

**DIAGNÓSTICO DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE VIOTÁ DESDE LAS  
BOCATOMAS HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

**PRESENTADO POR:**

**DIEGO FRANCISCO SILVA**

**CÓDIGO: 505743**

**EDUARD ANDRÉS AYALA GÓNGORA**

**CÓDIGO: 505996**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ, D.C.  
2019.**

**DIAGNÓSTICO DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE VIOTÁ DESDE LAS  
BOCATOMAS HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

**Trabajo de grado, modalidad práctica social, para optar por el título de  
Ingeniero Civil**

**PRESENTADO POR:**

**DIEGO FRANCISCO SILVA**

**CÓDIGO: 505743**

**EDUARD ANDRÉS AYALA GÓNGORA**

**CÓDIGO: 505996**

**Director**

**ING. JESUS ERNESTO TORRES QUINTERO**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BOGOTÁ, D.C.**

**2019.**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**  
Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### 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.

Nota de aceptación

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
ING. JESUS ERNESTO TORRES QUINTERO  
Director de Proyecto

\_\_\_\_\_  
Firma del presidente del Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

Bogotá D.C., mayo de 2019

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>TITULO</b> .....	<b>1</b>
1.1	ALTERNATIVA .....	1
1.2	LINEA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2.1	Eje temático .....	1
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
2.1	Objetivo General .....	2
2.2	Objetivos Específicos.....	2
<b>3.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>5.</b>	<b>PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>5</b>
5.1	Pregunta Problema para el Estudio .....	5
<b>6.</b>	<b>DELIMITACIÓN Y COORDENADAS</b> .....	<b>6</b>
6.1	ESPACIO.....	6
<b>7.</b>	<b>TIEMPO</b> .....	<b>7</b>
7.1	CONTENIDO .....	7
7.2	ALCANCE Y LIMITACIONES .....	7
7.2.1	ALCANCE .....	7
7.2.2	LIMITACIONES.....	7
<b>8.</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>8</b>
<b>9.</b>	<b>VISIÓN SOCIAL</b> .....	<b>16</b>
9.1	MEJORAMIENTO EN LA CALIDAD DEL AGUA .....	16
9.2	AUMENTO DEL SUMINISTRO .....	16
9.3	DESEMPEÑO ÓPTIMO DE LA PLANTA.....	16
<b>10.</b>	<b>MARCO DE REFERENCIA</b> .....	<b>17</b>
10.1	MARCO TEÓRICO.....	17
10.2	MARCO CONCEPTUAL .....	23
10.3	MARCO LEGAL.....	25
10.3.1	CONSTITUCIÓN POLÍTICA.....	25

10.3.2	RECURSO HÍDRICO .....	25
11	<i>METODOLOGÍA</i> .....	27
12	<i>PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN</i> .....	29
12.1	MÉTODO ARITMÉTICO .....	29
12.2	MÉTODO GEOMÉTRICO .....	31
12.3	MÉTODO EXPONENCIAL .....	33
12.4	PROYECCIÓN RESULTANTE .....	36
12.5	DOTACIÓN NETA Y BRUTA PARA LA POBLACIÓN PROYECTADA 38	
12.6	CAUDALES MEDIO DIARIOS, MÁXIMO HORARIO Y MÁXIMO DIARIO PARA LA POBLACIÓN PROYECTADA .....	39
13	<i>ANÁLISIS DEL RECURSO HÍDRICO</i> .....	40
13.1	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA .....	41
13.1.1	FACTORES DE FORMA .....	42
13.1.1.1	FACTOR DE HORTON.....	42
13.1.1.2	COEFICIENTE DE COMPACIDAD .....	42
13.1.1.3	RELACIÓN DE ELONGACIÓN .....	43
13.2	INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN .....	43
13.3	ANÁLISIS DEL RECURSO EN EL MUNICIPIO.....	45
14	<i>DIAGNOSTICO DEL ESTADO DE LAS BOCATOMAS</i> .....	47
14.1	BOCATOMA LAGUNA DEL INDIO .....	47
14.1.1	CÁMARA REGULADORA DE CAUDAL .....	48
14.2	BOCATOMA RIO LINDO .....	49
15	<i>DIAGNÓSTICO DEL DESARENADOR LAGUNA DEL INDIO</i> .....	51
16	<i>DIAGNÓSTICO DE LA CONDUCCIÓN BOCATOMA LAGUNA DEL INDIO</i> 53	
16.1	GENERALIDADES DEL RECORRIDO.....	53
16.1.1	CÁMARA DE QUIEBRE 1 .....	53
16.1.2	VIADUCTO 1 .....	54
16.1.3	VIADUCTO 2 .....	54
16.1.4	VIADUCTO 3.....	55

16.1.5	CÁMARA DE QUIEBRE 2 .....	55
16.1.6	VIADUCTO 4.....	56
16.1.7	VIADUCTO 5.....	57
16.1.8	VIADUCTO 6.....	57
16.1.9	CÁMARA DE QUIEBRE 3 .....	58
16.1.10	TEE .....	58
16.1.11	VENTOSA 1 .....	59
16.1.12	VIADUCTO 7.....	60
16.1.13	VIADUCTO 8.....	60
16.1.14.	FILTROS RÁPIDOS Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO ALTO DE LA TORRE .....	61
16.2	OBSERVACIONES DE CONDUCCIÓN DEL AGUA DE LA BOCATOMA DE LAGUNA DEL INDIO .....	63
17	<i>DIAGNÓSTICO DESARENADOR RÍO LINDO .....</i>	<i>64</i>
18	<i>DIAGNÓSTICO DE LA CONDUCCIÓN DE LA BOCATOMA RIO LINDO.</i>	<i>66</i>
18.1	GENERALIDADES DEL RECORRIDO.....	66
18.1.1	VENTOSA 1 .....	66
18.1.2	TUBERÍA SUPERFICIAL .....	66
18.1.3	TUBERÍA EXPUESTA.....	67
18.1.4	VIADUCTO 1 .....	67
18.1.5	CÁMARA DE QUIEBRE FUERA DE SERVICIO .....	68
18.1.6	CRUCE DE TUBERÍA .....	68
18.1.7	VIADUCTO 2.....	69
18.1.8	VIADUCTO 3.....	69
18.1.9	PURGA 1.....	70
18.1.10	VIADUCTO 5.....	70
18.1.11	VIADUCTO 6.....	71
18.1.12	RAMAL PUERTO FLORES .....	71
18.1.13	PURGA 2.....	72
18.1.14	VIADUCTO 8.....	72

18.1.15 VENTOSA 2. ....	73
	18.1.16 Purga 3. 74
18.2 OBSERVACIONES CONDUCCIÓN DEL AGUA DE LA BOCATOMA DE RÍO LINDO .....	74
19 <i>DIAGNÓSTICO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE</i>	75
20 <i>DIAGNÓSTICO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</i> .....	77
21 <i>DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DESDE LAS BOCATOMAS HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO</i> .....	78
21.1 DIAGNOSTICO BOCATOMA DESARENADOR Y CONDUCCIÓN LAGUNA DEL INDIO .....	78
21.2 DIAGNOSTICO BOCATOMA DESARENADOR Y CONDUCCIÓN LAGUNA DEL INDIO .....	81
22 <i>PROPUESTA DE MEJORAMIENTO</i> .....	85
22.1 Bocatoma y Desarenador Laguna del Indio .....	85
22.2 Bocatoma y Desarenador Río Lindo .....	87
23 <i>CONCLUSIONES</i> .....	89
24 <i>RECOMENDACIONES</i> .....	91
25 <i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	92
<i>ANEXO A. CALCULOS DE LAS NUEVAS ESTRUCTURAS</i> .....	94
<i>ANEXO B. PLANOS BOCATOMA Y DESARENADOR LAGUNA DEL INDIO</i> ....	95
<i>ANEXO C. PLANOS BOCATOMA Y DESARENADOR RIO LINDO</i> .....	96
<i>ANEXO D. PLANOS ACTUALES DE LAS ESTRUCTURAS BOCATOMA Y DESARENADOR LAGUNA DEL INDIO</i> .....	97
<i>ANEXO E. PLANOS ACTUALES DE LAS ESTRUCTURAS BOCATOMA Y DESARENADOR RIO LINDO</i> .....	98

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización Geográfica.....	6
Ilustración 2 Redes del acueducto de Viotá .....	8
Ilustración 3 Ríos del casco urbano de Viotá .....	11
Ilustración 4. Ríos de Viotá .....	11
Ilustración 5. Red acueducto Viotá.....	13
Ilustración 6. Obras de Captación.....	21
Ilustración 7. Marco conceptual .....	23
Ilustración 8. Fases del Proyecto .....	28
Ilustración 9 Proyección Método Aritmético .....	31
Ilustración 10 Proyección Método Geométrico.....	33
Ilustración 11 Proyección Población Método Exponencial .....	36
Ilustración 12. Población Censada.....	36
Ilustración 13. Relación de Proyecciones Poblacionales .....	37
Ilustración 14. Consolidado Proyección anual.....	37
Ilustración 15. Dotación bruta y dotación neta año a año.....	38
Ilustración 16. Caudales máximos diarios y horarios y caudal medio diario.....	39
Ilustración 17. Características Cuenca Rio Lindo.....	41
Ilustración 18. Forma de la cuenca Rio Lindo .....	41
Ilustración 19. Estaciones Próximas al Municipio de Viotá.....	43
Ilustración 20. Registro estación la Pola .....	44
Ilustración 21. Caudales Totales Mensuales Multianuales.....	45
Ilustración 22 Caudal Medio, Máximo, Mínimo Mensual Multianual .....	46
Ilustración 23. Bocatoma laguna del Indio .....	47
Ilustración 24. Cámara reguladora de caudal.....	48
Ilustración 25. Bocatoma rio Lindo.....	50
Ilustración 26. Desarenador laguna del Indio .....	52
Ilustración 27. Cámara de quiebre 1 .....	53
Ilustración 28. Viaducto 1.....	54
Ilustración 29. Viaducto 2.....	54
Ilustración 30. Viaducto 3.....	55
Ilustración 31. Cámara de quiebre 2 .....	56
Ilustración 32. Viaducto 4.....	56
Ilustración 33. Viaducto 5.....	57
Ilustración 34. Viaducto 6.....	57
Ilustración 35. Cámara de quiebre 3 .....	58
Ilustración 36. Tee .....	59
Ilustración 37. Ventosa 1.....	59
Ilustración 38. Viaducto 7.....	60



Ilustración 39. Viaducto 8.....	60
Ilustración 40. Filtros rápidos .....	61
Ilustración 41. Tanque de almacenamiento .....	62
Ilustración 42. Desarenador rio Lindo .....	64
Ilustración 43. Ventosa 1 "río Lindo" .....	66
Ilustración 44. Tubería superficial "rio lindo" .....	67
Ilustración 45. Tubería expuesta "río Lindo" .....	67
Ilustración 46. Viaducto 1. "rio lindo" .....	68
Ilustración 47. Cámara de quiebre "rio lindo" .....	68
Ilustración 48. Cruce de tubería "rio lindo" .....	69
Ilustración 49. Viaducto 2 "rio lindo".....	69
Ilustración 50. Viaducto 3 "Rio Lindo" .....	70
Ilustración 51. Purga 1 "rio lindo" .....	70
Ilustración 52. Viaducto 5 "rio lindo".....	71
Ilustración 53. Viaducto 6 "rio lindo".....	71
Ilustración 54. Ramal puerto flores "rio lindo" .....	72
Ilustración 55. Purga 2 "rio lindo" .....	72
Ilustración 56. Viaducto 8. "rio lindo".....	73
Ilustración 57. Ventosa 1 "rio lindo" .....	73
Ilustración 58. Purga 3 "rio lindo" .....	74
Ilustración 59. Plantas de Tratamiento.....	75
Ilustración 60. Planta de tratamiento.....	76
Ilustración 61. PTAP compactas.....	76
Ilustración 62. Tanques de almacenamiento "rio lindo".....	77
Ilustración 63. Corte Bocatoma actual laguna el indio .....	78
Ilustración 64. Planta bocatoma actual laguna el indio .....	79
Ilustración 65. Planta y corte desarenador actual laguna del indio .....	80
Ilustración 66. Corte bocatoma actual rio lindo .....	81
Ilustración 67. Planta bocatoma actual rio lindo.....	82
Ilustración 68. Corte y planta bocatoma actual rio lindo.....	83
Ilustración 69. Planos actuales bocatoma y desarenador laguna el indio .....	85
Ilustración 70. Diseño bocatoma y desarenador laguna el indio .....	86
Ilustración 71. Bocatoma y desarenador actual rio lindo.....	87
Ilustración 72. Diseño Bocatoma y desarenador rio lindo .....	88

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ríos que abastecen el acueducto del municipio .....	9
Tabla 2. Longitud y desembocadura de quebradas adyacentes a acueducto.....	9
Tabla 3. Condiciones de las estructuras .....	14
Tabla 4. Censos Realizados por el DANE .....	29
Tabla 5. Proyección Método Aritmético hasta 2031 .....	30
Tabla 6. Proyección Método Aritmético hasta 2043 .....	30
Tabla 7. Factor de crecimiento por año censado .....	32
Tabla 8. Proyección Método Geométrico hasta 2033 .....	32
Tabla 9. Proyección Método Geométrico hasta 2043 .....	33
Tabla 10. Factor Crecimiento Método Exponencial.....	34
Tabla 11. Proyección Método Exponencial hasta 2032 .....	35
Tabla 12. Proyección Población hasta 2043 .....	35
Tabla 13. Análisis del recurso hídrico .....	40
Tabla 14. Precipitación máxima, mínima y media mensual multianual .....	44
Tabla 15. Máxima, Mínima y Media Precipitación Mensual Multianual .....	45

## 1. TITULO

### **DIAGNÓSTICO DEL ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE VIOTÁ DESDE LAS BOCATOMAS HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO.**

#### **1.1 ALTERNATIVA**

**Práctica social- Saneamiento de comunidades:** es la Intervención por parte de los estudiantes mediante la realización de una propuesta orientada a presentar alternativas de mejoramiento de las condiciones de aducción de las aguas del acueducto del municipio de Viotá (Cundinamarca), como respuesta académica a las necesidades evidenciadas de la población.

#### **1.2 LINEA DE INVESTIGACIÓN**

Gestión y tecnologías para la sustentabilidad de las comunidades buscando prevenir y solucionar problemas ambientales del municipio (Saneamiento de comunidades).

##### **1.2.1 Eje temático**

Practica Social referente al acueducto de Viotá Cundinamarca.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Realizar estudio de Diagnóstico del funcionamiento de la captación, aducción y conducción de las aguas hasta las plantas de tratamiento del acueducto del municipio de Viotá-Cundinamarca.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Estudiar la hidrología de las cuencas que abastecen a la cabecera municipal, para encontrar los caudales con los que se cuenta para satisfacer las necesidades hídricas de la comunidad.
- Determinar la demanda de agua en el municipio de Viotá (Cundinamarca), los caudales medio diarios y máximo diario.
- Diagnosticar el estado de las bocatomas.
- Identificar las condiciones en las que se encuentra la aducción.
- Desarrollar estudios que nos permitan evaluar el estado de las estructuras del acueducto y de ser necesario plantear una optimización a las obras de las bocatomas, conducción y desarenador, mediante la determinación de los problemas que se presenten en estas.

### 3. INTRODUCCIÓN

Desde el principio de los tiempos se ha necesitado contar con agua potable por razones evidentes, los sistemas que permitan hacer esto han sido implementados desde la época del imperio romano, quienes construyeron estructuras tan bien pensadas que se han estudiado con técnicas modernas y como lo establece el artículo HYDRAULIC ENGINEERING AND ROMAN AQUEDUCTS: MODERN PERSPECTIVES

“el diseño hidráulico de varios acueductos romanos se vuelve a analizar utilizando los conocimientos de ingeniería hidráulica moderna. Se discute el funcionamiento del sistema de acueducto y se muestra que los acueductos estaban equipados con una serie de estructuras hidráulicas para el control de flujo y la disipación de energía”<sup>1</sup>, según lo anterior, sin conocimientos formales acerca de hidráulica consiguieron hacer este tipo de sistemas.

La disponibilidad del recurso hídrico es sin duda una de las tareas más complicadas de un territorio, y aunque sea una situación de vital importancia tiene complicaciones, las problemáticas actuales más complejas que afrontan muchos países del mundo, en la que intervienen distintos factores que van más allá de la creciente demanda de agua para el consumo, por ejemplo, el crecimiento poblacional, la contaminación y la sobreexplotación del recurso hídrico, que generan dificultades cada vez más notorias en calidad y continuidad del servicio de acueducto.

Las comunidades suelen tener complicaciones al momento de abastecer a sus habitantes de agua potable, a lo que nos referiremos como estrés hídrico, el cual definimos como “The water crisis refers to a global situation where people in many areas lack access to sufficient water, clean water, or both. This section describes the global situation involving water shortages, also called water stress”.<sup>2</sup> Por más desarrollado que sea un país esta situación se presenta, y en este orden de ideas, Colombia no es ajena a esta problemática a pesar de los avances y esfuerzos económicos que el país ha realizado en los últimos años para cumplir con los compromisos de los ODM (Objetivos de Desarrollo del Milenio), las coberturas nacionales no son suficientes, Viotá es un municipio del departamento de Cundinamarca que es ejemplo de lo anterior mencionado.

