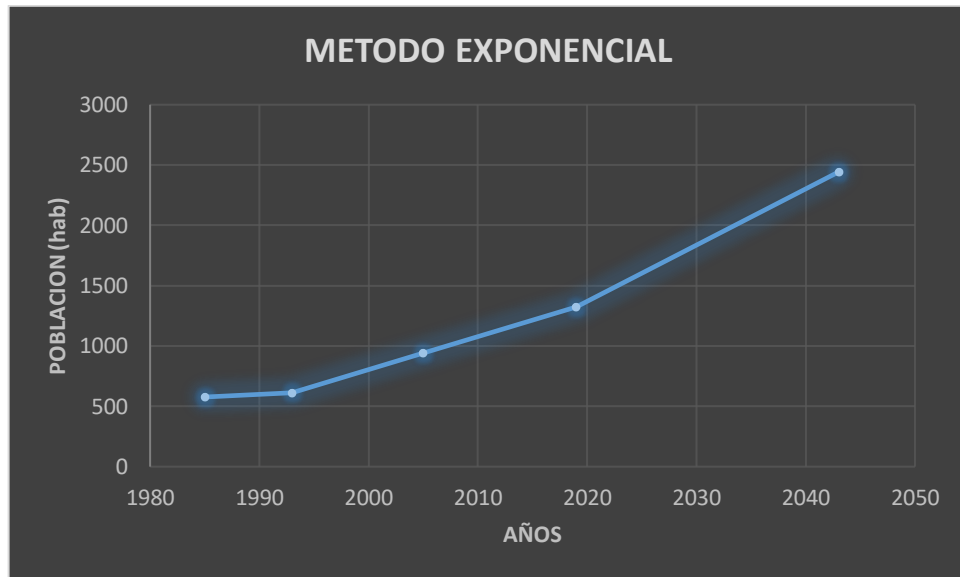
$$P_{2019} = 577 * e^{0,02(2019-2005)}$$

$$P_{2019} = 1325 \text{ hab}$$

Tabla 10 Método exponencial

METODO EXPONENCIAL		
r (1985-1993)	0,01	0,72
r(1993-2005)	0,04	3,60
r(1985-2005)	0,02	2,45
Población Futura		
P2019	1325	Hab
P2044	2442	Hab

Fuente: PROPIA



Fuente: PROPIA

Teniendo en cuenta los datos obtenidos por el método de los modelos de proyección poblacional obtenemos unos valores de población futura con el cual es comparado con la proyección del Dane para el 2019 teniendo un valor de 1148 habitantes y por el método aritmético obtuvimos 1196 habitantes por lo tanto este método es el más cercano de acuerdo al valor obtenido por el Dane. Ver: (Tabla 11 y Tabla 12)

Tabla 11 Proyección DANE 2018

PROYECCIÓN DANE	
2019	1148

Fuente: DANE 2019

Tabla 12 Métodos aritmético, geométrico y exponencial

METODO ARITMETICO		METODO GEOMETRICO		METODO EXPONENCIAL	
Población Futura		Población Futura		Población Futura	
P2019	1196	P2019	1325	P2019	1325
P2044	1651	P2044	2442	P2044	2442

Fuente: PROPIA

4.1 DOTACION PARA LA CABECERA MUNICIPAL

Para hacer un estimado de la dotación a usar como dato de diseño para el acueducto se tomo $130 \frac{L}{hab*día}$ de acuerdo a la altitud a la que se encuentre la población, este valor se tomó de la siguiente tabla Ver tabla

Tabla 13 Dotación neta máxima según la altura sobre el nivel del mar

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACION NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 - 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Min vivienda- resolución 0330 de 2017

4.1.2 CONSUMO NETO

El consumo neto es la cantidad de agua usada en las actividades que se realizan en la comunidad. El consumo se clasifica como: 1) domestico; 2) industrial y comercial; 3) público e institucional.

4.1.3 Consumo comercial, industrial y publico

Para el consumo comercial se tiene la tabla 4.3 del libro Acueductos y alcantarillados de Ricardo López Cualla, la cual representa los consumos típicos de los sectores comercial e industrial.

Tabla 11 Consumos típicos de los sectores comercial, industrial y publico

Tabla 4.3
Consumos típicos de los sectores comercial e industrial

Usos	Consumo (L/d)
Hoteles (por habitación) $\frac{1}{2}$	200 - 300
Escuelas:	
< 20 alumnos	50
> 20 alumnos	80
Industrias (por persona empleada)	80
Lecherías (por habitante)	0,8
Fábricas de bebidas (por habitante)	0,2
Fábricas de hielo (por habitante)	1,0
Curtiembre (por habitante)	0,5
Depósitos de materiales	100
Farmacias o graneros hasta 50 m ²	500
hasta 100 m ²	1.000
hasta 200 m ²	1.600
≥ 200 m ² (por m ²)	8
Fuentes de soda y heladerías hasta 20 m ²	1.000
hasta 50 m ²	2.000
> 50 m ²	3.000
Restaurantes hasta 50 m ²	40
>50 m ²	90
Oficina (por empleado y por 10 m ²)	80
Hospitales (por cama)	400
Mataderos (por cabeza sacrificada)	300 - 500
Riego de parques (por habitante)	9
Lavado de calles (por m ²)	1,5
Lavado del alcantarillado (por habitante)	3

Fuente. Acueductos y alcantarillados Ricardo López Cualla

4.1.4 Consumo por hoteles

4 hoteles

Mirador: 6 habitaciones, Central: 8 habitaciones, La Ceiba:

12 habitaciones y Guadual: 5 habitaciones

= 31 hab.

$$\text{Cons. hoteles} = \frac{31 \text{ hab.} * 200 \text{ L/d}}{86400}$$
$$\text{Cons. hoteles} = 0,071 \text{ L/s}$$

4.1.5 Consumo por Escuelas y colegios

Escuelas

280 Estudiantes

$$\text{Cons. escuela} = \frac{280 \text{ est.} * 80 \text{ L/d}}{86400}$$
$$\text{Cons. escuela} = 0,25 \text{ L/s}$$

Colegios

410 Estudiantes

$$\text{Cons. colegio} = \frac{410 \text{ est.} * 80 \text{ L/d}}{86400}$$
$$\text{Cons. Colegio} = 0,37 \text{ L/s}$$