En este trabajo se pretende mostrar con ayuda de aspectos técnicos, y de acuerdo con la reglamentación vigente, las condiciones en las que se encuentra el acueducto del municipio de Viotá (Cundinamarca), desde las bocatomas hasta la planta de tratamiento, y dar una idea de la manera en la que se pueden solucionar los inconvenientes que se identifiquen.

---

<sup>1</sup> Chanson, H. (2015). HYDRAULIC ENGINEERING AND ROMAN AQUEDUCTS: MODERN.

<sup>2</sup> Mattheew R. Fisher Essentials of Environmental Science. Open Oregon Education Resource.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Para todas las comunidades es indispensable contar con agua potable para desarrollar sus actividades diarias, sin el agua se potencializa la posibilidad de presentar enfermedades, se propagan las infecciones, además de la afectación que tiene la siembra y las tareas agropecuarias. En Viotá se presentan problemas relacionados, según un estudio realizado por la Universidad Militar Nueva Granada publicado en 2014, titulado “ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO CALANDAIMA EN CUNDINAMARCA-COLOMBIA” en el cual se afirma que los municipios de Apulo, Anapoima, Tocaima y Viotá han venido sufriendo insuficiencias en el recurso hídrico para el consumo, además de no contar con la disponibilidad del Río Bogotá para satisfacer estas necesidades debido a su estado de contaminación; a esto se suma la llegada del fenómeno del niño al país, lo que ocasionará sequías, y es deber de los ingenieros civiles desarrollar métodos técnicos que permitan evitar las situaciones mencionadas.

Teniendo en cuenta las visitas, encuestas realizadas al prestador del servicio “EPV”, y lo informado por el representante legal del acueducto, actualmente, el prestador de servicio “EPV”, cuenta con una totalidad de 2316 usuarios a 2018, a los cuales se les garantiza el abastecimiento de agua actualmente. Sin embargo, de acuerdo a lo indicado en el certificado del censo de suscriptores para el año 2020 se tiene proyectado aumentar la capacidad de cobertura del sistema del 8%, teniendo en cuenta lo anterior se puede establecer que actualmente el sistema de acueducto tiene una cobertura total del 92%, esto deja de manifiesto la importancia de diagnosticar las condiciones necesarias para aumentar la cobertura<sup>3</sup>.

El sistema de acueducto, actualmente cuenta con una población estimada en el casco urbano para el año 2019 de 4.625 Hab, y un caudal medio diario de 13.13 L/s, mientras que al periodo de diseño (2043) contará con una población de 5.564 Hab y un caudal medio diario de 16.09 L/s, el cambio significativo que se presentará en unos años hace que sea relevante determinar las características actuales y optimizar su naturaleza para que el aumento poblacional no genere un déficit en los próximos años.

Según la información, “no se evidencio ningún tipo de fuga en el sistema de Acueducto, sin embargo, se presentan las conexiones ilegales encontradas en el sistema y es necesario conocer cómo hacer legal todos los procesos para evitar complicaciones, lo que hace cambiar el trayecto de la aducción”.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> (INGENIERÍA Y CONSULTORÍA NACIONAL INALCON S.A.S., 2017)

## 5. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La pobreza y las limitaciones económicas en las que viven sectores de la comunidad de Viotá, han provocado la construcción e instalaciones de acueductos, que no cumplen con las condiciones técnicas estructurales que aseguren una captación, aducción y conducción adecuada de las aguas de las cuales hacen uso, por tanto, se necesita garantizar el correcto tratamiento del recurso desde las bocatomas hasta que son procesadas en la planta de tratamiento, y así dar fin con esta problemática.

Los acueductos existentes han sido construidos con esfuerzos comunitarios, en procura de suplir una de sus necesidades, como lo es el de lograr garantizar el debido suministro de agua potable y la calidad de esta.

De acuerdo con un estudio de caso publicado en la revista de la Universidad Distrital “muestra los aspectos técnicos, operativos y ambientales del sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de Viotá, departamento de Cundinamarca, el cual está expuesto a sufrir dificultades en la prestación del servicio si no se toman las medidas necesarias para mejorar su funcionamiento.”<sup>4</sup>, queda de manifiesto la posibilidad de que el acueducto no preste el servicio de manera óptima lo que traerá posibles complicaciones en todos los ambientes del municipio de Viotá.

### 5.1 Pregunta Problema para el Estudio

¿Es indispensable proponer alternativas de mejoramiento para la bocatoma, aducción y desarenador del sistema de acueducto de Viotá, con el fin de garantizar su correcto funcionamiento actual?

---

<sup>4</sup> <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tecges/article/view/8284/10703>

## 6. DELIMITACIÓN Y COORDENADAS

### 6.1 ESPACIO

El estudio se realizó en el acueducto del municipio de Viotá (Cundinamarca) el cual actualmente recoge sus aguas de la quebrada que emerge hacia el Río Ruicito, a partir del nacimiento de agua Laguna del Indio, a una altura aproximada de 1650 msnm sobre el cerro Pan de Azúcar, la segunda La cuenca de río Lindo hace parte de la quebrada descrita con este mismo nombre, la cual nace a una altura aproximada de 1787 msnm.

El municipio de Viotá se encuentra ubicado al sur occidente del departamento de Cundinamarca, sobre el piedemonte de la cordillera oriental, a 86 kilómetros de Bogotá. Se localiza en las coordenadas geográficas 4°27'00" de latitud norte y 74°32'00" de longitud oeste. En la ilustración 1 podemos ver la localización geográfica del municipio.

Cuenta con una superficie de 20.800 hectáreas, de las cuales 20.667 son de área rural y 133 son urbanas, se encuentra en la parte sur de la provincia del Tequendama la cual se encuentra integrada por 10 municipios los cuales son: Anapoima, Anolaima, Cachipay, El colegio, La Mesa, Quipile, San Antonio del Tequendama, Tena y Viotá.

#### **Los límites del municipio son los siguientes:**

Norte: Apulo, Anapoima y El Colegio.  
Sur: Nilo y Tocaima.  
Oriente: Sylvania, Tibacuy y Granada.  
Occidente: Tocaima.

*Ilustración 1. Localización Geográfica*



*Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial, Viotá-Cundinamarca*



## **7. TIEMPO**

El tiempo corresponde al semestre académico de los estudiantes al cursar la materia de trabajo de grado, es decir, desde noviembre 2018 hasta los cuatro meses del primer semestre de 2019.

### **7.1 CONTENIDO**

El estudio se enfoca en hacer propuestas para la optimización del proceso de captación, aducción, y conducción del agua hasta la planta de tratamiento del sistema de acueducto del municipio, basado en los conocimientos adquiridos a lo largo del pregrado. Además, se emplean artículos y archivos que permiten que las propuestas sean objetivas, enriqueciendo a su vez la formación profesional de los estudiantes.

### **7.2 ALCANCE Y LIMITACIONES**

#### **7.2.1 ALCANCE**

Con este estudio se presenta un diagnóstico de las bocatomas, las aducciones, los desarenadores y las plantas de tratamiento que conforman el sistema del acueducto municipal.

Se definen las complicaciones evidenciadas a través de la información recolectada en las fuentes de investigación, así como en las visitas técnicas que se realizaron. Generando con lo anterior un estudio que produzca un beneficio para la población de Viotá y veredas cercanas a las que el servicio de acueducto tenga acceso.

#### **7.2.2 LIMITACIONES**

Dentro de los aspectos que se pueden presentar identificamos varios factores los cuales pueden limitar el desarrollo del proyecto, el acceso al sistema, se espera que se nos permita la entrada y no se presenten inconvenientes al realizar las visitas técnicas. Esto se puede presentar por mantenimiento o diversas condiciones ajenas a nuestra voluntad.

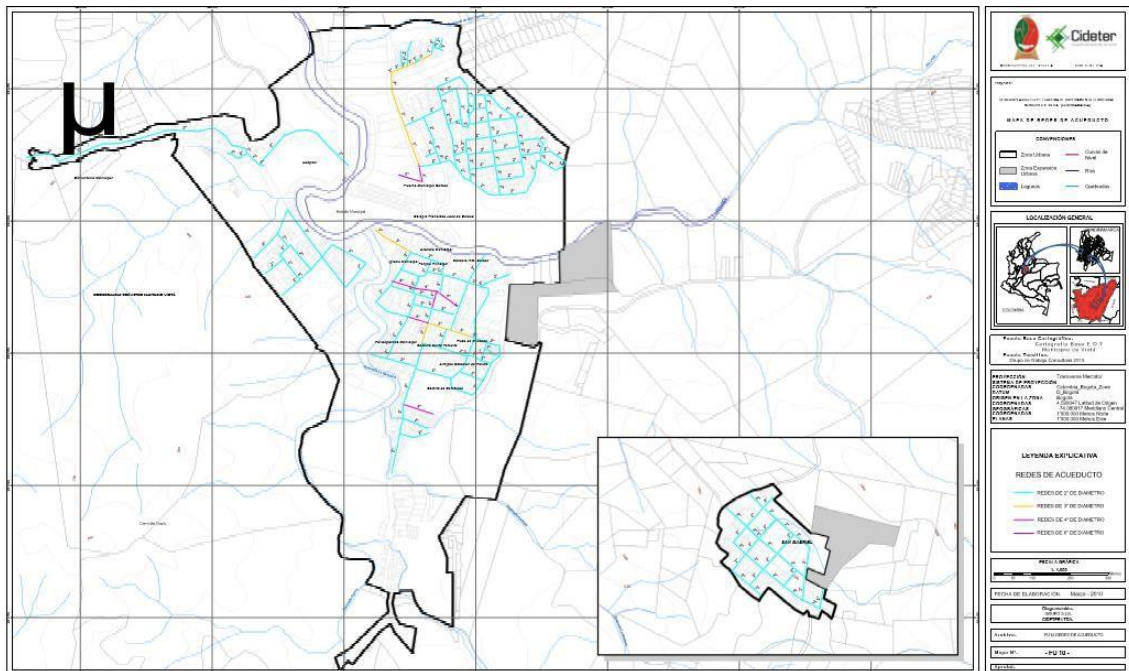
Otra limitación es el tiempo del desarrollo del trabajo de grado, pues las fechas de presentación nos obligan a agilizar los procesos, pues se perjudicaría el cronograma y la cabecera del municipio se verá afectada. Finalmente, una limitación importante es el presupuesto ya estipulado.

## 8. ANTECEDENTES

Según datos obtenidos del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Viotá (2016 – 2020), para la comunidad es más importante trabajar en el desarrollo del acueducto ya que un 17% de la población se queja por la falta de cobertura de agua siendo este uno de los problemas principales del territorio.

Otro de los problemas que ha podido evidenciar la secretaria de infraestructura y planeación, es la necesidad de mejorar las redes del acueducto municipal, (véase ilustración 2), ya que según estudio realizados en marzo de 1995 se encuentran problemas en cuestión de la potabilización del agua para el consumo humano.

*Ilustración 2 Redes del acueducto de Viotá*



*Fuente: Cideter. Diagnóstico actualización del EOT 2011.*

Debido a que estos estudios se encuentran muy desactualizados se deben gestionar los recursos necesarios para poder realizar unos nuevos estudios y así poder tener tomar las acciones más adecuadas en el tema de potabilización del agua del municipio.

Por otra parte, el municipio deberá iniciar los procesos necesarios para adquirir una planta de tratamiento de aguas residuales “PTAR”. Con el fin de evitar la

contaminación de su recurso hídrico, adicional debe incentivar la construcción de sistemas de pre-tratamiento de aguas residuales como lo son las cajas de inspección, pozos sépticos, trampas de grasa. etc. <sup>5</sup>

La hidrología del municipio de Viotá se encuentra conformada por las siguientes cuencas y microcuencas (véase tabla 1 y tabla 2), las cuales nombran las principales fuentes que riegan el municipio. (Véase ilustraciones 3 y 4) donde se muestran los ríos del casco urbano y del municipio en general.

*Tabla 1. Ríos que abastecen el acueducto del municipio*

NOMBRE	LONGITUD (m)	DESEMBOCA EN
Rio Lindo	13352	Rio Calandaima
Rio Calandaima		Rio Bogotá

*Fuente: Plan de desarrollo territorial*

*Tabla 2. Longitud y desembocadura de quebradas adyacentes a acueducto*

NOMBRE	LONGITUD (m)	DESEMBOCA EN
Q. Cahimbulo		
Q. Chorro la ladera	4008	Rio Lindo
Q. De alto grande	1119	Rio Lindo
Q. Del Gis	1163	
Q. Grande	5478	Rio Calandaima
Q. Guamuchal	2092	Q. la ruidosa
Q. Guanabana		
Q. Honda		
Q. La Caucha	2637	Q. Grande
Q. La Juana	4956	Rio Lindo
Q. La Maquina	4424	Rio Lindo

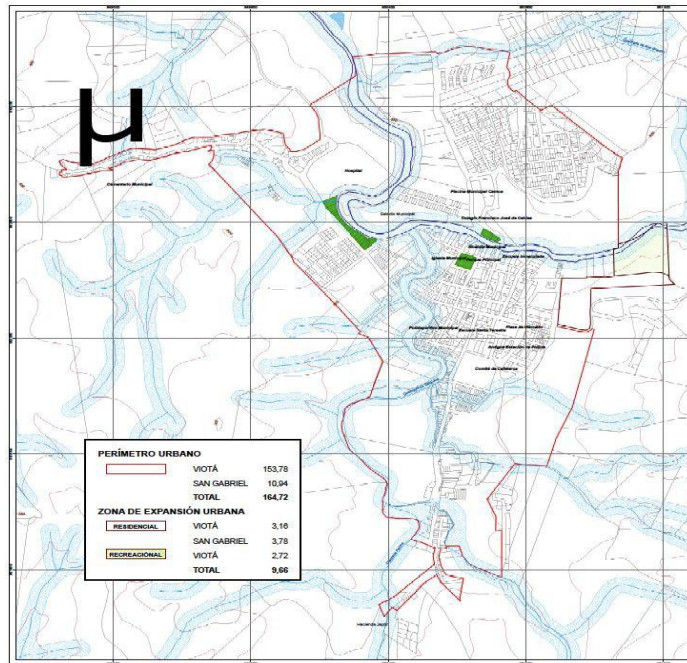
<sup>5</sup> Orarbo. (2018). Obtenido de <https://www.orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/plan-de-desarrollo-municipal-de-viota-2016-2020>

Continuacion tabla 2

NOMBRE	LONGITUD (m)	DESEMBOCA EN
Q. La María	1905	
Q. La Modelia	3517	Q. Grande
Q. La Mona	5290	
Q. La Neptuna	7380	Q. Tuno
Q. La Ruidosa	6527	Rio Calandaima
Q. La San Juana	930	
Q. La Soledad	6111	Rio Lindo
Q. La Torcasa	1401	Rio Calandaima
Q. Pilama	6672	Rio Lindo
Q. Ruicito 1	1972	Q. Chorro la Ladera
Q. Ruicito 2	3385	
Q. Ruidosa	6983	Q. La Maquina
Q. Seca	4846	Rio Calandaima
Q. Tuno	6173	Rio Calandaima
Q. Santa Isabel	2891	Rio Calandaima

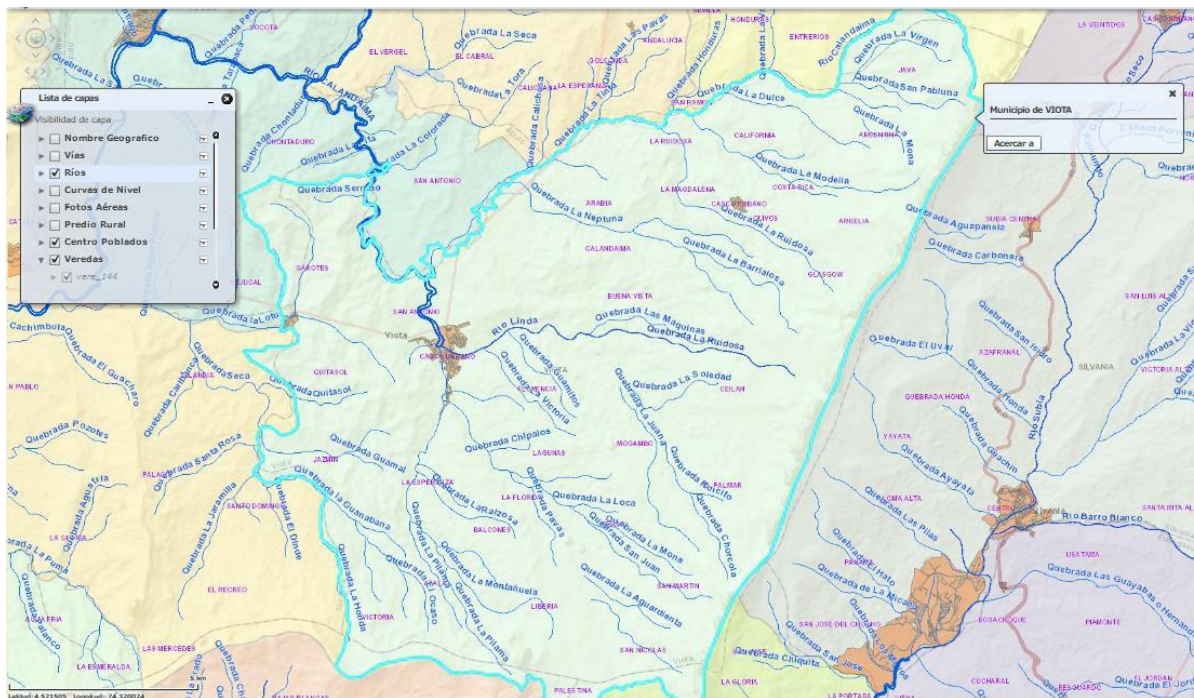
*Fuente: Plan de desarrollo territorial*

Ilustración 3 Ríos del casco urbano de Viotá



Fuente: Diagnóstico EOT. Secretaría de infraestructura

Ilustración 4. Ríos de Viotá



Fuente: [http://mapas.cundinamarca.gov.co/flexviewers/20140808\\_Veredal/](http://mapas.cundinamarca.gov.co/flexviewers/20140808_Veredal/)



Actualmente el acueducto municipal de Viotá, capta sus aguas del río Lindo y la quebrada el indio, cuyas aguas provienen del Río Ruicito. El sistema encargado de captar el agua en el río Lindo es una bocatoma lateral y se encuentra ubicada en la margen derecha del río, 20 metros arriba de donde confluyen los ríos Lindo y Ruicito, su cota es de 982.17 msnm, pero debido a que aguas más arriba existen múltiples tomas de particulares, esta fuente no se utiliza ya que no se puede contar con un régimen constante de caudal en el momento de la captación. La segunda fuente de captación que es la quebrada el indio, está compuesta por una bocatoma de fondo que se ubica a los 1.637 msnm en la vereda el Palmar.

Este sistema cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable a donde llega un caudal total de 16 l/s. Cada una de estas plantas trata 8 l/s, estas plantas son de tipo compactas con proceso de dosificación de productos químicos, mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración. Además de esto, existen dosificadores para cloro, sulfato y soda. Los cilindros de las unidades de tratamiento tienen un diámetro de 5.20 metros y su altura es de 4.60 metros y sobre las tuberías de llegada podemos encontrar dos válvulas las cuales van a permitir el paso directo del agua hacia los tanques y la operación de una sola de las unidades o de las dos en forma simultánea.<sup>6</sup>

En resumen, el sistema de acueducto urbano se encuentra compuesto por los siguientes componentes:

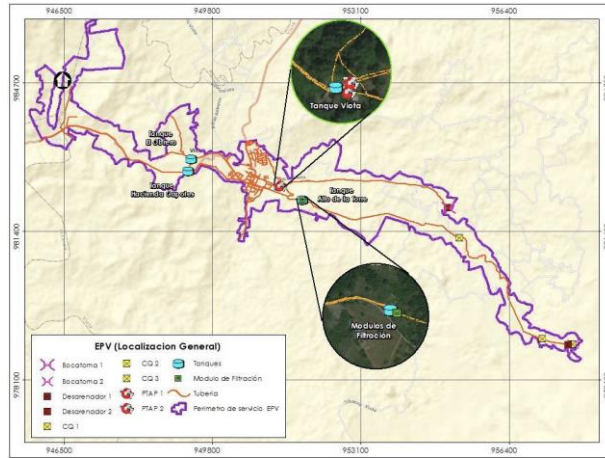
- 2 Bocatomas.
- 2 Desarenadores.
- 1 Estructura de filtro rápido.
- 2 PTAP.
- 4 Tanques de almacenamiento.

(Véase ilustración 5), en la cual se muestra un esquema de la ubicación de las diferentes estructuras que conforman el acueducto del municipio de Viotá.

---

<sup>6</sup> inalcon. (2018). *Estudios y diseños de las redes de aducción entre el embalse calandaima y algunos acueductos urbanos y veredales de los municipios de el colegio, apulo, viotá y anapoima*. Departamento de cundinamarca.

*Ilustración 5. Red acueducto Viotá*



*Fuente: INALCON S.A.S. 2018*

El acueducto para el municipio de Viotá al año 2019 cuenta con una población estimada de 4.625 habitantes y un caudal medio diario de 13.13 l/s. Y según al periodo de diseño del acueducto año 2043, tendrá una población estimada de 5.564 habitantes, con un caudal de 16.09 l/s. Debido al incremento de población al cual se proyecta, se busca evaluar la infraestructura actual que conforma el acueducto para así efectuar un diagnóstico que busque identificar las condiciones de operatividad al año de proyección de las estructuras, si estas estructuras no llegasen a estar en un buen estado se pretende realizar un diseño de optimización al sistema de acueducto.

Al año 2018 el acueducto de Viotá cuenta con 2316 usuarios, a los cuales se les está garantizando el servicio de agua potable, en la actualidad este acueducto tiene una cobertura del 92% y se espera que para el año 2020 tenga un incremento del 8%. El acueducto del casco urbano de Viotá presta un servicio las 24 horas del día, en ocasiones cuando se presentan daños en el sistema, se deben hacer cortes del servicio durante unas dos horas mientras se realizan los trabajos pertinentes para poder colocar de nuevo en operación el sistema.

En el sistema de acueducto, se cuenta con dos fontaneros y dos operarios en la PTAP.

En épocas de invierno el sistema se colmata impidiendo así el flujo continuo del recurso hídrico, esto ocurre debido a que las estructuras de captación no se encuentran en las mejores condiciones permitiendo así el paso de cualquier elemento, otro factor que afecta al sistema son las actividades agrícolas y agropecuarias que se realizan en la zona pues estas afectan la calidad del agua.

A continuación se mencionan las características actuales de cada una de las estructuras que conforman este acueducto el cual se encuentra en funcionamiento desde hace 25 años aproximadamente (Véase tabla 3).

*Tabla 3. Condiciones de las estructuras*

<b>ESTRUCTURA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Bocatoma laguna el Indio	Es una bocatoma de fondo, la cual se encuentra en regular estado debido a que no se le realiza un mantenimiento periódico el cual ayudaría a preservar la estructura.
Bocatoma Rio Lindo	La bocatoma de rio lindo es de tipo lateral, la cual se encuentra en muy mal estado, no cuenta con una rejilla la cual impida el paso de materiales que puedan afectar la calidad del agua y la tubería de aducción se encuentra rota por la parte de abajo lo cual hace que el caudal que llegue al desarenador no sea el indicado.
Desarenador Laguna el Indio	Este desarenador es de flujo horizontal el cual se encuentra en mal estado, la tubería que llega del desarenador entra por la parte superior de él, tampoco cuenta con un vertedero ni con una pantalla de salida para que ayude a evitar el paso de materiales que puedan obstaculizar la tubería de salida, de igual manera este desarenador no se encuentra cubierto lo cual facilita que ingrese cualquier cosa o animal. El día que se realizó la visita al desarenador había caído un pedazo de tabla el cual tapo la tubería de salida haciendo con esto que el flujo que debería llegar a las plantas de tratamiento no fuera el indicado.
Desarenador Rio Lindo	Este desarenador es de flujo horizontal el cual se encuentra en mal estado, la tubería que llega del desarenador es de 8"pero no conecta directamente a él lo cual hace que el agua coja por distintos caminos incluso por encima del desarenador cuando hay un caudal elevado; aunque este desarenador no presenta filtraciones en la estructura, este se encuentra incompleta ya que la gente de la región daña y bota las tapas de este, permitiendo con esto que ingrese a la estructura cualquier elemento o animal lo cual puede afectar la calidad del agua.
Línea de Conducción	A lo largo de la red de conducción se pueden ver varias conexiones ilegales que la gente realiza para llevar agua a sus finca lo cual afecta el caudal requerido en las plantas de



Continuacion Tabla 3

ESTRUCTURA	CARACTERÍSTICAS
	tratamiento, también se puede evidenciar un deslizamiento 580 metros antes de llegar a la planta.
Planta de tratamiento	El sistema cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable tipo compactas, el día que se realizó la visita, la planta #2 se encontraba fuera de servicio por que presentaba filtraciones.
Tanque alto de la torre	Este tanque tiene una capacidad de 380m <sup>3</sup> y no cuenta con macromedidores. Este tanque distribuye su caudal a la planta de tratamiento, para que posteriormente reciba un tratamiento adecuado y finalmente se almacena en los dos tanque que se encuentran allí
Tanque Viotá	Este tanque tiene una capacidad de 572m <sup>3</sup> , el cual se encuentra en buen estado; a este tanque llega una tubería de 4" y tiene una tubería de salida de 10". Este tanque se encuentra ubicado en el mismo lugar donde se encuentran las plantas de tratamiento de agua potable.
Tanque Hacienda Capotes	Tiene un volumen de 7.3m <sup>3</sup> , el cual se encuentra en buen estado, tiene una tubería de entrada de 4" y una de salida de 10". Según lo que nos informó el señor que trabaja aquí, la estructura no se encuentra en funcionamiento ya que el agua pasa por medio de un By pass para dirigir el recurso hacia el tanque obrero.
Tanque Obrero	Tiene un volumen de 24 m <sup>3</sup> , la estructura se encuentra en un estado regular y se encuentra un poco enterrada. Este tanque abastece de agua al barrio Obrero.

*Fuente: Propia.*

## **9. VISIÓN SOCIAL**

### **9.1 MEJORAMIENTO EN LA CALIDAD DEL AGUA.**

El estado en el que se encuentra el acueducto del municipio de Viotá hace que las condiciones en las que se entregue el agua a los usuarios no sean las adecuadas, con este trabajo se pretende determinar las posibles mejoras tales que hagan del agua la ideal para que las comunidades favorecidas por el acueducto no presenten inconvenientes a nivel de salud, ni que sean víctimas de infecciones.

### **9.2 AUMENTO DEL SUMINISTRO**

Como es natural, el aumento en la temperatura hace que la población haga uso del recurso hídrico en mayor medida, de igual manera, la demanda de agua no es la misma a lo largo de un día y mucho menos, todos los días. Es deber de los ingenieros civiles hacer que todas estas demandas sean suplidas de forma adecuada, aquí se verá una propuesta que ayude a solucionar este tipo de complicaciones.

### **9.3 DESEMPEÑO ÓPTIMO DE LA PLANTA**

La calidad del agua está ligada a su proveniencia, es decir, de donde ha sido captada, en este orden de ideas se pretende determinar si el caudal captado es el indicado para poder suplir las necesidades de agua potable que requiere la población del casco urbano.

## 10. MARCO DE REFERENCIA

### 10.1 MARCO TEÓRICO

Contar con un sistema de abastecimiento de agua es deseado por todas comunidades rurales, debido a que, en distintas ocasiones para conseguir agua deben recorrer kilómetros de distancia y en condiciones difíciles en cuanto a transporte, además, cuando la consiguen no cumple con los estándares de calidad para el consumo humano. Es claro que si una comunidad, independientemente de su tamaño, quiere tener un desarrollo social y económico adecuado, es importante que cuente, como mínimo, con un servicio de acueducto y alcantarillado.

Por esto es fundamental el trabajo que realizan los ingenieros civiles, ya que con el profesionalismo dan solución a este tipo de inconvenientes. Es tal la importancia que tiene un acueducto en una comunidad que por falta de éste las afectaciones se propagan en entornos diferentes, como es, la salud y la economía.

Como lo que se pretende es conseguir el suministro de agua potable para una comunidad, se requiere llevar a cabo trabajos de obras hidráulicas; para así lograr captar el agua, conducirla, purificarla, almacenarla y distribuirla. Es debido a esto que los acueductos se han convertido en una de las obras de mayor importancia para el desarrollo de las comunidades.<sup>7</sup>

Un acueducto es una construcción que tiene como finalidad mejorar la calidad del agua que capta y conducirla hasta un punto, para que las personas puedan tener acceso a esta y consumirla sin ningún inconveniente. El acueducto se compone por un conducto exclusivo para el transporte del agua y no para otros elementos como el transporte de personas u objetos. Los acueductos más famosos son los que hoy en día todavía se mantienen en pie y se encuentran ubicados en gran parte de Europa, estos fueron construidos por el imperio Romano en su periodo de máximo poder. Estos acueductos que en ocasiones los podemos confundir como puentes fueron construidos completamente en piedra y se consideran como obras maestras de la ingeniería.

Los acueductos dependiendo a cada situación, distancia a recorrer y tipo de terreno, pueden ser de diferentes formas. Las formas más comunes que podemos encontrar son las que asemejan puentes que unen distancias bastantes importantes, estos acueductos tienen por lo general grandes alturas y por ellos corre constantemente agua.

---

<sup>7</sup> Alfredo, L. C. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Otros acueductos que también ha desarrollado el hombre tienen formas más primitivas como simples surcos en el terreno que crean atajos o desviaciones de un curso de agua natural como lo puede ser un río hacia el espacio donde el agua es necesitada.

Otra forma más moderna que podemos encontrar para realizar el transporte del agua es aquella en donde se construye con materiales más resistentes, duraderos y modernos como metales. Finalmente, se encuentran acueductos que pueden estar entubados o ser pozos que se crean en profundidad para poder extraer el agua desde el interior de la tierra. Todos estos tipos de construcciones forman parte de la ingeniería y muchos de ellos se encuentran genialmente ejecutados.

Es necesario contar con un sistema de abastecimiento el cual se encarga de recoger el agua desde la fuente de captación, puede ser un nacimiento de agua, un pozo o un río; para luego ser transportada a través de tuberías a cada una de las viviendas.

Este sistema se encuentra conformado por diferentes elementos y componentes de la obra física al igual que las diferentes actividades que se realizan para dar un adecuado tratamiento al agua. Para diseñar, construir y administrar un acueducto se deberá realizar una planificación con mucho cuidado para poder garantizar que el agua que se suministra a cada uno de los hogares, sea un agua limpia y de calidad para el consumo humano. Como un beneficio adicional los sistemas de abastecimiento tienen la capacidad de ahorrar tiempo y esfuerzo en la conducción.

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de un acueducto es necesario saber calcular la presión, la velocidad, los tamaños de la tubería y la mejor ubicación de esta. Además, es necesario contemplar estudios topográficos de la región, para así conocer distancias, altitudes y la localización de las diferentes viviendas a donde se desea llevar el agua.

Cabe recordar que para la etapa de diseño y construcción de un acueducto es de suma importancia tener la asesoría de profesionales o técnicos especializados, ya que ellos son los que ayudan a determinar cuál será el camino más indicado dependiendo de las características de la zona y la ubicación de la fuente del agua.<sup>8</sup>

Ahora, se pretende introducir una noción general del funcionamiento de las tuberías y de los acueductos, con ayuda de teorías ya formuladas.

“La ecuación de Bernoulli, se puede considerar como una apropiada declaración del principio de la conservación de la energía, para el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que normalmente evocamos con el término "efecto de Bernoulli", es el descenso de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor. Este descenso de presión por un estrechamiento de una vía de flujo puede parecer contradictorio, pero no tanto cuando se considera la presión como

---

<sup>8</sup> Maritza, B. M. (12 de Noviembre de 2010). Obtenido de [https://cmsdata.iucn.org/downloads/3\\_5\\_fasciculo\\_4\\_operacion\\_y\\_mantenimiento.pdf](https://cmsdata.iucn.org/downloads/3_5_fasciculo_4_operacion_y_mantenimiento.pdf)

una densidad de energía. En el flujo de alta velocidad a través de un estrechamiento, se debe incrementar la energía cinética, a expensas de la energía de presión”<sup>9</sup>.

“En 1856, Darcy descubrió que la tasa de flujo Q (volumen / unidad de tiempo) es (i) proporcional al área A de la sección transversal del suelo considerado; (ii) proporcional a la diferencia en la cabeza total  $Dh = (h_1 - h_2)$  sobre la longitud L sobre la cual tiene lugar el flujo de fluido, y (iii) inversamente proporcional a esa longitud L.”<sup>10</sup> Matemáticamente se escribe

$$h = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

Además, se encuentra la ecuación de Hazen que es una herramienta que es una ecuación empírica que aproxima a la ecuación anterior. Esta se aplica satisfactoriamente a cualquier conducto o material: acero, concreto, plomo, estaño, hierro forjado, hierro fundido, latón, madera, ladrillo y vidrio. Pero solo funciona para agua a temperaturas ordinarias. Se expresa como

$$V = 0.8494 C R H^{4.56} S^{4.89}$$

Dentro de la información necesaria se menciona la continuidad, de la cual se encontró, según un instituto de física de los estados unidos, que la ecuación de continuidad establece que para un fluido incompresible que fluye en un tubo de sección transversal variable, el caudal másico es el mismo en todo el tubo. La velocidad de flujo másico es simplemente la velocidad a la que los flujos de masa pasan por un punto determinado, por lo que son los flujos de masa total divididos por el intervalo de tiempo.<sup>11</sup>

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Se conoce que el sistema de acueducto está conformado por las obras y estructuras encargadas de la captación, conducción, almacenamiento y distribución del agua potable en la comunidad. La captación se realiza mediante una estructura denominada bocatoma, la cual se selecciona de acuerdo a los aspectos físicos de la fuente de suministro. Generalmente se construye una estructura de

<sup>9</sup> Giles, R. V. (2009). *Mecánica de Fluidos*. Barcelona: Shawm-Mcgraw.