4.1.6 Consumo por farmacias

2 droguerías

$$\text{Cons. droguerías} = \frac{2 \text{ drog.} * 500 \text{ L/d}}{86400}$$

$$\text{Cons. droguerías} = 0,011 \text{ L/s}$$

4.1.7 Consumo por heladerías

6 heladerías

$$\text{Cons. heladerías} = \frac{6 \text{ hel.} * 1000 \text{ L/d}}{86400}$$

$$\text{Cons. heladerías} = 0,069 \text{ L/s}$$

4.1.8 Consumo por restaurantes

4 restaurantes

$$\text{Cons. restaurantes} = \frac{4 \text{ rest.} * 90 \text{ L/d}}{86400}$$

$$\text{Cons. restaurantes} = 0,0041 \text{ L/s}$$

4.1.9 Consumo por hospitales

6 camas

$$\text{Cons. hospital} = \frac{6 \text{ cam.} * 400 \text{ L/d}}{86400}$$

$$\text{Cons. hospital} = 0,027 \text{ L/s}$$

4.1.10 Consumo por lavado de calles

parque principal 6400m²

$$\text{Cons. lav. calles} = \frac{6400\text{m}^2 * 1.5 \text{ L/d}}{86400}$$

$$\text{Cons. lav. calles} = 0,11 \text{ L/s}$$

Consumo Neto total:

$$\Sigma = 0,937 \text{ L/s}$$

5. CALCULO DE CAUDALES

5.1 Dotación bruta

Aplicando la ecuación (1) se tiene:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%P}$$

Donde el porcentaje de perdidas es del 25%

$$d_{bruta} = \frac{130 \frac{L}{Hab * dia}}{1 - 0,25} = 173,33 \frac{L}{hab * dia}$$

5.2 Caudal medio diario por población

El caudal medio diario se calcula mediante la población y la dotación bruta con la siguiente ecuación:

$$Q_{md2019} = \frac{P * D_{BRUTA}}{86400} \quad (2)$$

$$Q_{md2019} = \frac{1651 hab * \frac{173,33 L}{hab * dia}}{86400}$$

$$Q_{md2019} = 3,31 \text{ L/Seg}$$

Sumando el caudal por consumos total, se tiene:

$$Q_{md2019} = \frac{3,31L}{Seg} + \frac{0,937 L}{Seg}$$

$$Q_{md2019} = 4,25 L/Seg$$

5.3 Caudal máximo diario

Teniendo en cuenta que el caudal es el consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un periodo de un año, se calcula de la siguiente manera:

Con la ecuación (2):

$$Q_{maximo\ diario} = k_1 * Q_{promedio}$$

$$Q_{maximo\ diario} = 1,3 * \frac{4,25 L}{Seg}$$

$$QMD_{2019} = 5,53 \frac{L}{Seg}$$

5.4 Caudal máximo horario

Consumo máximo durante una hora, observado en un periodo de un año:

Con la ecuación (3):

$$Q_{maximo\ horario} = k_2 * Q_{maximo\ diario}$$

$$Q_{maximo\ horario} = 1,6 * 5,53 \frac{L}{Seg}$$

$$QMH_{2019} = 8,85 \frac{L}{Seg}$$

6. SISTEMA DE CAPTACIÓN

Se evidencia que las estructuras de captación, descritas anteriormente cumplen con la normativa, pero a causa de las fuertes lluvias del año 2017 se encuentra en peligro de colapso en la bocatoma, y en el nacimiento impurezas a causa de esos animales ya que se encuentra muy expuesto a la intemperie.

Ilustración 14 Bocatoma y Nacimiento



Fuente: PROPIA

A lo que se recomienda un fortalecimiento a la estructura de la bocatoma y un encerramiento de las estructuras para evitar que las estructuras se puedan saturar de mugres.

7. SISTEMA DE TRATAMIENTO

7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Es ubicada aproximadamente a 1996 metros sobre el nivel del mar, al costado suroriental del municipio, en el barrio de estrato 1, se evidencia casas alrededor; de forma descriptiva se observa que la planta vierte efluente en la quebrada Manantial y a su vez desemboca en el embalse de Chivor que se encuentra a 1.5km de la planta.

Esta planta cuenta aproximadamente con 1.5 hectáreas en la cual se encuentran todos los elementos que componen el sistema del tratamiento del agua, como es:

- Reductor de energía por tabiques
- Aliviadero de excesos de caudal
- Canal de reducción de velocidad de las aguas
- Rejillas gruesas y medianas (retienen hojas, palos, plásticos)
- Desarenador, consta de 2 cámaras y en el fondo se sedimentan las arenas que luego pasan a los lechos de secado.
- Canaleta Parshall, mide o afora el caudal que entra a la estructura.
Reactor UASB

7.2 PROCESOS EN LA PTAP

En la PTAP se realiza un solo tratamiento, la cloración; pese a que se cuenta con las estructuras para los demás tratamientos requeridos por normativa.

❖ Cloración:

Tratamiento para potabilizar el agua, y hacerla apta para el consumo humano; este es el único tratamiento de potabilización que se realiza en la PTAP del municipio de Macanal, de manera manual, debido a que el dosificador lleva un periodo de 3 años dañado y no se le ha realizado mantenimiento o arreglo, para poder hacerlo de manera mecánica que garantice una buena dosificación, ya que actualmente con el procedimiento que se hace, no se garantiza un tratamiento adecuada. Ver (Ilustración 11)

Ilustración 15 Dosificador



Fuente: Propia, Visita Macanal Boyacá 2018.

8. CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Por indicación del operario de la PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable) el diseño de la planta se realizó con un $Q_{md} = 4,0 \text{ L/s}$, y en el desarrollo del trabajo se calculó y determino como $Q_{md} = 4,3 \text{ L/s}$; lo que evidentemente es inferior y hace que se tenga una variación en los valores posibles que tiene actualmente la PTAP y donde a pesar de tener este caudal de diseño se evidencia que algunas estructuras no cumplen con lo establecido por norma RAS 2000.