<sup>10</sup> Narsilio, G. A. (2009). Upscaling of Navier–Stokes equations in porous media: Theoretical, numerical. *ELSEVIER*, 1-2.

<sup>11</sup> <http://physics.bu.edu/~duffy/py105/Bernoulli.html>

sedimentación adecuada lo más cerca posible a la bocatoma y tiene como objetivo realizar un tratamiento primario, de tal forma que permite eliminar las partículas de tamaño arena.<sup>12</sup>

Dentro de los elementos del acueducto la estructura de interés en este estudio es el desarenador, entre otros. El desarenador es un tanque sedimentador cuyas dimensiones dependen del caudal de diseño de la toma, de la distribución granulométrica de los sedimentos en suspensión que transporta la corriente natural y de la eficiencia de remoción, la cual oscila entre el 60 y el 80% del sedimento que entra al tanque.

### **TIPOS DE ACUEDUCTOS:**

- **Acueducto por gravedad:**

Para este tipo de acueductos la fuente de donde se capta el agua deberá estar ubicada en una parte más alta de donde se encuentra la comunidad, desde el punto de captación el agua deberá bajar por gravedad hasta el lugar donde se encuentran los tanques de almacenamiento.

En este sistema se requiere solo el uso de válvulas para poder controlar el caudal y así poder garantizar correcto servicio a todos los usuarios.

- **Acueducto por bombeo:**

Estos acueductos son esenciales cuando la comunidad se encuentra ubicada en un nivel más alto al punto de captación, en estos sistemas se utilizan bombas para poder llevar el agua hasta los tanques de almacenamiento; una vez que el agua se encuentre en los tanques, esta es distribuida por gravedad a toda la comunidad.

### **OBRAS DE CAPTACIÓN:**

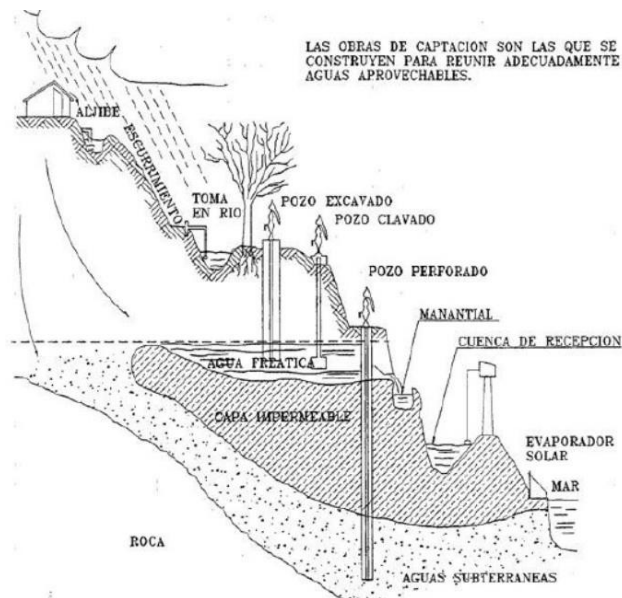
Las obras de captación son aquellas construcciones que se realizan para retener el agua y darle una disposición adecuada. Estas obras pueden ser superficiales o subterráneas, variando de acuerdo con la naturaleza de las fuentes de abastecimiento, localización o magnitud. Los diseños que se realicen de obras de captación deben proveer la posibilidad de contaminación del agua.<sup>13</sup> (Véase ilustración 6).

---

<sup>12</sup> Duran, I. F. (2005). *Curso de acueductos y alcantarillados con uso de multimedia*. Bogotá: universidad militar nueva grande.

<sup>13</sup> Diego Rincon Academia.edu, (2018)

### Ilustración 6. Obras de Captación



Fuente: [http://www.academia.edu/8942794/Obras\\_De\\_Captacion](http://www.academia.edu/8942794/Obras_De_Captacion)

### OBRAS PARA EL TRANSPORTE DEL AGUA:

Para un proyecto de acueducto se presentan diferentes necesidades de transporte de agua. De esto depende el tipo de fluido que se desea transportar, ya que se puede transportar agua cruda, es decir, que no tiene ningún tipo de tratamiento; a este tipo de transporte de agua se le conoce comúnmente como aducción, también se puede presentar el caso donde se transporte agua potable es decir agua tratada, este evento se conoce como conducción.

El transporte de agua se puede realizar por medio de tuberías, conductos a presión o por gravedad esto depende de las condiciones que tenga el terreno, en las aducciones al tratarse de agua cruda, se puede realizar por medio de un conducto abierto o cerrado y las conducciones por ser agua tratada, estrictamente se debe realizar con conductos cerrados normalmente se utilizan tuberías que trabajan a una presión mayor que la atmosférica.

### TRATAMIENTO DEL AGUA:

Como es bien sabido el agua en su estado natural no es apta para el consumo humano y teniendo en cuenta que el agua es vía de transporte de contaminantes químicos y biológicos que pueden provocar enfermedades de diversa gravedad, es por esto que se hace imprescindible analizar la calidad de las aguas mediante análisis químicos y bacteriológicos. Los resultados de estos análisis indican con que

agua se cuenta y cuando se comparan con los parámetros de las normas de provisión de agua se ven las falencias que tienen las aguas que usadas. Así que el agua siempre va a requerir que se le realice un tratamiento de cloración, con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante la conducción de agua.<sup>14</sup>

### **ALMACENAMIENTO:**

Uno de los aspectos más importantes en el momento de suministrar agua potable a una determinada comunidad, es la del almacenamiento y regulación esto debido a que el caudal de captación no es constante y los caudales de demanda de la comunidad tampoco lo son, es por esto que se requiere contar con un tanque de almacenamiento el cual tiene como finalidad almacenar agua para los periodos donde la demanda es menor que el suministro para utilizarla cuando la comunidad necesita una cantidad mayor de este líquido.<sup>15</sup>

Dentro del almacenamiento se evidencia que esto no es sencillo debido a que las cargas que produce el agua son mucho mayores a las trabajadas usualmente, se afirma que "El modo de falla del tanque de almacenamiento sometido a una fuerza sísmica varía en cada tipo estructural, derivándose el coeficiente de característica estructural (Ds) de la relación entre el modo de falla y la energía sísmica transferida, y acumulada en la estructura"<sup>16</sup>

### **DISTRIBUCIÓN:**

Los sistemas de distribución se encargan de transportar el agua desde la fuente de abastecimiento o las plantas de tratamiento hasta donde las personas la van a consumir. Toda distribución de agua requiere de una infraestructura las cuales pueden variar desde complejos sistemas de tuberías, hasta sencillos contenedores de agua. Toda infraestructura que se realice por sencilla que pueda llegar a ser, tendrá costos elevados. Además, el agua en cualquier sistema de distribución puede correr el riesgo de contaminarse si no se protegen y monitorean adecuadamente las fuentes, si no se operan correctamente las plantas de tratamiento o si no se realiza el mantenimiento correspondiente.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup>[https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitul](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitul)

<sup>15</sup> Iagua. (18 de Noviembre de 2018). Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/almacenamiento-y-regulacion-agua-sistema-distribucion>

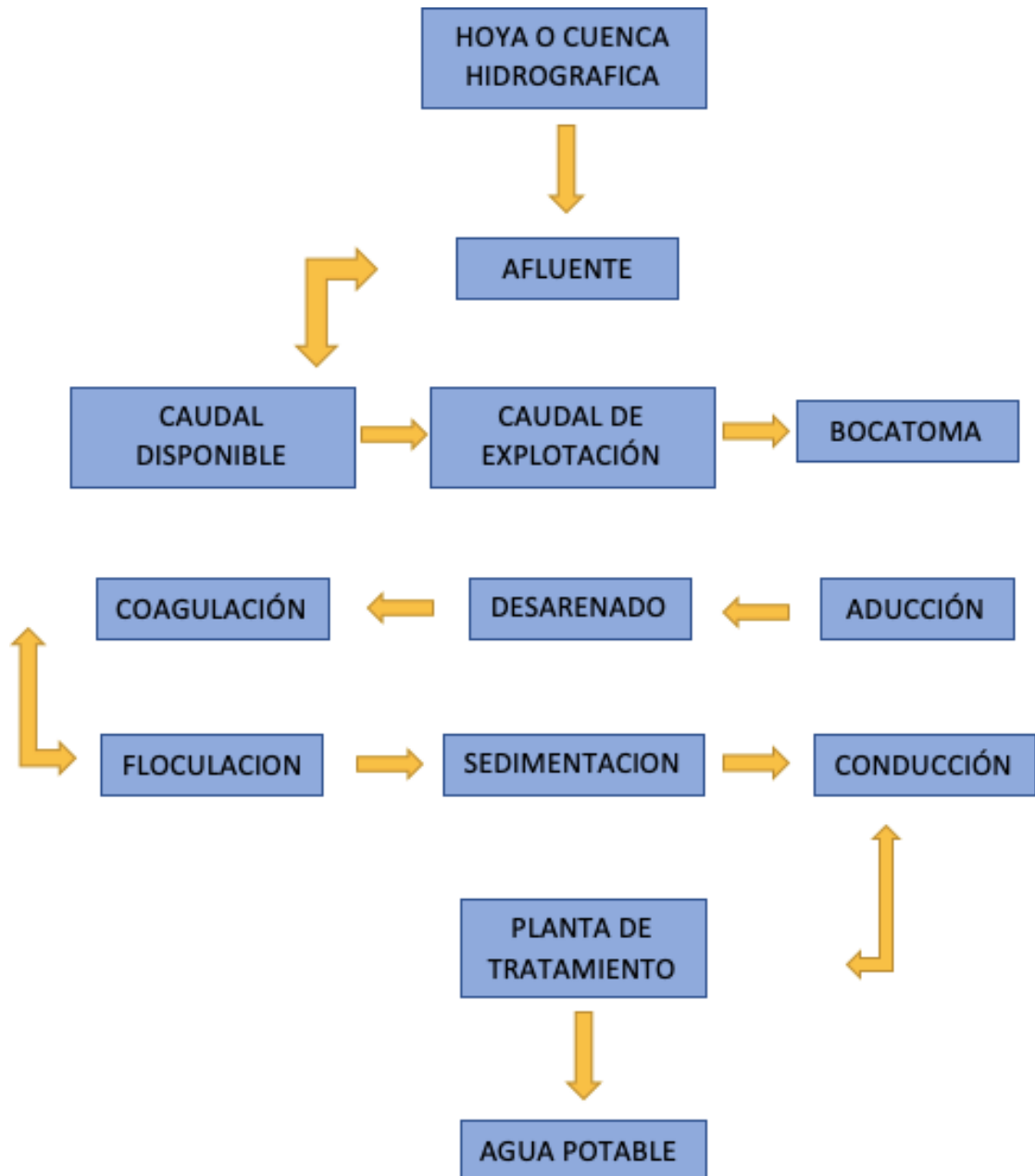
<sup>16</sup> JAPAN, A. I. (2010). *DESIGN RECOMMENDATION FOR STORAGE TANKS*.

<sup>17</sup> (El agua potable segura es esencial , 2018)



## 10.2 MARCO CONCEPTUAL

Ilustración 7. Marco conceptual



Fuente: Propia

Con referencia a la ilustración 7, a continuación, describiremos algunos conceptos técnicos que se utilizarán en el trabajo que se va a desarrollar, dichos conceptos permitirán identificar con claridad su uso durante las fases del trabajo.

Se tienen las siguientes definiciones<sup>18</sup>

- Acueducto: Conducto para transportar agua, generalmente en grandes cantidades para poder abastecer a una población.
- Captación: Es el proceso de recolección y almacenamiento del agua proveniente de diferentes fuentes para el uso que se le quiera dar.
- Aducción: parte del sistema de abastecimiento constituido por obra de arte, tuberías y accesorios que permiten el transporte del agua entre la captación y otros destinos.
- Conducción: Tubería principal encargada de transportar el agua ya tratada a la red de distribución.
- Aforo: Determinación del caudal que pasa por una sección definida.
- Caudal de explotación: Es el caudal recomendado para ser captado, con un máximo determinado por el derecho de aprovechamiento legalmente constituido y el comportamiento de la obra de captación.
- Caudal disponible: Corresponde al caudal existente en un punto menos la demanda de recursos hídricos, conformada por derechos de aprovechamiento, usos a respetar y la demanda ambiental.
- Desinfección: Proceso físico químico que permite la eliminación o destrucción de organismos patógenos presentes en el agua.
- Hoya o cuenca hidrográfica: Área definida topográficamente, drenada por un sistema de cauces superficiales que descargan a través de una salida única e identificable.
- Vertedero: Obra hidráulica que permite evacuar el agua que no se desea captar o embalsar
- Bocatoma: Estructura hidráulica destinada a derivar parte del agua disponible desde un curso de agua, lago o incluso desde el mar.
- Desarenador: Tanque que sirve para recolectar las arenas que contenga el agua tomada de la fuente.
- Planta de tratamiento: Parte del acueducto donde el agua pasa por un tratamiento de purificación, para luego ser distribuida a los usuarios.
- Macromedidor: Es un instrumento de medición, el cual está ubicado en la tubería de salida de la conducción, correspondiendo a la salida del tanque de almacenamiento.
- Agua Bruta: Denominación que se le da al agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo, o el agua que entra en una planta para su tratamiento.

---

<sup>18</sup> Huaman, S. (18 de Noviembre de 2018). Obtenido de [http://www.academia.edu/17981765/SISTEMAS\\_DE\\_CAPTACION\\_DE\\_AGUA\\_POTABLE](http://www.academia.edu/17981765/SISTEMAS_DE_CAPTACION_DE_AGUA_POTABLE)

- Agua Dulce: Es el agua natural que contiene una baja concentración de sales; en general, la misma es considerada como adecuada, luego de su tratamiento, para convertirla en agua potable.
- Agua Potable: Es el agua apta para ser consumida por las personas, y los animales, sin riesgo alguno de contraer enfermedades.
- Coagulación: Proceso de aglutinación de las partículas suspendidas, y coloidales, que genera la desestabilización química de las partículas coloidales, las cuales se generan al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, al agregar coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.
- Floculación: Es el proceso que sigue a la coagulación, el cual consiste en la agitación de la masa coagulada, y que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados, para aumentar el tamaño y el peso necesario de la masa, para facilitar su sedimentación.
- Sedimentación: Proceso natural mediante el cual las partículas más pesadas que el agua, y que se encuentran en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad.

### **10.3 MARCO LEGAL**

#### **10.3.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA**

Según la constitución política en el artículo 365 establece que, “Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado: es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional”, con lo cual se interpreta que los estudios realizados para este fin están legalmente enmarcados en la constitución del país. Agregó además que “El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.”

En cuanto a la posibilidad de brindar el servicio se ve que este artículo menciona “Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen”

#### **10.3.2 RECURSO HÍDRICO**

Es evidente que el agua es indispensable para la vida: lo es para producir los alimentos que comemos, para garantizarnos una higiene básica y -cómo no- para el consumo humano directo. Por esto es indispensable evitar que se le dé

un mal uso y por esto es importante construir un marco legal que indique cual es la manera adecuada de tratarla.<sup>19</sup>

Se presentan decretos relacionados con el uso del agua, de acuerdo con el ministerio de vivienda:

- **RESOLUCIÓN 811 DE 2008:** Del Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por medio de la cual, se definen los requisitos que se deben tener en cuenta para definir el lugar, número de puntos y cantidad de muestras que se deben tomar durante los análisis de las plantas de potabilización<sup>20</sup>.
- **RESOLUCIÓN 082 DE 2009:** Del Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Presenta la Guía de revisión de los formatos correspondientes a las inspecciones sanitarias que se deben realizar; señalando los aspectos administrativos, de funcionamiento, operación y mantenimiento de la planta<sup>14</sup>.
- **RESOLUCIÓN 4716 DE 2010,** Del Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Define la normatividad a seguir y establece los controles que deben tener en cuenta las empresas prestadoras del servicio de potabilización<sup>14</sup>.
- **Decreto 1541 de 1978.** Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.
- **Decreto 3930 de 2010.** Por el cual "se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974" y que hace referencia a los usos del agua, manejo de los residuos líquidos, y se dictan otras disposiciones. Indica el control y manejo de las aguas en que se pueden implementar, consumo, lavado, riego entre otras.
- **RESOLUCION 0330 2017.** La resolución 0330 de 2017 expedida por el ministerio de vivienda, ciudad y territorio "por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009".  
La resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto alcantarillado y aseo.

---

<sup>19</sup> SILVA GARAVITO, L. (2012). *DISEÑO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS*. BOGOTÁ: Universidad Javeriana.

<sup>20</sup> Ministerio de Vivienda. (2017). *Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS*. Bogotá: Ministerio de vivienda.

## 11 METODOLOGÍA

**I FASE:** En esta primera fase se realizó la recolección de toda la información que utilizamos en el desarrollo del proyecto, esto se hizo mediante las visitas técnicas a las que tuvimos la oportunidad de asistir.

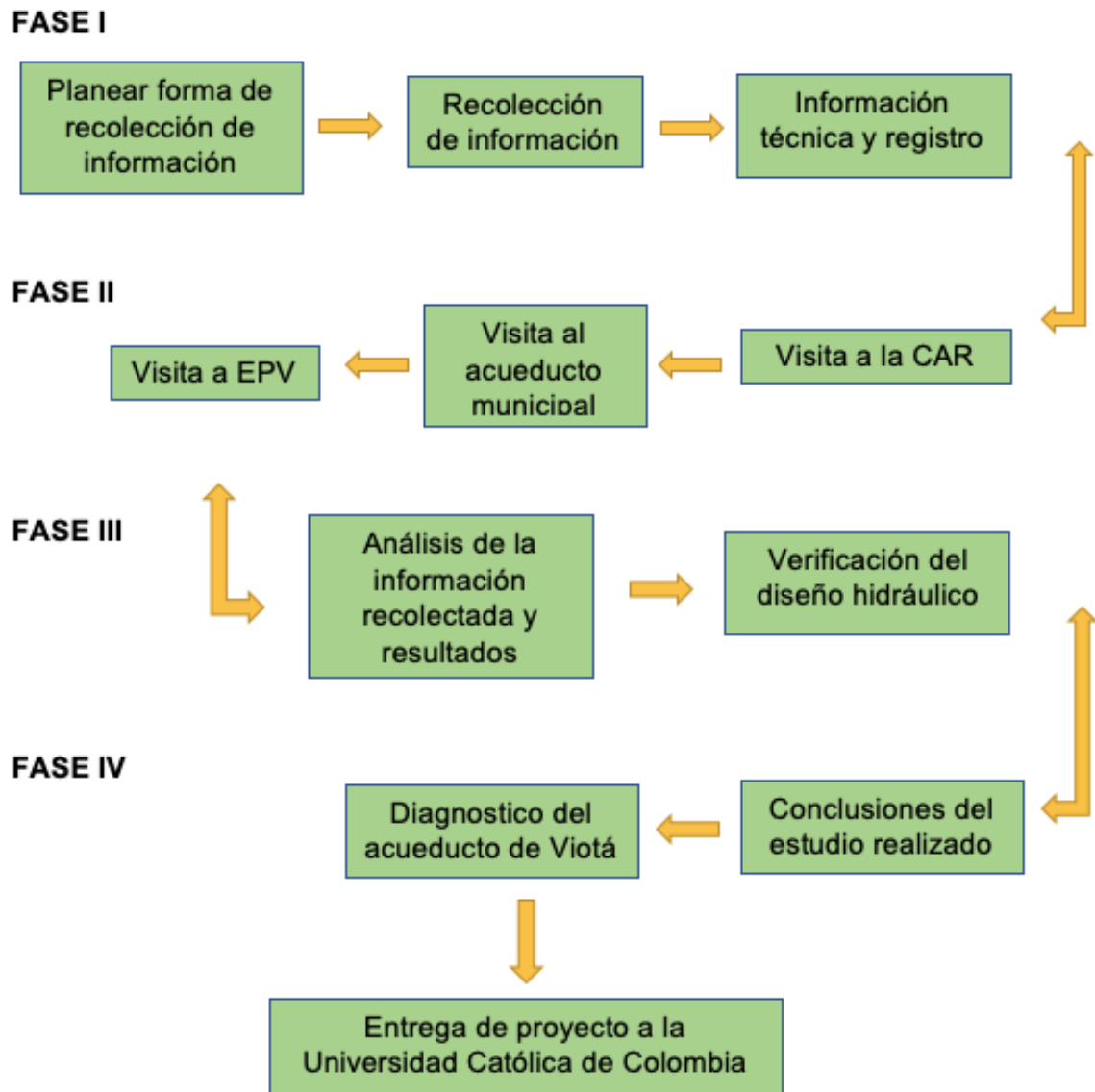
**II FASE:** Para esta segunda fase del proyecto, realizamos todas las visitas técnicas necesarias para recolectar la información que requerida. Se visitó a la CAR, el Acueducto municipal y las empresas públicas de Viotá “EPV”, así como también las dos bocatomas del sistema.

**III FASE:** En la tercera fase analizamos toda la información que se logró conseguir en las visitas realizadas a la CAR y la que se recolectó en las visitas de campo. También se identificó la forma del diseño y el estado actual de todos los sistemas que componen el acueducto del casco urbano del municipio de Viotá.

**IV FASE:** En esta última fase hicimos un informe final el cual presentaremos a la Universidad Católica de Colombia, en el que se encuentran conclusiones del estudio y un diagnóstico del sistema como está funcionando.

(Véase ilustración 8).

Ilustración 8. Fases del Proyecto



Fuente: Propia

## 12 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Con los datos obtenidos de los censos realizados por el DANE al municipio de Viotá, se determinó el número de habitantes estimado que tendrá en un periodo de 20 años.

(Véase tabla 4) donde se presentan los datos correspondientes a los censos.

Tabla 4. Censos Realizados por el DANE

Año	Población
1973	2619
1985	4037
1993	3936
2005	4041
2015	4342

Fuente: DANE

Se emplean los métodos de proyección de población, aritmético, exponencial y lineal para identificar cual es la población futura. Todos los métodos son aplicados según lo establece el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

### 12.1 MÉTODO ARITMÉTICO

El método consiste en calcular el valor de población en cada año siguiente dependiente de cada año censado, tomando como punto de partida el valor del último censo. Con los valores resultantes de cada año, por cada censo se hace un promedio y esta será la población estimada.

En este método la cantidad de habitantes en cada año y por cada censo obedece la igualdad:

$$P_{?} = P_{@} + B \frac{P_{@} - P_c}{A_{@} - A_c} F * (A_{?} - A_c)$$

Donde:

$P_{?}$ : Población correspondiente al año k

$P_{@}$ : Población último censo

*Pc*: Población censada en el año correspondiente

*Ac*: Año censado

*A@*: Año último censo

*A?*: Año en el que se calcula la proyección

De acuerdo a lo anterior, la proyección de población resulta de la siguiente manera (véase tabla 5 y tabla 6)

*Tabla 5. Proyección Método Aritmético hasta 2031*

Año	Población	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1973	2619	4506	4547	4588	4629	4670	4711	4752	4793	4834	4875	4916	4957	4998
1985	4037	4383	4393	4403	4413	4423	4434	4444	4454	4464	4474	4484	4495	4505
1993	3936	4416	4434	4453	4471	4490	4508	4527	4545	4563	4582	4600	4619	4637
2005	4041	4462	4493	4523	4553	4583	4613	4643	4673	4703	4733	4763	4794	4824
2015	4342													
	<b>promedio</b>	4442	4467	4492	4517	4541	4566	4591	4616	4641	4666	4691	4716	4741

*Fuente: Propia*

*Tabla 6. Proyección Método Aritmético hasta 2043*

Año	Población	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
1973	2619	5039	5080	5121	5162	5204	5245	5286	5327	5368	5409	5450	5491
1985	4037	4515	4525	4535	4545	4556	4566	4576	4586	4596	4606	4617	4627
1993	3936	4656	4674	4693	4711	4730	4748	4766	4785	4803	4822	4840	4859
2005	4041	4854	4884	4914	4944	4974	5004	5034	5064	5095	5125	5155	5185
2015	4342												
	<b>promedio</b>	4766	4791	4816	4841	4866	4891	4916	4940	4965	4990	5015	5040

*Fuente: Propia*



Esta estimación, gráficamente se ve como lo muestra la ilustración 9

*Ilustración 9 Proyección Método Aritmético*



*Fuente: Propia*

## 12.2 MÉTODO GEOMÉTRICO

En este método se proyecta la población mediante una sucesión geométrica, en la cual se presenta un factor de crecimiento que indica el cambio potencial en la cantidad de habitantes en el municipio.

El factor mencionado en el párrafo inmediatamente anterior es calculado por cada año censado de la siguiente forma:

$$r = \left(\frac{P@}{Pc}\right)^{\frac{K}{L_M NLO}} - 1$$

Donde:

$P@$ : Población último censo

$Pc$ : Población censada en el año correspondiente

$Ac$ : Año censado

$A@$ : Año último censo

Los valores de este factor corresponden a los que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Factor de crecimiento por año censado

Año	Población	r
1973	2619	0,0121
1985	4037	0,0024
1993	3936	0,0045
2005	4041	0,0072
2015	4342	

Fuente: Propia

Para cada año, la población aproximada será calculada como:

$$P_k = P_{@} * (1 + r)^{(L_p - N_{LM})}$$

Con:

$P_k$ : Población correspondiente al año k

$P_{@}$ : Población último censo

$A_{@}$ : Año último censo

$A_k$ : Año en el que se calcula la proyección

Así, las proyecciones quedan calculadas como se muestra en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Proyección Método Geométrico hasta 2033

Año	Población	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
1973	2619	4556	4611	4667	4724	4781	4839	4897	4957	5017	5077	5139	5201	5264	5328	5392
1985	4037	4384	4395	4406	4416	4427	4438	4449	4460	4470	4481	4492	4503	4514	4525	4536
1993	3936	4420	4440	4460	4480	4500	4520	4540	4560	4581	4601	4622	4643	4663	4684	4705
2005	4041	4469	4501	4533	4566	4599	4632	4665	4699	4733	4767	4801	4836	4871	4906	4941
2015	4342															
	<b>promedio</b>	4457	4487	4516	4546	4577	4607	4638	4669	4700	4732	4764	4796	4828	4861	4894

Fuente: propia

Tabla 9. Proyección Método Geométrico hasta 2043

Año	Población	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
1973	2619	5458	5524	5591	5658	5727	5796	5866	5938	6009	6082
1985	4037	4547	4558	4569	4580	4591	4603	4614	4625	4636	4647
1993	3936	4726	4747	4769	4790	4811	4833	4854	4876	4898	4920
2005	4041	4977	5013	5049	5085	5122	5159	5196	5234	5271	5309
2015	4342										
	<b>promedio</b>	4927	4961	4994	5028	5063	5098	5133	5168	5204	5240

Fuente: Propia

Gráficamente, el comportamiento de la proyección se ve como lo muestra la ilustración 10:

Ilustración 10 Proyección Método Geométrico



Fuente: Propia

### 12.3 MÉTODO EXPONENCIAL

El método exponencial es el que muestra el crecimiento más rápido de los métodos expuestos en este trabajo, este método consiste en utilizar la función exponencial para determinar la población futura.

La población proyectada por el método para cada año, y dependiendo del año censado, se calcula con ayuda de un factor para cada año censado, que resulta de operar: (véase tabla 10).

$$K = \frac{\ln (P_T) - \ln (P_0)}{A_T - A_0}$$

Donde:

$P_T$ : Población del censo posterior

$P_0$ : Población censada en el año correspondiente

$A_T$ : Año del censo posterior

$A_0$ : Año de censo correspondiente

*Tabla 10. Factor Crecimiento Método Exponencial*

Año	Población	k
1973	2619	0,0361
1985	4037	-0,0032
1993	3936	0,0022
2005	4041	0,0072
2015	4342	

*Fuente: Propia*

Así, en cada año se calculan como sigue:

$$P_? = P_0 * e^{V(L_P N L_W)}$$

Con:

$P_?$ : Población correspondiente

$P_c$ : Población censada en el año correspondiente

$A_c$ : Año censado

$A_?$ : Año en el que se calcula la proyección

De esta manera las proyecciones quedan calculadas como se muestra en las tablas 11 y 12.

*Tabla 11. Proyección Método Exponencial hasta 2032*

Año	Población	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1973	2619	4258	4304	4349	4396	4442	4489	4537	4585	4634	4683	4733	4783	4834	4886
1985	4037	5782	5844	5906	5969	6032	6096	6161	6226	6292	6359	6427	6495	6564	6634
1993	3936	5181	5236	5291	5347	5404	5462	5520	5578	5638	5698	5758	5819	5881	5944
2005	4041	4685	4735	4785	4836	4888	4940	4992	5045	5099	5153	5208	5263	5319	5375
2015	4342														
	<b>promedio</b>	4977	5030	5083	5137	5192	5247	5302	5359	5416	5473	5531	5590	5650	5710

*Fuente: Propia*

*Tabla 12. Proyección Población hasta 2043*

Año	Población	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
1973	2619	4937	4990	5043	5096	5151	5205	5261	5317	5373	5430	5488
1985	4037	6704	6775	6847	6920	6994	7068	7143	7219	7296	7373	7452
1993	3936	6007	6070	6135	6200	6266	6333	6400	6468	6537	6606	6676
2005	4041	5432	5490	5548	5607	5667	5727	5788	5850	5912	5974	6038
2015	4342											
	<b>Promedio</b>	5770	5831	5893	5956	6019	6083	6148	6213	6279	6346	6413

*Fuente: Propia*

Gráficamente, el comportamiento de la proyección se ve como lo muestra la ilustración 11:

Ilustración 11 Proyección Población Método Exponencial

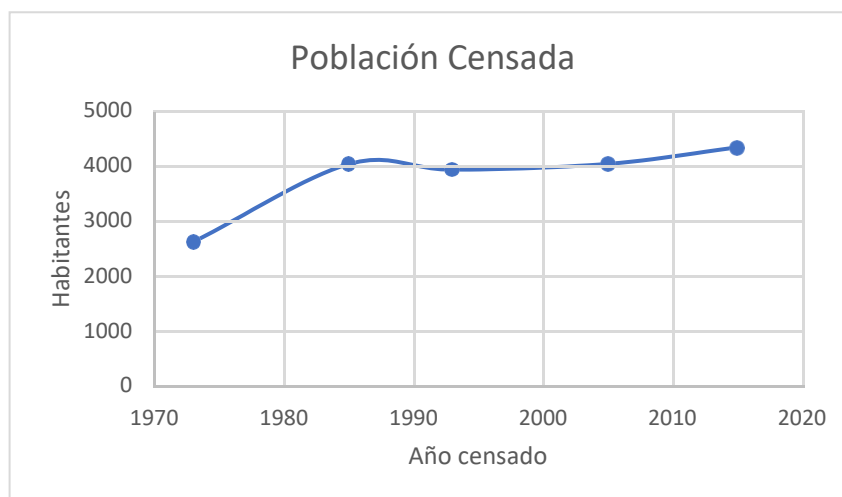


*Fuente: Propia*

## 12.4 PROYECCIÓN RESULTANTE

Los censos realizados por el DANE y mencionados en la introducción 12 del capítulo nos permiten determinar cuál método es el más adecuado para describir el comportamiento del crecimiento poblacional en el municipio. Gráficamente, los censos se ven de la siguiente manera.

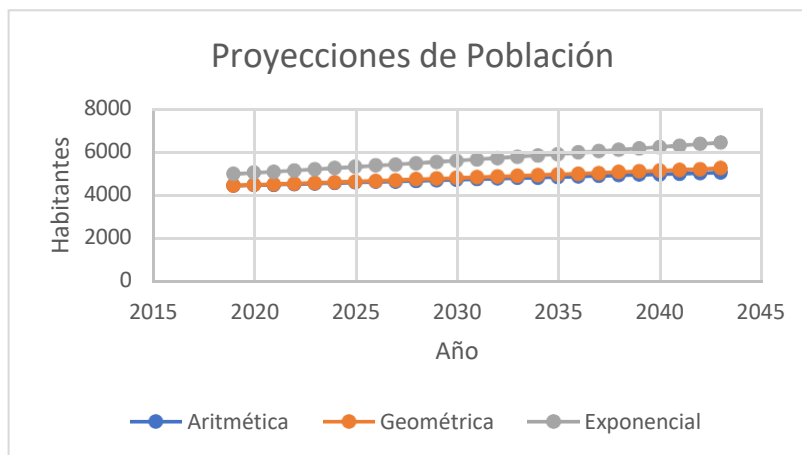
Ilustración 12. Población Censada



*Fuente: Propia*

Para el método aritmético, como es natural, la población crece de manera lineal lo que queda de manifiesto en la gráfica y en la ecuación con la que se calcula la proyección, pero en los otros métodos se esperaría que el crecimiento fuera de manera más marcada, lo cual no se presentó, con referencia a la ilustración 13, se muestra como se relacionan las proyecciones entre sí.

Ilustración 13. Relación de Proyecciones Poblacionales



*Fuente: Propia*

Como se ve marcado el comportamiento lineal, en los tres métodos se decide, tomar el promedio entre los valores calculados, con esto la población proyectada año a año es como se muestra en la ilustración 14.

Con esto, concluimos que, en un período de 25 años, habrá una cantidad estimada de habitantes de 5564.

Estos resultados nos van a permitir determinar la demanda de agua en el municipio, en los próximos años.

Ilustración 14. Consolidado Proyección anual

2020	4467	4487	5030	4661
2021	4492	4516	5083	4697
2022	4517	4546	5137	4733
2023	4541	4577	5192	4770
2024	4566	4607	5247	4807
2025	4591	4638	5302	4844
2026	4616	4669	5359	4881
2027	4641	4700	5416	4919
2028	4666	4732	5473	4957
2029	4691	4764	5531	4995
2030	4716	4796	5590	5034
2031	4741	4828	5650	5073
2032	4766	4861	5710	5112
2033	4791	4894	5770	5152
2034	4816	4927	5831	5191
2035	4841	4961	5893	5232
2036	4866	4994	5956	5272
2037	4891	5028	6019	5313
2038	4916	5063	6083	5354
2039	4940	5098	6148	5395
2040	4965	5133	6213	5437
2041	4990	5168	6279	5479
2042	5015	5204	6346	5522
2043	5040	5240	6413	5564

*Fuente: Propia*

## 12.5 DOTACIÓN NETA Y BRUTA PARA LA POBLACIÓN PROYECTADA

Se va a calcular ahora la dotación bruta, el caudal medio diario y el caudal máximo horario, para ver qué cantidad de agua debe ser captada en cada bocatoma.