Tabla 14 Datos Iniciales

Población (Hab)	1651	Caudales de Diseño	
Dotación (L/hab*día) msnm	130	QmD	3,31
Dotación (L/hab*día)	173,33	QMD	4,30
Qadicional	0,937	QMH	6,88
Caudal Medio (Qm) (L/seg)	3,31		
K1	1,3		
K2	1,6		

Fuente: PROPIA

8.1 CALCULO DEL AIREADOR

El aireador que está construido actualmente en la PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable), no cumple con los requerimientos y condicionamientos establecidos en la norma RAS 2000, norma a la que nos debemos acoger para cada diseño, como se mencionó anteriormente empezando por el caudal de diseño ya que es inferior al que se calcula en el desarrollo de este trabajo, posteriormente se identifica que:

Tabla 15 Condiciones Aireador

ELEMENTO	CONDICION ACTUAL	NORMA
Orificios	20 mm	5mm – 12 mm
Separación de orificios	10 mm	25 mm

Fuente: PROPIA

Por lo que se procede a realizar el diseño adecuado para esta estructura:

Tabla 16 Calculo Aireador

Caudal Medio Diario (Qmd) (L/seg)	3,31	De acuerdo al Art 47 de la Ras 0330 2017 para el calculo del aireador se debe utilizar el caudal maximo diario (QMD)	
Caudal Maximo Diario (QMD) (L/seg)	4,30		
Caudal Maximo Diario (QMD) (m3/dia)	371,7792		
Carga hidraulica (m/dia)	600	500-1500 m/d	Art 110 res 033 2017
Area total de bandejas (m2)	0,619632		
Numero Bandejas	3	3-9 Bandejas	Art 110 res 033 2017
Area unitaria bandeja (Ai) (m2)	0,206544		
Area Total de Bandejas (m)	0,454471121		
Area Total de Bandejas (mm)	454,4711212		

Fuente: PROPIA

Tabla 17 Diseño Aireador

DISEÑO - AIREADOR			
ESPECIFICACIÓN	VALOR	CONDICIONES POR NORMA	
Diametro (mm)	5	5mm - 12 mm	Art 110 Ras 0330 de 2017
Separación orificos (mm)	25	2,5 cm	
Numero de Orificios (N) (cm)	14,32		
N	14	13	
Distancia de la orilla hasta el orificio (cm)	2,75	0,275	
Total orificios	196		
Area de un orificio (Ao) (cm2)	0,20		
Area de total orificios (Aoo) (cm2)	38,48		
Velocidad Final (V) (m/seg)	1,12		
Coefficiente de Velocidad (Cv)	0,82		
Gravedad (g) (m/seg2)	9,81		
Altura (H) (m)	0,095		
Altura (H) (cm)	9,48		
Separación entre bandejas (m)	0,25	0,30m-0,75m	Art 110 Ras 0330 de 2017
Profundidad del carbon activado	0,15	0,15m-0,20m	
Borde libre (BL) (m)	0,15	0,15 m- 0,25m	
Distancia entre Bandejas (m)	0,39	0,3-0,5 m	
Altura Canal (m)	1		Libro
Altura Total Torre (m)	2,93	1,2m-3m	CUMPLE

Fuente: PROPIA

8.2 CALCULO DE LA CANALETA PARSHALL

En la canaleta Parshall se evidencia que el ancho del canal es mayor al que debería ser para el caudal que maneja la PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable); lo que ocasiona o genera un flujo súper critico al realizar los cálculos para determinarlos.

Tabla 18 Condición Canaleta Parshall

ELEMENTO	CONDICION ACTUAL	NORMA
Ancho Canaleta	0,6 m	0,457 m

Fuente: PROPIA

Por lo que se procede a realizar el diseño adecuado para esta estructura:

Tabla 19 Canaleta Parshall

CANALETA PARSHAL		
CAUDAL (m3/seg)-(L/seg)	0,0043	4,3
Temperatura (°C)	18	18
Ancho Canal (m) (in)	0,457	17,992126
P (m)	0,4	
Gravedad (g) (m/seg2)	9,81	Valor dado en el titulo C de la RAS 2000
Coefficiente rugosidad	1,84	Determinado por Manning
hc (m)	0,0208199	
h1 (m)	0,0052474	
Velocidad antes vertedero (V1) (m/seg)	1,7931052	
Numero Froode (NF1)	7,90311	Titulo C.4 RAS 2000 "cumple"
h2 (m)	0,0560838	
CUMPLE		h2 > h1 titulo C.4 RAS 2000
Longitud resalto hidraulico (Lj) (m)	0,3050182	
Longitud de caída (Lm) (m)	0,1203109	
Carga vertedero (hv) (m)	0,0296818	
Velocidad despues vertedero (V2) (m/s)	0,1677702	
Tiempo de mezcla (Tme) (seg)	0,3111041	
Perdida de Energia (ΔE)	0,111604	
CUMPLE		Titulo C.5 RAS 2000

Fuente: PROPIA

Tabla 20 Dimensiones de la canaleta Parshall Libro:

Tabla 2.7
Dimensiones de la canaleta Parshall^(146, 147)

W (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	F (cm)	G (cm)	K (cm)	N (cm)	R (cm)	M (cm)	P (cm)	X (cm)	Y (cm)
2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9	-	-	50,0	0,8	1,3
5,1	41,4	40,6	13,5	21,4	35,6	11,4	25,4	2,2	4,3	-	-	70,0	1,6	2,5
7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7	40,6	30,5	76,8	2,5	3,8
15,2	62,1	61,0	39,4	40,3	45,7	30,5	61,0	7,6	11,4	40,6	30,5	90,2	5,1	7,6
22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	45,7	7,6	11,4	40,6	30,5	108,0	5,1	7,6
30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	149,2	5,1	7,6
45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	167,6	5,1	7,6
61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	185,4	5,1	7,6
91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	222,3	5,1	7,6
122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	271,1	5,1	7,6
152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	308,0	5,1	7,6
182,8	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	344,2	5,1	7,6
213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	381,0	5,1	7,6
244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	417,2	5,1	7,6
305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3	-	-	-	30,5	22,9

Fuente: Libro Ricardo López Cualla

Tabla 21 Formulas para la canaleta Parshall Libro:

Tabla 2.8
Fórmulas para la canaleta Parshall⁽¹⁴⁶⁾

Ancho de la garganta (cm)	Ecuación*	Capacidad (L/s)
2,5 (1")	$Q = 0,055 H_a^{1,5}$	0,3 – 5
5 (2")	$Q = 0,110 H_a^{1,5}$	0,6 – 13
7,6 (3")	$Q = 0,176 H_a^{1,547}$	0,8 – 55
15,2 (6")	$Q = 0,381 H_a^{1,58}$	1,5 – 110
22,9 (9")	$Q = 0,535 H_a^{1,53}$	2,5 – 250
30,5 (12")	$Q = 0,690 H_a^{1,522}$	3,1 – 455
45,7 (18")	$Q = 1,054 H_a^{1,538}$	4,3 – 700
61,0 (24")	$Q = 1,426 H_a^{1,55}$	12 – 950
91,4 (36")	$Q = 2,182 H_a^{1,566}$	17 – 1.400
121,9 (48")	$Q = 2,935 H_a^{1,578}$	37 – 1.900
152,4 (60")	$Q = 3,728 H_a^{1,587}$	60 – 2.400
182,8 (72")	$Q = 4,515 H_a^{1,595}$	70 – 2.900
213,4 (84")	$Q = 5,306 H_a^{1,601}$	115 – 3.450
243,8 (96")	$Q = 6,101 H_a^{1,606}$	130 – 3.950
305 (120")	$Q = 7,463 H_a^{1,6}$	250 – 5.660

* Q en m³/s; H_a en m.

Fuente: Libro Ricardo López Cualla

8.3 CALCULO DEL FLOCULADOR

Esta estructura cumple con lo requerido con la norma, pese a que su diseño fue con un Q (caudal) diferente.

Tabla 22 Calculo Floculador

FLOCULADOR HIDRAULICO HORIZONTAL PLANTA			
Especificacion	Valor	Condiciones por Norma	
Temperatura agua °C	20		
Viscosidad cinematica del agua (m ² /s)	0,000001003	0,000001003	Cuadro 5.4 Pag 159
Tiempo retención (Tr) (min) (seg)	30	1800	20 a 40 minutos
Caudal (m ³ /seg)	0,0043	4,3	
Velocidad (m/s)	0,17		
Espacio (L) (m)	4,925	492,5	
Borde libre (BL) (m)	0,1		0,15 m- 0,25m
Altura (m)	1,2		
Altura lamina de agua (m)	1,05		
Espesor Tabiques (m)	0,18		
a (m)	0,54		
1,5*a (m)	0,81		
Numero de ascensos y decensos (n)	6		
Numero de Tabiques (nt)	5		
Numero de curvas (Nc)	7		
Ancho del canal (m)	2,365		

Fuente: PROPIA

Tabla 23 Cálculos Por Norma Floculador

CALCULOS POR NORMA			
Especificacion	Valor	Condiciones Por Norma	
Velocidad del Agua (m/s)	0,2	0,20 - 0,60 m/s	Art 111 de la Ras 2000
Tiempo retención hidraulica (Tr) (min)	30	20 - 40 minutos	Art 112 Ras 0330 de 2017
Gravedad (m/s ²)	9,81		
Longitud (m)	360		
Volumen (m ³)	7,74		
a (Área del canal) (m ²)	0,0215		
h (m)	0,9		
b (m)	0,25		
d (Profundidad del Agua) (m)	0,143		
H (Profundidad total del tanque) (m)	0,443		
Area calculada	0,225	El area calculada es mayor que la requerida en el area del canal por dimensiones minimas	
Espacio libre entre la pared y el tanque	0,03225		
Longitud de cada canal (m)	3,96775	Se Adopta L=4	
Numero de Canales	91		
Espesor de pantalla o baffle (cm)	3		
Longitud del floculador (m)	4,64		
Hf (Perdida de friccion tanque) (Maning) (0,02		
H Perdida adicional en las curvas	0,57		
H (Perdida total) (m)	0,59		
G (Gradiente medio de Velocidad) (Seg-1)	56,77	20 - 70 Seg-1	C.5.5.1.1 Titulo C Ras 2000
Numero de Campo Gt	102.189	20000 - 150000	Según Smethurst, Libro de potabilizacion del agua Jaime Romero
hf (Perdida de energia) (Hazen Williams) (0,43		

Fuente: PROPIA

8.4 CALCULO DEL SEDIMENTADOR

El sedimentador no cumple con lo que debería ser el ancho y la altura, lo que lleva a un no cumplimiento de un borde libre, teniendo:

Tabla 24 Condiciones Sedimentador

ELEMENTO	CONDICION ACTUAL	NORMA
Ancho del Sedimentador	5,0 m	4,59 m
Altura del Sedimentador	3,85 m	3,5 m

Fuente: PROPIA

Tabla 25 Sedimentador

SEDIMENTADOR HORIZONTAL PLANTA			
CAUDAL (m3/seg) (L/seg)	0,0043	4,3	Caudal Maximo Diario
Viscosidad cinematica del agua (m2/s)	0,000001003	Cuadro 5.4 Pag 159	libro de potabilizacion del agua Jaime Romero
ANCHO SEDIMENTADOR (m)	3,59		
BORDE LIBRE (m)	0,4		
ALTURA FLOCULADOR (m)	3,5		
ANCHO DEL FLOCULADOR (m)	2,79		
Vsc (m3/m2/dia)	30		
B (m)	2,365		
L (m)	3,72		
Ve (m/seg)	0,167770216		

Fuente: PROPIA

Tabla 26 Cálculos por Norma Sedimentador

CALCULOS POR NORMA			
Especificación	Valor	Condiciones Por Norma	
Utilizando placas planas (m)	2,40*1,20*0,01	Libro de potabilizacion del agua de Jaime Romero	
Area Util de Sedimentación (m)	3,75		
CS (m/d)	99		
Vo (m/d) (m/min)	114,398	0,079443397	
L	20	Separación de placas adoptado 6 cm	Libro de potabilización del agua de Jaime Romero
L' (Longitud relativa de sedimentación)	1,03	Libro de potabilizacion del agua de Jaime Romero	
L'	19	L'<L	
Vsc (m/d)	11,051726	Libro de potabilizacion del agua de Jaime Romero	
NRE (Numero de Reynolds)	79,2057797		
t (Tiempo de Retención) (min)	15,10509425		
t (Tiempo de Retención en el tanque de sedimentación) (min)	39	20 - 40 minutos	Art 112 Ras 0330 de 2017

Fuente: PROPIA

8.5 CALCULO DE FILTRACION Y DESINFECCIÓN

Se evidencia una menor área del filtro, lo que indica que no cumple con la norma, y se identifica además que no cumple con la cantidad mínima de filtros, donde la norma nos indica que deberían ser mínimo 2, sin embargo, la PTAP solo cuenta con 1.