En este orden de ideas, procedemos a calcular la dotación bruta, que resulta de aplicar la siguiente ecuación:

$$d_{YZ@[\backslash} = \frac{d_{J^{\backslash}}}{1 - \%p}$$

*Ilustración 15. Dotación bruta y dotación neta año a año*

Donde %p es el porcentaje de pérdidas máximas admisibles, que según el reglamento no debe superar el 25%. Para hallar la dotación bruta se debe calcular como primera medida la dotación neta, que se obtiene con una tasa de consumo del 10%, según el RAS, y partiendo de 184 litros, para el 2019, como:

$$d_{J^{\backslash}} = d_{J^{\backslash}}[\backslash]^{ZbcZ} * 0,1 + d_{J^{\backslash}}[\backslash]^{ZbcZ}$$

Donde  $d_{J^{\backslash}}[\backslash]^{ZbcZ}$  es la dotación neta en el año inmediatamente anterior.

Así, las dotaciones calculadas año a año para la población son: (véase ilustración 15)

Con esto, obtenemos que finalmente que la dotación bruta necesaria será de 249,909 litros.

Año	Promedio	LHD d.neta	% perdida	d. Bruta
2019	4625	184	25	245,333
2020	4661	184,1417	25	245,522
2021	4697	184,2835	25	245,711
2022	4733	184,4253	25	245,9
2023	4770	184,5673	25	246,09
2024	4807	184,7094	25	246,3
2025	4844	184,8515	25	246,469
2026	4881	184,9938	25	246,658
2027	4919	185,1362	25	246,848
2028	4957	185,2787	25	247,038
2029	4995	185,4213	25	247,228
2030	5034	185,5641	25	247,419
2031	5073	185,7069	25	247,609
2032	5112	185,8499	25	247,8
2033	5152	185,993	25	247,991
2034	5191	186,1363	25	248,182
2035	5232	186,2797	25	248,373
2036	5272	186,4232	25	248,564
2037	5313	186,5668	25	248,756
2038	5354	186,7106	25	248,947
2039	5395	186,8546	25	249,139
2040	5437	186,9986	25	249,332
2041	5479	187,1429	25	249,524
2042	5522	187,2873	25	249,716
2043	5564	187,4318	25	249,909

*Fuente: Propia*



## 12.6 CAUDALES MEDIO DIARIOS, MÁXIMO HORARIO Y MÁXIMO DIARIO PARA LA POBLACIÓN PROYECTADA

El RAS establece que los caudales se calculan de la siguiente manera

Caudal medio diario

$$Q_{ef} = \frac{N_{i@iOZbT[cZ^i} * d_{YZ@[\backslash}}{86400}$$

Donde  $N_{i@iOZbT[cZ^i}$  corresponde a la cantidad de habitantes en el año proyectado, y 86400 son los segundos que tiene un día.

Para el cálculo del caudal máximo diario se emplea un coeficiente  $k_K$ , que corresponde al máximo consumo diario, tomado como 1,3 de acuerdo al RAS y se procede como

$$Q_{lm} = Q_{ef} * k_K$$

Y de manera análoga el caudal máximo horario resulta de un coeficiente  $k_C$  (tomado como 1,6, y el cálculo corresponde a

$$Q_{ln} = Q_{lm} * k_C$$

Realizando los cálculos correspondientes para este proyecto tenemos los siguientes caudales:

Caudal medio diario de 16.09l/s

Caudal máximo diario de 20.92l/s

Caudal máximo horario de 33.48l/s

(Véase ilustración 16)

*Ilustración 16. Caudales máximos diarios y horarios y caudal medio diario*

Año	Promedio	d. Bruta	Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)
2019	4625	245,333	13,133	17,073	27,318
2020	4661	245,522	13,245	17,219	27,55
2021	4697	245,711	13,358	17,365	27,784
2022	4733	245,9	13,471	17,513	28,02
2023	4770	246,09	13,586	17,662	28,259
2024	4807	246,3	13,701	17,812	28,499
2025	4844	246,469	13,818	17,963	28,741
2026	4881	246,658	13,935	18,116	28,986
2027	4919	246,848	14,054	18,27	29,232
2028	4957	247,038	14,173	18,425	29,481
2029	4995	247,228	14,294	18,582	29,731
2030	5034	247,419	14,415	18,74	29,984
2031	5073	247,609	14,538	18,899	30,239
2032	5112	247,8	14,662	19,06	30,496
2033	5152	247,991	14,786	19,222	30,756
2034	5191	248,182	14,912	19,386	31,017
2035	5232	248,373	15,039	19,551	31,281
2036	5272	248,564	15,167	19,717	31,548
2037	5313	248,756	15,296	19,885	31,816
2038	5354	248,947	15,426	20,054	32,087
2039	5395	249,139	15,558	20,225	32,36
2040	5437	249,332	15,69	20,397	32,636
2041	5479	249,524	15,824	20,571	32,914
2042	5522	249,716	15,959	20,747	33,194
2043	5564	249,909	16,095	20,923	33,477

*Fuente: Propia*

### 13 ANÁLISIS DEL RECURSO HÍDRICO

El municipio de Viotá se encuentra ubicado entre las cuencas hidrográficas del río Lindo, Bogotá, Apulo y Calandaima, además, entre las quebradas Caachimbulo, Chorro de la Ladera, De Alto Grande, Del Gris, Grande, Guamuchal, Guanbana, Honda, La Caucha, La Juana, La Máquina, La María, La Modelia, La Mona, La Neptuna, La Ruidosa, La San Juana, La Soledad, La Torcaza, Pilama, Ruicito 1, Ruicito 2, Ruidosa, Seca, Tubno y Santa Isabel, lo que es un aspecto positivo debido a que el municipio cuenta con varias fuentes de ingreso de agua. A continuación, se muestra la longitud y desembocadura de cada río y quebrada. (Véase tabla 13).

*Tabla 13. Análisis del recurso hídrico*

<b>NOMBRE</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>DESEMBOCA EN</b>
Río Lindo	13352	Río Calandaima
Río Calandaima	-	Río Bogotá
Q. Cachimbulo	-	-
Q. Chorro de la Ladera	4008	Río Lindo
Q. de Alto Grande	1119	Río Lindo
Q. del Gis	1163	
Q. Grande	5478	Río Calandaima
Q. Guachumal	2092	Q. La Ruidosa
Q. Guanabana	-	-
Q. Honda	-	-
Q. La Caucha	2637	Q. Grande
Q. La Juana	4956	Río Lindo
Q. La Máquina	4424	Río Lindo
Q. La María	1905	-
Q. La Modelia	3517	Q. Grande
Q. La Mona	5290	-
Q. La Neptuna	7380	Q. Tuno
Q. La Ruidosa	6527	Río Calandaima
Q. La San Juana	930	-
Q. La Soledad	6111	Río Lindo
Q. La Tocaza	1401	-
Q. Pilama	6672	Río Lindo
Q. Ruicito 1	1972	-
Q. Ruicito 2	3385	Q. Chorro de la Ladera
Q. Ruidosa	6983	Q. La Máquina
Q. Seca	4846	Río Calandaima
Q. Tuno	6173	Río Calandaima
Q. Santa Isabel	2891	Río Calandaima

*Fuente: Plan Maestro de Cundinamarca Subzona 3C,*

Es necesaria la determinación de las características de la cuenca para identificar el comportamiento del agua sobre la misma.

La cuenca del río Lindo y la del río Ruicito son la misma, de hecho, en la tabla 13 se observa que la desembocadura del río Ruicito es la quebrada Chorro de la

Ladera que finalmente, como se ve en la misma tabla, entrega sus aguas al Río Lindo.

### 13.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

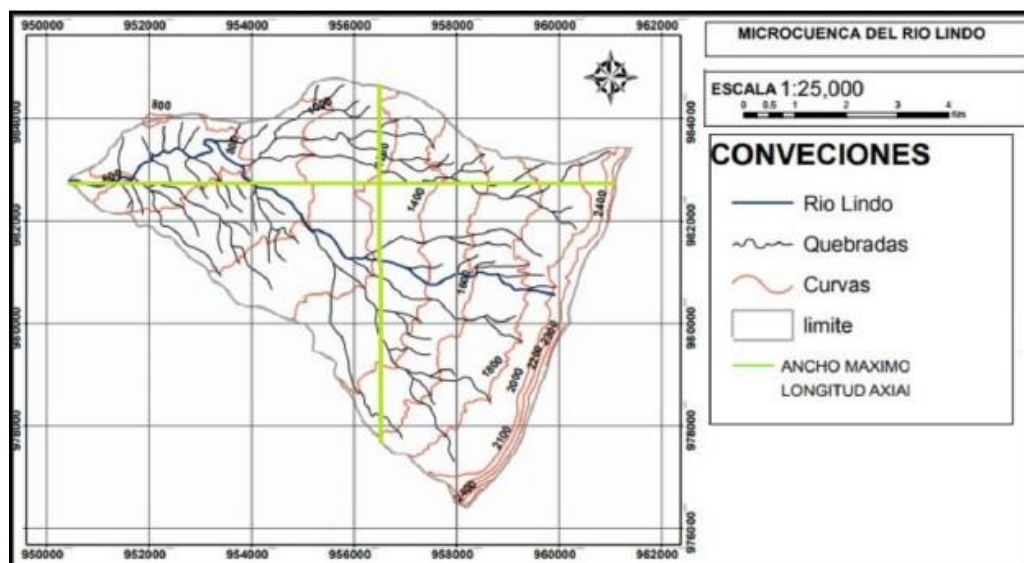
La forma de la cuenca del Río Lindo y la gráfica de la misma las tomamos del estudio realizado por la Universidad Militar Nueva Granada publicado en 2014, titulado “ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO CALANDAIMA EN CUNDINAMARCA-COLOMBIA” (Véase ilustración 17 y 18)

Ilustración 17. Características Cuenca Rio Lindo

Parámetro (unidad)	Símbolo	Valor
<b>Características morfométricas</b>		
Area (Km <sup>2</sup> )	A	44,70
Perímetro (Km)	Lo	31,37
Longitud Axial (Km)	L Max	10,66
Longitud del cauce principal (Km)	L princ	11,60
Ancho Máximo (Km)	B máx	6,80

Fuente: ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO CALANDAIMA EN CUNDINAMARCA-COLOMBIA”

Ilustración 18. Forma de la cuenca Rio Lindo



Fuente: ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO CALANDAIMA EN CUNDINAMARCA-COLOMBIA”

### 13.1.1 FACTORES DE FORMA

Con los factores de forma se trata de interpretar cómo es la fisionomía de la cuenca, y determinar si es redonda, rectangular oval redonda u oval oblonga.

#### 13.1.1.1 FACTOR DE HORTON

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca, este es el que nos permite determinar si es más larga que ancha, lo que influye en la velocidad con que desciende el agua sobre la cuenca

$$K'' = \frac{A}{L^2}$$

Para la cuenca del río Lindo

$$K'' = \frac{40.70}{10,66^2} = 0,36$$

Lo que indica que la cuenca tiene forma alargada, pues es considerablemente menor que 1, por ende, no es cuadrada.

#### 13.1.1.2 COEFICIENTE DE COMPACIDAD

Es la relación que tiene el perímetro de la cuenca con un círculo que tenga el mismo perímetro, este nos dirá qué tan redonda es la cuenca.

$$K_0 = \frac{P}{2\pi R}$$

Siendo  $R = \left(\frac{L}{\pi}\right)^{K''}$

Para la cuenca este valor es de 1,39 lo que indica que la cuenca no tiene forma redonda por ser mayor que 1, y en la ilustración 18 lo deja de manifiesto. El valor del coeficiente de compacidad dice que la cuenca es ovalada.

### 13.1.1.3 RELACIÓN DE ELONGACIÓN

En la morfometría de la cuenca se calcula la relación de elongación que se calcula como

$$E = \frac{u \frac{4A}{L}}{L}$$

Para la cuenca el factor es de 0,36, lo que nos confirma la naturaleza alargada de la cuenca.

## 13.2 INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN

El estudio hidrológico se basó en el registro de información de las estaciones de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR, 2014) y del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2010)

En la zona hay dos estaciones meteorológicas que colaboran en la medición de precipitación en la cuenca del río Lindo, la estación Viotá y la estación la Pola como lo muestra la ilustración 19.

*Ilustración 19. Estaciones Próximas al Municipio de Viotá*

Código	Categoría	Estación	Corriente	Norte	Este
2120886	LM	JAVA	CALANDAIMA	991500	964100
2120887	LM	PTE SAMPER MADRID	CALANDAIMA	988700	948100
2120888	LM	PTE BOCAS	CALANDAIMA	984900	949800
2120889	LM	PUEBLO DE PIEDRA	CALANDAIMA	987860	953570
2120893	LM	PTO BRASIL	Q. LA MONA	978475	954540
2120894	LM	LA NEPTUNA	Q. LA NEPTUNA	986930	952750
2120895	LM	LA POLA	LINDO	981630	955636
2120896	LM	VIOTA	LINDO	982700	951000
2120901	LM	SANPABLUNA	Q. SANPABLUNA	989770	961290
2120914	AF	CARACOLI	Q. CAMPOS	993200	956600
2120928	LM	LA VICTORIA	Q. CAMPOS	993380	963230
2120929	LM	EL TRIUNFO	Q. CAMPOS	992850	955440
2120932	LM	PTE BRASIL	Q. RUISITO	978230	954310

*Fuente. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2010)*

La CAR registra los siguientes valores de precipitación de la estación la Pola, valores de precipitación máxima mensual multianual. (Véase ilustración 20).

Ilustración 20. Registro estación la Pola.

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1991					0,237	0,025	0,024	0,018	0,048	0,157	0,334	0,452
1992	0,216	0,528	0,122	0,013	0,019	0,005	0	0	0	0	0,128	0,416
1993	0,344	0,256	0,085	0,413	1,586	0,148	0,006	0,003	0,286	0,298	0,803	0,224
1994	0,209	0,167	0,495	0,698	0,485		0,012	0	0,008	1,003	1,623	0,65
1995	0,038	0,383	0,855	0,907	3,82	3,471	0,136	0,216	0,669	2,456	1,06	0,799
1996	2,913	3,286	1,437	0,65	2,017	1,922	0,794	0,067	0,147	1,392	0,075	0,129
1997	1,658	2,227	0,903	2,029	0,282	0,205	0,028	0,006	0	0,141	0,172	0,011
1998	0,008	0,097	0,224	1,674	2,174	1,231	0,176	0,009	0,095	2,42	2,564	2,912
1999	3,231	4,076	3,381	3,126	3,008	0,662	0,01	0,006	0,012	2,226	1,781	0,812
2000	0,255	1,711	2,356	3,652	2,666	0,41	0,022	0	0,011	0,208	0,512	0,018
2001	0,005	0,06	0,673	0,021	0,044	0,008	0	0		0,678	0,471	0,771
2002	0,005	0,003	1,686	2,32	0,288	1,607						
2003	0,099	0,848	2,93	3,603	0,032		0,176	0,155	0,211	0,428	0,721	0,231
2004	1,018	0,546	0,711	1,172	0,423	0,617	0,338	0,298	0,416	0,562	0,612	0,58
2005	0,354	0,537	0,39	0,469	0,567	0,286	0,232	0,141	0,074	0,281	0,681	0,459
2006	0,601	0,406	0,524	0,653	0,946	0,413	0,298	0,31	0,339	0,395	0,468	0,405
2007	0,414	0,283	0,3	0,375	0,411	0,38	0,351	0,328	0,386	0,559	0,561	0,604
2008	0,609	0,573	0,703	0,645	0,74	0,645	0,503	0,542	0,569	0,617	0,99	0,556
2009	0,413	0,281	0,417	0,177	0,149	0,227	0,83	0,081	0,1	0,102	0,199	0,21
2010	0,231	0,2	0,23	0,426	0,562	0,438	0,429	0,289	0,314	0,383	3,25	0,843
2011	0,3	1,28	0,534	1,204	0,437	0,261	0,21	0,188	0,24	0,389	4,138	3,482
2012	0,461	0,296	0,613	0,446	0,347	0,235	0,198	0,205	0,16	0,383	0,605	0,366
2013	0,309	0,564	0,315	0,449	0,539	0,294	0,187	0,207	0,179	0,199	0,48	0,587
2014	0,392	0,708	0,671	0,317	0,432	0,28	0,162	0,11	0,133	0,353		

Fuente. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac2585189f29.pdf>

Con la anterior ilustración sacamos los caudales máximos mensuales multianuales, mínimos mensuales multianuales y medios mensuales multianuales. (Véase tabla 14).

Tabla 14. Precipitación máxima, mínima y media mensual multianual

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MÁX	3,231	4,076	3,381	3,652	3,82	3,471	0,794	0,542	0,669	2,456	4,138	3,482
MIN	0,005	0,003	0,085	0,013	0,019	0,005	0	0	0	0	0,075	0,011
MED	1,618	2,0395	1,733	1,8325	1,9195	1,738	0,397	0,271	0,3345	1,228	2,1065	1,7465

Fuente: Propia

La importancia de estos caudales es que indican, cuál será la cantidad máxima de agua con la se cuenta en el acueducto, y cuánta agua se debe reservar para satisfacer al municipio en temporada seca. Además, indica cual será la cantidad promedio que llegará a la cuenca.

*Tabla 15. Máxima, Mínima y Media Precipitación Mensual Multianual*

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MÁX	324,1	242	443,1	255	234,4	126,6	146,3	114,5	197	279,2	296,3	238
MIN	31,4	25,5	53	68,7	62,9	21,5	11,4	7,9	44	78,3	83,1	20,6
MED	120,2	114	212,4	152,9	150	72,3	62,8	67,8	103,4	161,5	185	141

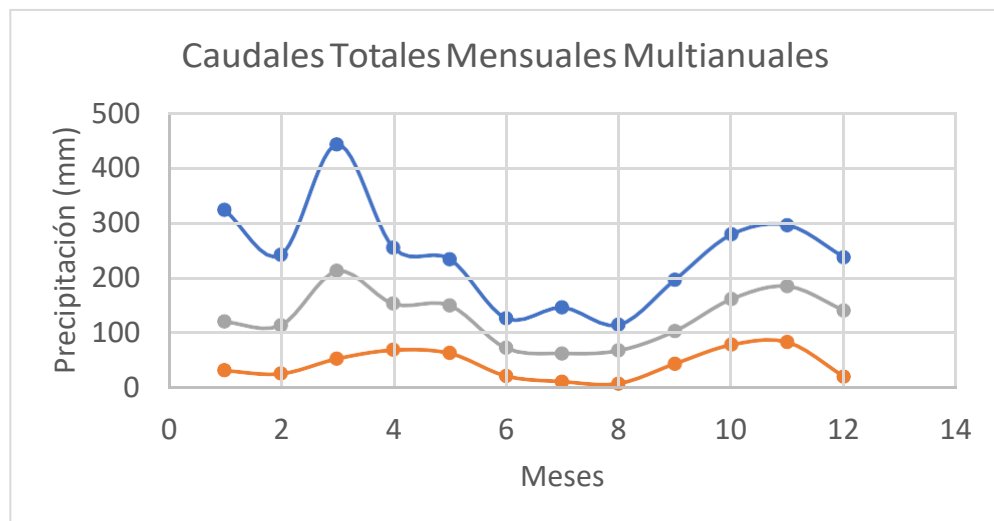
*Fuente: Propia*

La tabla 15 presenta datos correspondientes a la cantidad de precipitación total en el mes, en los años de la ilustración 20.

### 13.3 ANÁLISIS DEL RECURSO EN EL MUNICIPIO

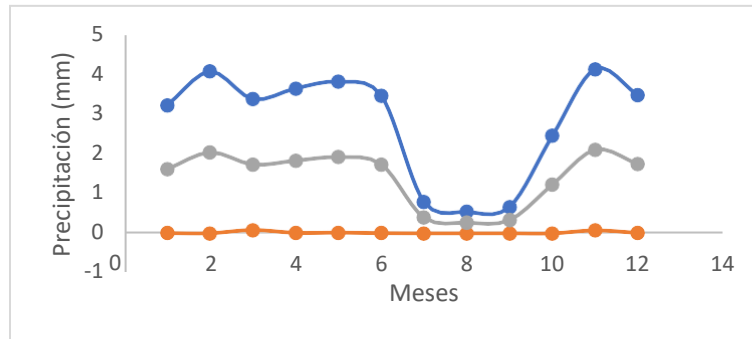
El comportamiento de los datos registrados en el numeral anterior, se muestran en las ilustraciones 21 y 22.

*Ilustración 21. Caudales Totales Mensuales Multianuales*



*Fuente: Propia*

Ilustración 22 Caudal Medio, Máximo, Mínimo Mensual Multianual



Fuente: Propia

Lo que muestra que para el mes 3, es decir, para marzo, por lo general, se incrementan las cantidades de lluvia, mientras que las épocas de sequía se presentan a mediados de año, y sobre el final del año, vuelve a incrementarse la cantidad. Luego se debe tener en cuenta que, a comienzos de año, es necesario tener las estructuras del acueducto estén en correctas condiciones para permitir el almacenamiento de agua, en condiciones óptimas pues en junio y julio, disminuye la cantidad de agua posible para captar.

A partir de una combinación de las ecuaciones de Vosresiensky, Zhelezniakov, G. Negovskaya, T. y Ovcharov, E. y Zhivotovsky, y considerando un equilibrio de masas, o volúmenes, se propone una ecuación lógica para evaluar los principales parámetros hidrológicos para el diseño de obras de aprovechamiento hídrico. El volumen promedio de precipitaciones anuales en cualquier cuenca, expresado en m<sup>3</sup>/s, es igual a:

$$V = 1000PA$$

Donde:

$P$ : Precipitación promedio anual de la cuenca (mm)

$A$ : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

Finalmente, se observa que con las condiciones anteriores la precipitación promedio será de 1,4 mm, valor que resulta de promediar, los valores de la última fila de la tabla 17. Este valor se multiplica por el área de la cuenca, y resultará el volumen de agua que cae en la cuenca, esta operación da aproximadamente 33,16 litros por segundo, en el capítulo inmediatamente anterior se estableció que la población



requiere de 33 litros en 25 años, por tanto, la fuente de captación es apta para el acueducto en cuestión.<sup>21</sup>

## 14 DIAGNOSTICO DEL ESTADO DE LAS BOCATOMAS

El municipio de Viotá Cundinamarca cuenta con dos fuentes que se encargan de abastecer al acueducto municipal. Las fuentes son la laguna del Indio, la cual cuenta con una bocatoma de fondo y se encuentra ubicada en las coordenadas 4°24'18.6" N y 74°27'26,6" W. A una altura aproximadamente de 1641 msnm sobre el cerro Pan de Azúcar, la segunda fuente es la del río Lindo en la cual hay una bocatoma lateral que se ubica en las coordenadas 4°25'57.4" N y 74°28'56,8" W. A una altura aproximada de 1029 msnm.

### 14.1 BOCATOMA LAGUNA DEL INDIO.

Como ya se mencionó anteriormente el agua de esta bocatoma es captada de la laguna del Indio, en este punto no se evidencia material vegetal lo que es ventaja ya que se obtiene un agua menos contaminada y a la vez reduce significativamente su mantenimiento. (Véase ilustración 23).

*Ilustración 23. Bocatoma laguna del Indio*



*Fuente: Ernesto Torres*

Esta es una bocatoma de fondo en la cual se ve qué, a nivel estructural se encuentra en buen estado, pues no se observan grietas significativas o deterioro de la rejilla.

<sup>21</sup> Voscresiensky, K. (1956). Cálculos hidrológicos para el diseño de obras hidráulicas en pequeños ríos y riachuelos. En K. Voscresiensky, *Cálculos hidrológicos para el diseño de obras hidráulicas en pequeños ríos y riachuelos* (pág. 258). San Petersburgo: Hidrometereológica

A continuación, presentamos el levantamiento y toma de medidas que se realizó a la estructura de la bocatoma.

- Largo de 3.5m y un ancho de 0,80m.
- Largo de la rejilla 1,50m.
- Ancho de la rejilla 0,50m.
- La rejilla tiene 35 barras de 1" las cuales se encuentran espaciadas cada 2,5cm y tiene una lámina de agua de 20cm.
- La aleta inferior cuenta con una medida de 2,10m y una superior de 3m con ancho de 0,35m.
- La bocatoma se conecta directamente con una cámara reguladora de caudales mediante una tubería en PVC de 6"

#### 14.1.1 CÁMARA REGULADORA DE CAUDAL.

La cámara reguladora de caudales se encuentra ubicada al lado de la bocatoma, (véase ilustración 24). Estas dos están comunicadas por medio de una tubería en PVC de 6", de igual manera cuenta con una tubería de salida de la cámara de 6", una tubería de rebose de 6" y una de lavado también de 6". A esta cámara como a la bocatoma también se le realizó el respectivo levantamiento y una toma de medidas las cuales se presentan a continuación.

- Largo 2,30m.
- Ancho 2,20m.
- Alto 1,50m.
- La cámara en la parte superior cuenta con dos tapas de 0,68m de diámetro para poder acceder a esta.

*Ilustración 24. Cámara reguladora de caudal*



*Fuente: Ernesto Torres*

La bocatoma tiene un diseño armonioso debido a que las tuberías que conectan a la cámara reguladora de caudal tienen el mismo diámetro, y la simetría es notoria, además, se observa cómo la incidencia del entorno en la estructura es baja, es decir, a pesar de estar en contacto con el medio ambiente, no se observa corrosión ni desgaste en la estructura. Las dimensiones colaboran con el volumen necesario para captar y suplir a la población estimada en el capítulo 16. Esta bocatoma está ubicada en un lugar alejado de la población rural lo que hace que esté más segura y la comunidad no atente contra el buen funcionar de la misma.

## **14.2 BOCATOMA RIO LINDO.**

En esta bocatoma el agua es captada de la quebrada río Lindo, la bocatoma es de tipo lateral la cual se encuentra en mal estado, esta bocatoma no cuenta con una rejilla, esto es un hecho grave debido a la presencia abundante de material vegetal, ramas y árboles que eventualmente podrán ingresar con facilidad y ocasionar obstrucciones en el sistema. De igual manera, en la aducción tampoco se cuenta con una tapa, dejando la estructura expuesta a la contaminación por agentes externos afecten la calidad del agua. (Véase ilustración 25).

La estructura en la parte inferior tiene orificios, ocasionando que en tiempo de sequía no llegue la suficiente agua a la tubería, debido a que se pierde el caudal por la filtración.

A continuación, presentamos el levantamiento y toma de medidas que se realizó a la estructura.

- Largo 10m y ancho 0,60m.
- Canal de conducción 5,10m.
- Soporte frontal 2,5m.
- Pasarela 4m de largo x 0,50m de ancho.
- Diámetro de la tubería de salida 8" en hierro galvanizado.

*Ilustración 25. Bocatoma rio Lindo*



*Fuente: Propia*

Esta bocatoma se encuentra en mal estado, pues a simple vista se evidencia que el material vegetal ha afectado su estructura, además no cuenta con la rejilla que es fundamental para impedir el ingreso de objetos externos al acueducto. Esta bocatoma es lateral, por tanto, el contacto con la vegetación es mayor y evidentemente la ha afectado, por esta misma razón el camino de llegada a esta es complicado, pues justo antes de llegar a ella la superficie es resbalosa complicando así su mantenimiento. Por otra parte, la tubería que conduce el agua desde la bocatoma hasta el desarenador esta agujerada en la parte inferior, impidiendo así el paso completo del caudal captado, y disminuyendo la cantidad de agua que abastece al municipio.



## 15 DIAGNÓSTICO DEL DESARENADOR LAGUNA DEL INDIO

A metros de la bocatoma y la cámara reguladora de caudales, se encuentra el desarenador el cual tiene una tubería de entrada y de salida de la estructura de 6" en material PVC; tiene una tubería de rebose de 6". La estructura del desarenador de la laguna del indio está ubicada en las coordenadas 4° 24'18.0" N y 74°27'30.4" W. (Véase ilustración 26).

Esta estructura tiene como finalidad realizar un pretratamiento de toda el agua que llega de la bocatoma, aquí el desarenador se encargará de sedimentar todas las partículas discretas, que son aquellas que no cambian de forma, tamaño o densidad en el proceso de sedimentación, evitando de esta manera que los sedimento vayan a obstaculizar la tubería.

Este desarenador es de tipo flujo horizontal y a simple vista no presenta filtraciones en su estructura, pero debido a la ausencia de tapas o rejas en la caja de las válvulas de entrada y la falta de una tapa en la parte superior de la estructura que eviten el ingreso de material que pueda taponar la tubería de salida del desarenador tales como tablas, palos, ramas, hojas u otros objetos; hace que la estructura se encuentre en mal estado y por ende el proceso de pretratamiento no se realiza de manera efectiva.

A continuación, se presenta el levantamiento y toma de medidas que se realizó a la estructura.

- Largo 12,50m.
- Ancho 4m.
- Alto 2,81m
- Cámara de válvulas de entrada la cual tiene las siguientes dimensiones 3,50m x 1,20m x 1m de profundidad.
- Cámara de lavado y de rebose la cual cuenta con dos tuberías de 6" en PVC y de 1,50m de largo x 1,50 metros de ancho y 1 metro de profundidad.
- Paredes del desarenador 0,25m.
- Altura lámina de agua 2m.

*Ilustración 26. Desarenador laguna del Indio*



*Fuente: Ernesto Torres*

El desarenador no tiene tapas de protección que sin lugar a dudas han afectado el normal funcionamiento de la estructura, evitando que la sedimentación sea óptima y haciendo que la calidad del agua disminuya considerablemente. En cuanto a las dimensiones de la estructura, se puede afirmar que son adecuadas para la cantidad de agua que está llegando, según observaciones en el lugar. A pesar de los defectos del desarenador son remediabiles con poco esfuerzo, se debe colocar las tapas necesarias e intensiva la seguridad para que no sean desplazadas de su lugar.

## 16 DIAGNÓSTICO DE LA CONDUCCIÓN BOCATOMA LAGUNA DEL INDIO

Se hará un levantamiento del recorrido que se hizo en las visitas desde la cámara de quiebre hasta la planta de tratamiento, según las visitas de campo realizadas y finalmente se dará un diagnóstico del estado general de la conducción.

### 16.1 GENERALIDADES DEL RECORRIDO

#### 16.1.1 CÁMARA DE QUIEBRE 1

Siguiendo el recorrido de la conducción, después del desarenador está la primera cámara de quiebre ubicada en las coordenadas 4° 24'21.8" N y 74°27'49.1" W. La cámara tiene una tubería de entrada y de salida de 6" en PVC, pero no se encuentra en funcionamiento porque el agua no descarga en ella debido a que la gente se roba la tubería y hace conexiones ilegales en las paredes de la cámara para acceder al servicio. (Véase ilustración 27)

A continuación, está la toma de medidas y el levantamiento que se realizó a la estructura.

- Largo 3,40m.
- Ancho 3,36m.
- Alto 1,50m.
- Espesor de las paredes 0,25m.
- Tapa 0,68m de diámetro.
- Caja de lavado 1x1m.

*Ilustración 27. Cámara de quiebre 1*



*Fuente: Ernesto Torres*

### 16.1.2 VIADUCTO 1

Delante de la cámara de quiebre, se ubica el primer viaducto de la conducción el cual se encuentra en las coordenadas  $4^{\circ} 24'25.7''$  N y  $74^{\circ}27'57.4''$  W. El viaducto tiene una longitud de 4,70m con una tubería de 6" en PVC y se encuentra protegido por medio de una estructura metálica. (Véase ilustración 28)

*Ilustración 28. Viaducto 1*



*Fuente: Ernesto Torres*

### 16.1.3 VIADUCTO 2

El segundo viaducto se encuentra dividido en 4 secciones con las siguientes longitudes. 9,20m, 9,70m, 10m y 5m respectivamente. El viaducto tiene una tubería de 6" en PVC protegido por estructura metálica que se encuentran sobre unas columnas de 0,90 x 0,90m. El viaducto se localiza en las coordenadas  $4^{\circ} 24'29.''$  N y  $74^{\circ}28'02.6''$  W. (Véase ilustración 29).

*Ilustración 29. Viaducto 2*



*Fuente: Ernesto Torres*



### 16.1.4 VIADUCTO 3

El tercer viaducto se encuentra ubicado en las coordenadas 4° 24'34.7" N y 74°28'05.4" W. El viaducto es en estructura metálica con tubería de 6" en PVC con una longitud de 6m; en este punto el viaducto tiene dos rupturas de aireación y tiene una acometida de 1" de forma ilegal. (Véase ilustración 30).

*Ilustración 30. Viaducto 3.*



*Fuente: Ernesto Torres*

### 16.1.5 CÁMARA DE QUIEBRE 2

Más adelante siguiendo el recorrido nos encontramos con una segunda cámara de quiebre que se encuentra en las coordenadas 4° 25'04.1" N y 74°28'14.4" W. Esta cámara tiene una tubería de entrada y de salida de 6" en PVC y no se encuentra en funcionamiento por que se encuentra totalmente destruida. (Véase ilustración 31)

A continuación, presentamos las medidas que se tomaron a lo que quedaba de la estructura.

- Largo 3,30m.
- Ancho 3,30m.
- Espesor de las paredes 0,10m.
- Cámara de válvula de entrada y salida de 1x1m.

*Ilustración 31. Cámara de quiebre 2*



*Fuente: Ernesto Torres*

#### **16.1.6 VIADUCTO 4**

El cuarto viaducto que se encuentra en las coordenadas  $4^{\circ} 25'22.1''$  N y  $74^{\circ}28'33.3''$  W. Tiene una longitud de 6m con tubería en PVC de 6" y se encuentra protegida con una estructura metálica. (Véase ilustración 4)

*Ilustración 32. Viaducto 4.*



*Fuente: Propia*

### 16.1.7 VIADUCTO 5

Ubicado en las coordenadas 4° 25'20.8" N y 74°28'37.6" W. Tiene una longitud de 3m con tubería en PVC de 6" y se encuentra protegida por una estructura metálica. (Véase ilustración 33).