Tabla 27 Filtración y desinfección

ELEMENTO	CONDICIÓN ACTUAL	NORMA
Área de filtro	0,768 m ²	5,36 m ²

Fuente: PROPIA

Tabla 28 Cálculos por norma Filtración y desinfección

CALCULOS POR NORMA		
Tasa de filtración	235	m ³ /m ² *día
Filtros	1	De acuerdo a la normatividad la mínima cantidad de filtros es 2
Qu	185,76	
Area filtro (m ²)	1,58	m ²
B (m)	0,73	L/B
L (m)	2,2	
lecho filtrante		Libro de la unad 0,60 antracita, 0,30 de arena y 0,4 de grava
Canaleta en el centro	1,09	Rango 1,5 - 2
Caudal de lavado (m ³ /s)	0,02	canaleta de 0,15*0,15
Canaleta en el centro	0,15	asumimos el ancho de canaleta 0,15 m
Ho	0,06	
Volumen de agua requerida para lavado (m ³)	19,92	
Volumen total de agua filtrada en 30 horas (m ³)	464,40	suponiendo que cada 30 horas se lava el filtro
Porcentaj de agua filtrada para lavado (%)	4,29	el rago debe estar entre 2% y 6 % CUMPLE

Fuente: PROPIA

Con respecto a la desinfección que se realiza en la PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable), el operario nos indica que el único proceso que se realiza es la cloración:

Tabla 29 Desinfección del agua

DESINFECCION DEL AGUA		
Cloracion manual (gr) (mg)	212	212000
Temperatura del agua	20	
n Eficiencia por OMS	0,86	
Tiempo (horas)- (min)	48	2880
Agua (L)	250	
Cloro aplicado por el operario (mg/LH ₂ O)	848	
ASUMIENDO VALORES DE RELACIÓN		
Punto de quiebre	7/1	
Temperatura	20	
Eficiencia	0,86	
Tiempo (horas) - (min)	48	2880
Ph	5	Por ser agua de aljibe asumimos agua limpia
K	12	
Nitrogeno (mg/litro)	0,3	
Cloro (mg cloro/LH ₂ O)	0,0017073	
Cloro combinado (mg cloro/LH ₂ O)	2,1	
Dosis total	2,1017073	lo ideal por norma

Fuente: PROPIA

8.6 TANQUE DE RECOLECCIÓN

Actualmente el tanque de almacenamiento cuenta con una Altura Útil (H_{util}) de 1.90 m, lo que nos genera un Volumen Útil (V_{util}) de 235,4 m³; lo que no cumple con el requerimiento para un abastecimiento durante 24 horas:

$$Q = 4,3 \frac{L}{s}$$

$$V_{24h} = Q * t$$

$$V_{24h} = 4,3 \frac{L}{s} * 86400 s$$

$$V_{24h} = 371,5 L [m^3]$$

Factor de volumen útil, actual con respecto al que debería ser

$$\frac{V_{util}}{V_{24 h}}$$
$$= 0,63 \quad 63\%$$

Por lo que se debe considerar hacer una ampliación de este tanque, para garantizar el abastecimiento durante el día (las 24 horas).

9. PLAN DE MEJORAMIENTO

A lo largo de este estudio, evaluación y diagnóstico que se le realizó al acueducto del municipio de Macanal, se hace evidente y necesario una mejora o mantenimiento en la gran mayoría de sus estructuras para cumplir a cabalidad con todo lo exigido por la norma, tales como:

9.1. ESTRUCTURAS DE CAPTACION, SEDIMENTACIÓN Y NACIMIENTO

En estas estructuras, es necesario realizar un mantenimiento ya que como se puede ver en las siguientes imágenes, ya es vital para evitar un deterioro mayor o incluso una pérdida total de estas.

Ilustración 16 estructuras de captación rejilla



Fuente: PROPIA

Ilustración 17 estructuras de captacion sedimentador



Fuente: PROPIA

Ilustración 18 estructuras de captacion sedimentador completo



Fuente: PROPIA

Ilustración 19 estructuras de captacion base sedimentador



Fuente: PROPIA

Ilustración 20 estructuras de captacion base completa de sedimentador



Fuente: PROPIA

En estas estructuras, bocatoma, sedimentador se logra ver como el invierno ha causado gran daño en ellas, estas no cuentan con el encerramiento exigido por la norma, el sedimentador en su base está prácticamente flotando, por lo que se hace necesario una limpieza de las estructuras, un reforzamiento en la cimentación del sedimentador, y el encerramiento de las estructuras; de tal manera que solo personal autorizado tengan acceso a estas estructuras.

Ilustración 21 Nacimiento Donato



Fuente: PROPIA

Ilustración 22 Nacimiento Donato interior



Fuente: PROPIA

Ilustración 23 Nacimiento Donato tapa



Fuente: PROPIA

En esta estructura del nacimiento se logra confirmar la necesidad de un mantenimiento, una limpieza a cada parte que compone esta estructura, y al igual que en las anteriores (bocatoma y sedimentador) el encerramiento exigido por la norma, para garantizar por un mayor periodo de tiempo este mantenimiento; ya que como se había mencionado anteriormente este nacimiento está rodeado de animales, que defecan muy cerca o incluso sobre él.

9.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

En la PTAP, también fueron bastantes las falencias que se encontraron, entre ellas tenemos:

- Dosificador: el dosificador está dañado, por lo que se hace necesario y de manera muy urgente el arreglo o cambio de este.

Ilustración 24 Dosificador



Fuente: PROPIA

- Macro medidores: los macro medidores con los que debe contar la PTAP, en la entrada y salida de esta, están dañados, también se hace necesario que estos sean cambiados para garantizar una mejor precisión del agua de insumo de recibe la planta (agua cruda) y el agua tratada que despacha para el consumo del municipio.

Ilustración 25 Macro medidores



Fuente: PROPIA

- Tapas, de acceso a válvulas de conexión con el tanque recolector, en la construcción de la PTAP en el año 2015, se hicieron en concreto, lo que las hacía muy pesadas, además de esto en un corto periodo de tiempo sufrieron fisuras que posteriormente llevaron a separación parcial del concreto, por ende, desaparición de las tapas; lo que ha ocasionado la entrada de animales a estos espacios, se evidencio en la visita residuos de estiércol de chímbalas en esta parte de la PTAP. Por lo que se hace necesario que estas tapas sean reemplazadas en un material más liviano que permita una buena manipulación y una mejor resistencia.

Ilustración 26 Tapas a válvulas de conexión con el tanque recolector



Fuente: PROPIA

En la PTAP, se hace necesario un mantenimiento en su totalidad, ya que la hierba que la rodea está alta, se evidencia presencia de maleza en este perímetro de la PTAP, además de las mejoras que se indicaron anteriormente a cada una de las composiciones de la PTAP, como aireador, canaleta parshall, entre otros.

10. MANUAL DE PROCESOS

El tratamiento de potabilizar el agua, cuenta con una serie de actividades que se deben realizar para garantizar que el agua que se suministra a los consumidores, cumpla con lo establecido por la norma, la persona encargada de todos estos procesos debe contar con la capacitación certificada, en este caso la entidad que debe garantizar esta capacitación es la entidad de CORPOCHIVOR.

- Sedimentación: Consiste en promover condiciones de reposo en el agua, para remover, mediante la fuerza gravitacional, las partículas en suspensión más densas. Este proceso se realiza en los desarenadores, presedimentadores, sedimentadores y decantadores; en estos últimos, con el auxilio de la coagulación.⁴¹

⁴¹ sedimentación. [En línea] PROCESOS UNITARIOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO

- Floculación: es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.⁴²
- Filtración: Este proceso tiene como objetivo eliminar todas aquellas partículas de coloidales en el agua. Es el último paso en la remoción del material suspendido. Si la sedimentación, que es la etapa de tratamiento anterior logra eliminar la mayor cantidad de partículas de turbidez, la filtración se verá beneficiada sustancialmente.⁴³

11. EVALUACION CON PROGRAMAS

Con el fin de evaluar la presión y la aducción del sistema de acueducto de Macanal Boyacá se realizará el análisis con los programas EPANET y el programa HAYA del libro de Ricardo Alfredo López Cualla.

- Para realizar una evaluación de la presión que se presenta en el sistema principal de suministro, desde el tanque de recolección hasta el primer hidrante que está al principio del sistema de suministro a todo el sector urbano, por lo que utilizamos el programa EPANET, donde evidenciamos que, pese a que visualmente la pendiente de cada uno de los puntos es alta, la presión con que transcurre el agua es aceptable según los parámetros que nos da la norma RAS 2000.

Ing. Lidia de Vargas (2016). Obtenido de

http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/ma1_tomo1_cap3.pdf

⁴² floculación. [En línea] FLOCULACIÓN, Wikipedia, (2018). Obtenido de

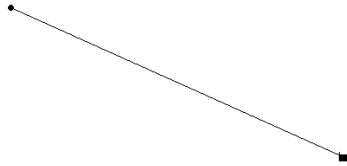
<https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

⁴³ Filtración. [En línea] PROCESO DE FILTRACIÓN, Iagua, (2018). Obtenido de

<https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/hablemos-antracita-fundamental-proceso-filtracion-agua>

Ilustración 27 resultado EPANET

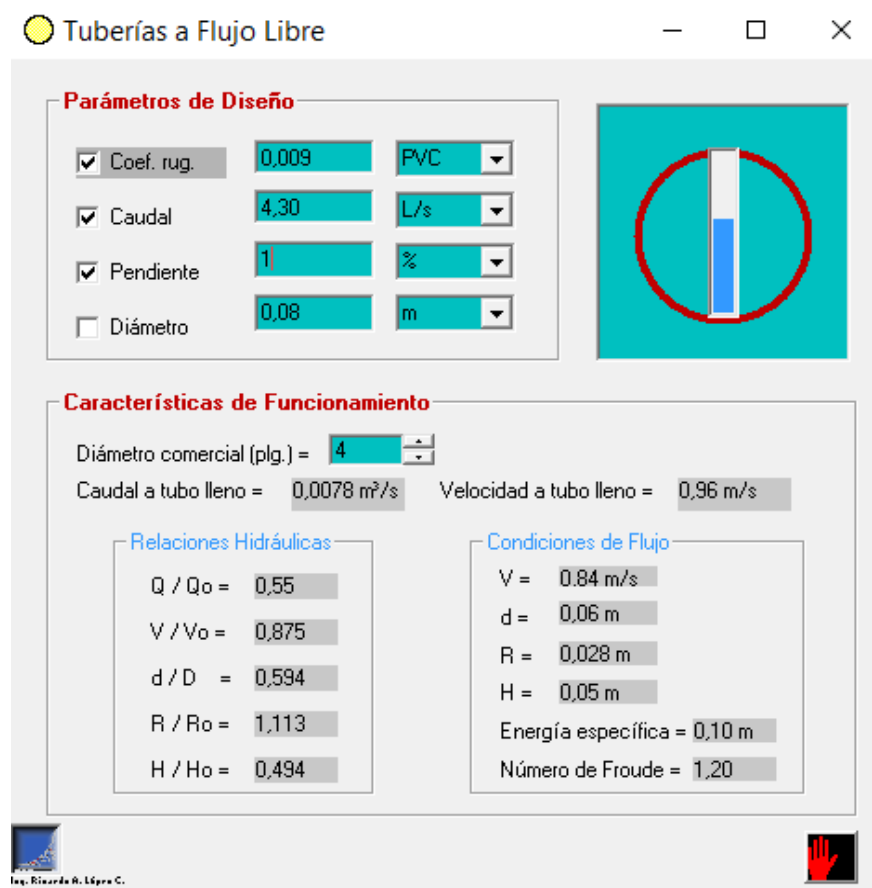
ID Nudo	Cota m	Presión m
Conexión 3	0	3,5
Embalse 1	186	3,5
Depósito 2	130	0



Fuente: EPANET

- En la siguiente ilustración se observa el diseño de aducción en el programa AYA, para el cual obtuvimos los siguientes resultados:

Ilustración 28 Aducción programa AYA

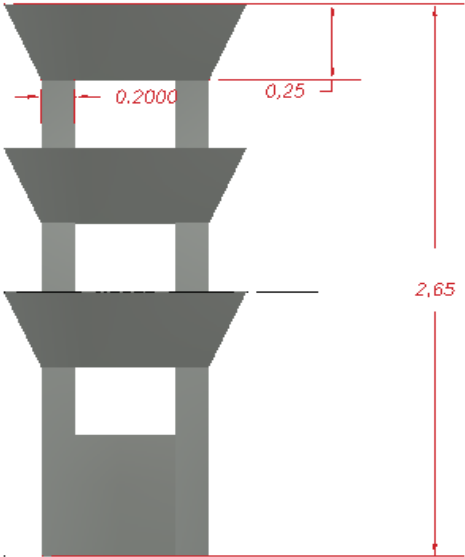


Fuente: Programa AYA. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados de Ricardo Alfredo López Cualla.

De acuerdo al análisis de este programa se recomienda que la pendiente sea de 1% y se amplíe el diámetro a 4 pulgadas de acuerdo al ras 2000 donde nos dice que la velocidad mínima se recomienda que sea de máximo 0,45 m/s.

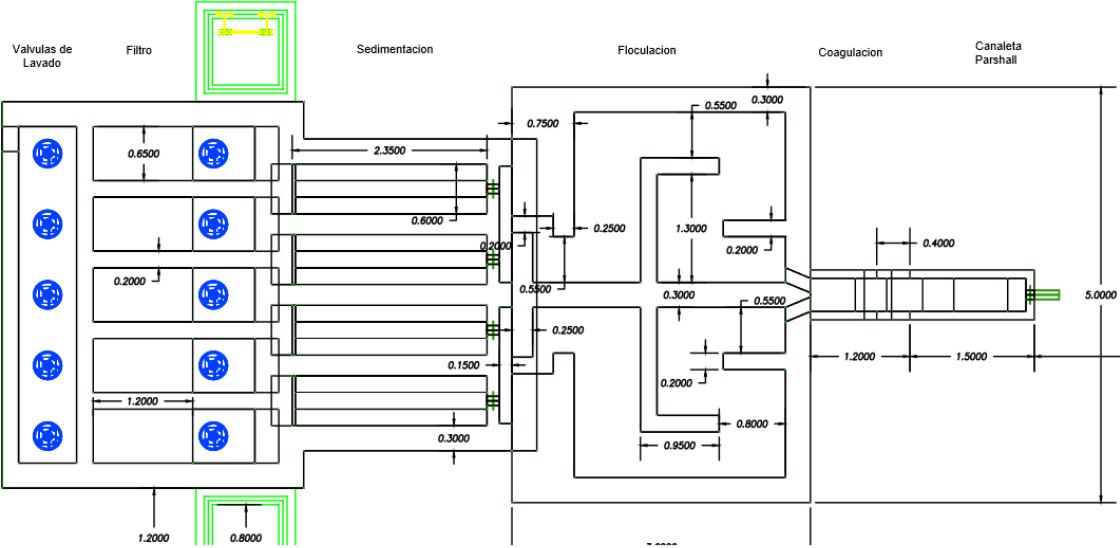
12. PLANOS DE LA PLANTA DE TRAMAMIENTO DE AGUA POTABLE

Ilustración 29 Plano Aireador



Fuente: PROPIA

Ilustración 30 Plano de la PTAP



Fuente: PROPIA

13.RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se van a realizar en pro de mejorar las estructuras que conforman el sistema de acueducto y con ello poder satisfacer la necesidad de agua potable para el municipio. Una vez concluida la etapa de diagnóstico del sistema de acueducto actual y el desarrollo del cálculo de los diseños propuestos, se presentará un resumen de los aspectos más importantes que se deben optimizar en el sistema de acueducto del municipio de Macanal Boyacá:

- Se pudo observar que el desarenador se encuentra en malas condiciones, en las fotografías anteriormente mostradas se puede observar que la estructura está en riesgo caerse esto se debe a que en época de invierno el cauce de la quebrada es mayor y este a su vez lleva sedimentos como arena, rocas y material boscoso.
- Las estructuras de captación como lo son la bocatoma, desarenador y el nacimiento no cuentan con un encerramiento que evite el ingreso de personas no autorizadas o animales como lo establece el artículo 55 de la resolución 0330 de 2017.
- Los macro medidores que se encuentran antes del aireador y después del tanque recolector (entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Agua Potable) no están en funcionamiento, lo que impide llevar una medición apropiada del agua que se está tratando, a lo que se hace necesario un cambio de estos.
- En la planta encontramos grandes falencias, en sus instalaciones y el mantenimiento de las mismas, el lugar que fue adecuado como laboratorio, donde se encuentran equipos no cuenta con una seguridad adecuada ya que sus vidrios se encuentran en un 80% destrozados, las zonas verdes de la Planta de Tratamiento de Agua Potable no tienen el mantenimiento que se requiere para evitar la posible presencia de animales o desarrollo de agentes negativos para el agua tratante, por lo que se hace necesario realizar una mejora a esta instalación, y poder asegurar los equipos y materiales que allí se encuentran.
- El dosificador no está en funcionamiento por lo que la persona encargada de este proceso debe hacerlo manualmente, lo que indica que se hace muy urgente una intervención a los equipos que no funcionan o se encuentran en mal estado.

- Para el aireador se realizaron los respectivos cálculos para dar cumplimiento a los requerimientos que se tienen por norma ya que el diámetro y la separación de los orificios exceden los requerimientos que se deben tener para este.
- En la canaleta Parshall se evidencia que el ancho del canal es mayor al que debería ser para el caudal que maneja la PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable); lo que ocasiona o genera un flujo súper crítico al realizar los cálculos para determinarlos por tal motivo se realizó el cálculo para el respectivo funcionamiento de la estructura.
- El floculador cumple con los requerimientos por norma, de igual forma se recomienda hacer limpieza oportuna para el buen funcionamiento de este.
- El sedimentador no cumple con la normatividad vigente debido a que el ancho y la altura están por encima de lo requerido, por lo cual no se da el cumplimiento del borde libre. Se recomienda hacer un reajuste de la estructura con las dimensiones antes calculadas para un óptimo funcionamiento del mismo.
- Se recomienda tener planos detallados de la red de tubería del municipio por lo cual cuando se presentan rompimientos en alguna red por la sobrepresión que hay, se debe romper en varios puntos para encontrar el daño ocasionando gastos y demoras en el servicio de agua potable.
- Por último, se recomienda hacer seguimientos de las estructuras periódicamente verificando el estado y funcionamiento de los mismos para así evitar el deterioro y poder llevar el control de los arreglos a mediano y largo plazo.

14. CONCLUSIONES

Finalmente, al terminar este trabajo se pudo concluir que algunas de las estructuras que componen el sistema de acueducto de Macanal Boyacá se encuentran bastante deterioradas y necesitan de un mantenimiento para evitar pérdida total de estas; por lo que se debe tener en cuenta:

- El desarenador es necesario intervenirlo prontamente, reforzar su sedimentación y poder evitar que en próximas etapas de lluvia sufra un desplome total, lo que conlleve como única solución hacer nuevamente la construcción.
- El encerramiento del desarenador y del nacimiento se necesita con gran urgencia, ya que esto garantizara un mejoramiento en la calidad del agua desde la captación ya que evitara el ingreso de basura, evitara notablemente cualquier posibilidad de riesgo humano.
- La persona que realiza cada uno de los procedimientos debe tener la capacitación acreditada para que de esta manera los procesos que hace sean los adecuados y los exigidos por la norma RAS2000, ya que actualmente el Señor tiene toda la disposición de cumplir con sus responsabilidades de la mejor manera, sin embargo, por la falta de mantenimiento a los equipos y materiales sumado con la falta de una mejor capacitación esto dificulta el desarrollo de sus actividades laborales.
- Como lo indica la norma se deben realizar una serie de procedimientos lo que en la Planta de Tratamiento de Agua Potable por el momento no se realizan por falta de los materiales, para la muestra de esto el no cambio del carbón activado en el aireador desde hace más de 5 años, la falta de procedimientos tales como coagulación química, entre otros.
- Se hace necesario además una evaluación de la presión en toda la red de suministro de agua, para que de ser necesario en algún sector de la red se adicionen válvulas de control para la presión.
- En el municipio no se encuentra una información sólida sobre el acueducto en general, no se tiene una información actualizada lo que dificulto notablemente todo el proceso de diagnóstico y evaluación del mismo, pero además no hace fácil realizar un mantenimiento o arreglo de la red.

15. BIBLIOGRAFIA

MAYS, LARRY (2001). Título: Water Resources Engineering, Editoriales: John Wiley & Sons, Inc.

NATIONAL GEOGRAPHIC ESPAÑA (2014). Obtenido de http://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/acueductos_8592/1

BANCO DE LA REPUBLICA CULTURAL (2012). Obtenido de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/marzo2012/acueducto-bogota-publico-privado>

MAYS, LARRY (2004). Título: Water supply systems security, Editoriales: McGraw-Hill.

JIMENEZ, PAEZ (2006). Título: diseño y construcción modelo de una planta de una planta de tratamiento de agua potable tipo Alabama y sedimentador de alta tasa BELSA, Editoriales: trabajo de grado (Ingeniería en recursos hídricos y gestión ambiental) Universidad central.

MAYS, LARRY (1999). Título: hydraulic design handbook, editoriales: McGraw-Hill.

El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. Calidad del agua. [En línea] UNICEF (2003). Obtenido de <https://www.unicef.org/>. UNICEF (2003). Obtenido de <https://www.unicef.org/>.

El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. Aspectos básicos de un sistema de acueducto. [En línea] UNICEF (2003). Obtenido de <https://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua3.pdf>

Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Mediciones de caudal. [En línea] MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2010). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf>.

Diagnóstico y mejoramiento del sistema de acueducto del municipio de Mesitas del Colegio (Cundinamarca). [En línea] Biblioteca Universidad Católica de Colombia. Arboleda & Ruiz (2017)

Propuesta de mejoramiento para la óptima operación del sistema de acueducto del municipio La Palma (Cundinamarca). [En línea] Biblioteca Universidad Católica de Colombia. Guerron & Pantoja (2018).

Propuesta para el mejoramiento del tren de tratamiento de la planta de agua potable de la vereda pajonales del municipio de Pacho (Cundinamarca). [En línea] Biblioteca Universidad Católica de Colombia. García & Rodríguez (2018).

Red de abastecimiento de agua potable, obtenido de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable

Bocatoma, obtenido de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1287/1/1017128278.pdf>

Nacimiento de agua, obtenido de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Manantial>

Línea de aducción, obtenido de: <http://www.espyumbo.com/aduccion.htm>

Plantas de tratamiento de agua potable PTAP, obtenido de:
<http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>

Minvivienda. (8 de junio de 2017). Resolución 330. Obtenido de
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71542>

MINAMBIENTE. (9 de mayo de 2007). Decreto 1575. Obtenido de
<http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>

MINAMBIENTE. (22 de junio de 2007). Resolución 2115. Obtenido de
http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

Alcaldía municipal de Macanal en Boyacá. Geografía. [En línea] Macanal (20/08/2018). Obtenido de: <http://www.macanal-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

CLIMATE-DATA.ORG. (2018). CLIMA: COLOMBIA. Obtenido de CLIMA: Macanal Boyacá: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/boyaca/macanal-49926/>

Ingeniería, manov (2012). Título Ampliación caudal autorizado Municipio Macanal-Boyacá. Editorial: Compañía de proyectos técnicos S.A.S

sedimentación. [En línea] PROCESOS UNITARIOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO

Ing. Lidia de Vargas (2016). Obtenido de

[http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/ma1_tomo1_c
ap3.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/ma1_tomo1_c
ap3.pdf)

Floculación. [En línea] FLOCULACIÓN, Wikipedia, (2018). Obtenido de
<https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

Filtración. [En línea] PROCESO DE FILTRACIÓN, Iagua, (2018). Obtenido de
[https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/hablemos-antracita-fundamental-
proceso-filtracion-agua](https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/hablemos-antracita-fundamental-
proceso-filtracion-agua)

16. ANEXOS

- Anteproyecto
- Información suministrada por parte del municipio de Macanal
- Plano del municipio
- Cálculos realizados.