*Ilustración 33. Viaducto 5.*



*Fuente: Ernesto Torres*

### 16.1.8 VIADUCTO 6

El sexto viaducto ubicado en las coordenadas 4° 25'20.6" N y 74°28'39.0" W. Este tiene una longitud de 3m en tubería de 6" en PVC protegido con una estructura metálica. (Véase ilustración 34).

*Ilustración 34. Viaducto 6*



*Fuente: Ernesto Torres*

### 16.1.9 CÁMARA DE QUIEBRE 3

Más adelante está la tercera cámara de quiebre ubicada en las coordenadas 4° 25'35.5" N y 74°28'49.1" W. En la cámara se observa una tubería de entrada y de salida de 6" en PVC, la cámara se encuentra enterrada y no tiene tapa, probablemente fue tomada por la comunidad de manera ilegal.

(Véase ilustración 35)

A continuación, presentamos el levantamiento que se le hizo a la estructura.

- Largo 4,50m.
- Ancho 3,50m.
- Espesor de las paredes 0,25m.
- Cámara de válvulas de entrada y salida 1x1m.

*Ilustración 35. Cámara de quiebre 3*



*Fuente: Ernesto Torres*

### 16.1.10 TEE

En el recorrido se encuentra una Tee en las coordenadas 4° 25'35.3" N y 74°28'35.3" W. En este punto por medio de un collarín en forma de Tee de 6" en PVC que luego se conecta a un tubo de 2" y después entrega agua en un tubo de ½", distribuye agua a una finca cercana.

(Véase ilustración 36).



*Ilustración 36. Tee.*



*Fuente: Ernesto Torres*

#### **16.1.11 VENTOSA 1**

Siguiendo en el recorrido hay una ventosa en las coordenadas 4° 25'54.7" N y 74°29'23.4" W. A 966 msnm, se encuentra a una profundidad de 0,40m y tiene una tubería de ½" en PVC.

(Véase ilustración 37).

*Ilustración 37. Ventosa 1.*



*Fuente: Ernesto Torres*

### 16.1.12 VIADUCTO 7

El séptimo viaducto está ubicado en las coordenadas 4° 26'09.8" N y 74°30'01.3" W. Tiene una longitud de 30m con una tubería de 6" en PVC protegido con una estructura metálica. (Véase ilustración 38)

*Ilustración 38. Viaducto 7.*



*Fuente: Ernesto Torres*

### 16.1.13 VIADUCTO 8

El octavo viaducto en las coordenadas 4° 25'52.0" N y 74°30'21.1" W. Cuenta con una longitud de 7m con tubería en PVC de 6" protegida con una estructura metálica. (Véase ilustración 39)

*Ilustración 39. Viaducto 8.*



*Fuente: Ernesto Torres*

#### 16.1.14. FILTROS RÁPIDOS Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO ALTO DE LA TORRE.

La estructura se encuentra en las coordenadas 4°26'02.9" N. y 74°30'42,5" W. a 834 msnm, no se observa deterioro, los filtros están cubiertos en malla metálica para evitar el ingreso de materiales contaminantes, el tanque cuenta con una distribución de tuberías que pasan de 10" a 8", 6" y 3" llevando así de esta manera el agua hacia la PTAP compacta y hasta los tanques de almacenamientos ubicados en la misma. (Véase ilustraciones 40 y 41).

A continuación, presentamos el levantamiento que se realizó a los filtros rápidos.

- Largo 6,80m.
- Ancho 5,90m.
- Canalización de entrada con 3m de longitud y 0,52m de ancho, esta pasa a una canalización de distribución a los filtros principales de tratamiento por medio de un canal que cuenta con un ancho de 0,65m y un largo de 6,30m.
- Cámaras de filtrado cuentan con unas dimensiones de 2,40m de largo x 1,50m de ancho.
- La cámara posterior de distribución, conducción al tanque cuenta con las siguientes dimensiones; 1,40m de ancho x 1,50 de largo con dos secciones de la esquina que miden 0,60m con una estructura o muro a la mitad de ella que mide 0,60m de 0,25m de espesor.
- Profundidad del filtro 6m.
- los filtros cuentan con 4 tuberías de lavado de 4" las cuales se encuentran en cámaras de 1m x 1m con un muro de 0,25m de espesor.
- El espesor de las paredes del filtro rápido es de 0,25m.
- De este tanque salen dos tuberías una de 8" y otra de 4" de forma paralela.

*Ilustración 40. Filtros rápidos*



*Fuente: Ernesto Torres*



A continuación, se presenta el levantamiento realizado al tanque de almacenamiento.

- Largo 11,60m.
- Ancho 5,90m.
- Profundidad 6m.
- Espesor de las paredes 0,25m.
- Tiene dos tapas de 0,80 x 0,80m.
- Una cámara de lavado inferior con dos tuberías de 4" de dimensiones 1,5m de largo x 1,5m de ancho x 1m de profundo.
- una tubería de entrada de 4" en la parte superior.
- cámara de salida con una tubería de 10" y las siguientes dimensiones 1,5m de largo x 1,5m de ancho x 1m de profundo.

*Ilustración 41. Tanque de almacenamiento.*



*Fuente: Ernesto Torres*

La tubería que finalmente viene del tanque alto de la torre y que llega a la PTAP de tipo compacta presenta varias reducciones en todo su trayecto llegando a la planta una tubería de 3". La primera reducción de la tubería está a 100 metros después del tanque; en este punto la tubería se reducirá de 10" a 8". La siguiente reducción pasa de 8" a 6".

Se encuentra un cambio de 4" a 3" y de 4" a 2 1/2", la segunda tubería conduce a un batallón en una tubería de hierro galvanizado para terminar más adelante la tubería en una obra inconclusa la cual busca distribuir agua a los barrios Allende, 1 de Mayo y Arrayanes. Y la otra tubería sigue hacia la planta para ser tratada.



## **16.2 OBSERVACIONES DE CONDUCCIÓN DEL AGUA DE LA BOCATOMA DE LAGUNA DEL INDI**

El camino del agua en la aducción y conducción no es óptimo pues a lo largo del mismo hay afectaciones que impiden un funcionamiento normal del acueducto, la delincuencia y la falta de cultura ha debilitado el interés por mejorar la calidad del agua, ya que evitan poner partes necesarias del acueducto porque se supone que las robarán y será dinero perdido. En el recorrido se observó que de las 3 cámaras de quiebre solamente una está funcionando, pero no lo hace de buena forma debido a que está enterrada y la tapa no se encuentra, de lo que podemos concluir que ninguna cámara de quiebre aporta al sistema de acueducto. Se ha hurtado las tuberías de las cámaras y las tapas, esto es en mayor medida por parte de las fincas adyacentes pues teniendo la fuente de agua próxima a sus lugares de residencia prefieren tomarla de manera ilegal antes que pagar un servicio, sin tener en cuenta la afectación al municipio. En cuanto a los viaductos, han sido protegidos con estructuras metálicas y en ocasiones apoyados sobre columnas, solamente el viaducto 3 presentó acometidas de aireación, los otros cuentan con conexiones ilegales que afectan, pero el impacto no es tan marcado.

En el alto de la torre se encuentran filtros rápidos y tanques de almacenamiento de donde posteriormente saldrá el agua para la planta de tratamiento. En estos filtros hay obras inconclusas, probablemente a causa de la falta de presupuesto, lo que ensucia el buen funcionar de la conducción. Los filtros están protegidos con una malla metálica lo que es bueno, y las tuberías van variando su tamaño de forma secuencia tal que impida grandes pérdidas en el sistema.

## 17 DIAGNÓSTICO DESARENADOR RÍO LINDO.

El desarenador de esta línea de captación se encuentra en las coordenadas 4° 25'57.5" N y 74°28'57.2" W. A él llega una tubería de entrada de 8" en hierro galvanizado y tiene dos tuberías de salida de 4" en PVC, con rebose y tubería de lavado de 8". (Véase ilustración 42)

Este desarenador no se encuentra en buenas condiciones debido a que no hay tapas en la caja donde se ubica la válvula de entrada, ni en la estructura superior permitiendo así el ingreso de cualquier tipo de material que afectaría la calidad del agua y que podría llegar a taponar las tuberías. A esto se le suma que el desarenador presenta rebose y un nivel de turbiedad elevado.

A continuación, se muestra el levantamiento que se le realizó a la estructura.

- Largo 6,50m.
- Ancho 3,40m.
- Alto 2m.
- Espesor paredes 0,50m
- cámara de válvulas de entrada 1.50m largo x 1.50m ancho x 1m de profundo y espesor de paredes de 0.25m
- Cámara de tubería de salida de 1m x 1m con una profundidad de 0.80m con 2 tuberías de 4".
- Cámara de lavado y de rebose la cual cuenta con dos tuberías de 8" en PVC y de 1.50m de largo y 1.50 metros de ancho y 1 metro de profundo.

*Ilustración 42. Desarenador rio Lindo.*



*Fuente: Propia*

El desarenador no tiene tapa y la tubería que conecta la bocatoma con este esta fisurada, luego no llega agua suficiente y además el volumen no ocupado por el agua infiltrada por la tubería es adaptado por el medio pues entran animales, ramas y otros objetos externos al acueducto. Las condiciones en que se encuentra el desarenador son lamentables, pues las tuberías presentan oxidación y los muros en concreto un desgaste notorio que alteran el agua que se entrega a la comunidad.

## 18 DIAGNÓSTICO DE LA CONDUCCIÓN DE LA BOCATOMA RIO LINDO

### 18.1 GENERALIDADES DEL RECORRIDO

A continuación se hará un levantamiento del recorrido desde el desarenador hasta la planta de tratamiento con base a las visitas de campo realizadas y finalmente se dará un diagnóstico del estado general de la conducción.

#### 18.1.1 VENTOSA 1.

Se encuentra a los 982 msnm una ventosa la cual tiene una profundidad de 0,40m con una tubería de 4" en PVC. (Véase ilustración 43)

*Ilustración 43. Ventosa 1 "río Lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

#### 18.1.2 TUBERÍA SUPERFICIAL.

En el punto con coordenadas 4° 26'04.6" N y 74°29'02." W. A una altura de 967 msnm se encuentran dos tuberías de 4" las cuales se encuentran a una profundidad de 0,40m y no se encuentra enterradas. (Véase ilustración 44)

*Ilustración 44. Tubería superficial "rio lindo"*



*Fuente: Ernesto Torres*

### **18.1.3 TUBERÍA EXPUESTA.**

Metros más adelante en las coordenadas 4° 26'11.6" N y 74°29'06.2" W, hay una tubería expuesta. (Véase ilustración 45).

*Ilustración 45. Tubería expuesta "río Lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

### **18.1.4 VIADUCTO 1.**

Siguiendo con el recorrido hay un viaducto que tiene una longitud de 10m. Por él pasa una tubería de 3" en PVC y otra de 4" en mercurio, esta última cuenta con un recubrimiento de concreto. Aparte de esto al inicio del viaducto se encuentra una caja con las siguientes dimensiones 1,2m x 1,2m x 0,60m dicha caja está dañada y en el interior hay una válvula de 3". (Véase ilustración 46).



*Ilustración 46. Viaducto 1. "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

#### **18.1.5 CÁMARA DE QUIEBRE FUERA DE SERVICIO.**

Unos metros más adelante en las coordenadas 4° 26'13.6" N y 74°29'17.1" W se encuentra una cámara de quiebre la cual se encuentra fuera de servicio; esta cámara tiene las siguientes dimensiones 0,40m x 0,40m x 0,60m. (Véase ilustración 47).

*Ilustración 47. Cámara de quiebre "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

#### **18.1.6 CRUCE DE TUBERÍA**

Siguiendo con el recorrido, en las coordenadas 4° 26'13.9" N y 74°29'20.0" W. Encontramos un cruce de tuberías por donde pasan las tuberías de 3" y 4". (Véase ilustración 48).

*Ilustración 48. Cruce de tubería "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

### **18.1.7 VIADUCTO 2.**

Metros más adelante está el segundo viaducto de la conducción, el cual se encuentra ubicado en las coordenadas 4° 26'14.6" N y 74°29'26.0" W. El viaducto tiene una longitud de 20m, tiene una protección en concreto, pero se encuentra destruido en una parte donde se alcanza a ver parte de una tubería de 4". (Véase ilustración 49)

*Ilustración 49. Viaducto 2 "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

### **18.1.8 VIADUCTO 3.**

Este es el viaducto de la tubería de 3" en hierro galvanizado, se encuentra ubicado en las coordenadas 4° 26'14.6" N y 74°29'28.0" W. Tiene una longitud de 20m. (Véase ilustración 50)

*Ilustración 50. Viaducto 3 "Rio Lindo"*



*Fuente: Ernesto Torres*

### **18.1.9 PURGA 1**

Siguiendo el recorrido hay una válvula de purga de 3" en las coordenadas 4° 26'14.9" N y 74°29'32.3" W. (Véase ilustración 51)

*Ilustración 51. Purga 1 "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

### **18.1.10 VIADUCTO 5.**

Se halla un quinto viaducto el cual tiene una longitud de 40m y por el cual pasa una tubería de 4" en PVC sobre una estructura en concreto. (Véase ilustración 52).



*Ilustración 52. Viaducto 5 "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

#### **18.1.11 VIADUCTO 6.**

El sexto viaducto ubicado en las coordenadas 4° 26'18.1" N y 74°30'16.9" W. Este tiene una longitud de 40m y pasa la tubería de 3" en hierro galvanizado sobre una estructura en concreto. (Véase ilustración 53)

*Ilustración 53. Viaducto 6 "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

#### **18.1.12 RAMAL PUERTO FLORES.**

Algunos metros adelante de este último viaducto en las coordenadas 4° 26'18.1" N y 74°30'17.1" W. Se encuentra una TEE que distribuye agua en una tubería de 2" hacia el ramal de puerto flores. (Véase ilustración 54)

*Ilustración 54. Ramal puerto flores "rio lindo"*



*Fuente: Ernesto Torres*

### **18.1.13 PURGA 2.**

En coordenadas 4° 26'17.9" N y 74°30'17.6" W. Encontramos una segunda válvula de purga de 3" en hierro galvanizado, dicha válvula se encuentra dentro de una caja que tiene 1,20x1,20x0,70m. (Véase ilustración 55)

*Ilustración 55. Purga 2 "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

### **18.1.14 VIADUCTO 8.**

Siguiendo la secuencia está el octavo viaducto el cual tiene una longitud de 40m y se encuentra ubicado en las coordenadas 4° 26'16.6" N y 74°30'29.4" W. Por él pasa la tubería de 3" y la de 4" siendo en PVC las dos. (Véase ilustración 56)

*Ilustración 56. Viaducto 8. "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

#### **18.1.15 VENTOSA 2.**

Posteriormente se encuentra una válvula de ventosa de 3" en PVC ubicada en coordenadas 4° 26'16.9" N y 74°30'37.3" W. La cual se encuentra dentro de una caja de 0,50m x 0,50m x 0,40m. (Véase ilustración 57)

*Ilustración 57. Ventosa 1 "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

### 18.1.16 Purga 3.

En las coordenadas 4° 26'16.0" N y 74°30'44.2" W. Hay una válvula de purga de 3" en hierro galvanizado. (Véase ilustración 58)

*Ilustración 58. Purga 3 "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

## 18.2 OBSERVACIONES CONDUCCIÓN DEL AGUA DE LA BOCATOMA DE RÍO LINDO

En el camino se encuentran tuberías superficiales expuestas enterradas 40 cm, esta exposición hace que sea susceptible a daños de la comunidad y elementos del medio, como animales, y plantas por tanto no es recomendable que estén de esta forma y sin ningún tipo de protección. En el primer viaducto, hay un recubrimiento en concreto que protege la integridad del sistema, pero hay una caja dañada, evidentemente, por el desgaste, es decir, la falta de mantenimiento; en el interior de la caja hay una válvula operando de manera óptima, pero por el mal estado de la caja puede dejar de hacerlo. La cámara de quiebre encontrada estaba fuera de servicio que puede traer complicaciones en las tuberías debido a la presión.

Se puede decir que las tuberías están en buen estado, nada más allá del desgaste normal debido al uso. Las ventosas han estado cubiertas por cajas que no están en las mejores condiciones, pero aun así cumplen con su función de protegerlas entonces, en este camino es posible concluir que se necesita un plan que permita cuidar el sistema del daño rápido por la falta de mantenimiento.



## 19 DIAGNÓSTICO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Hay dos plantas de tratamiento iguales disponibles para todo el caudal captado, tanto de Río Lindo como de la Laguna del Indio. (Véase ilustraciones 59, 60 y 61)

*Ilustración 59. Plantas de Tratamiento*



*Fuente: Propia*

En una de las plantas compactas está llegando un caudal de 3 L/s del río Lindo debido a taponamiento en el recorrido, y de la laguna del indio llega un caudal de 20 l/s.

Según información suministrada por el responsable del correcto funcionamiento de la planta, a ésta se le aplican 1200 gr en un tanque de 1m<sup>3</sup> de coagulante sulfato de aluminio para realizar la floculación y coagulación del agua para un sistema de duración de 8 horas y al tanque de desinfección se le aplican 2400 gr hipoclorito para 12 horas en un sistema de goteo.

A la planta llega un caudal de 20L/s que proviene de la laguna del Indio, de río Lindo no está llegando agua por taponamientos en la tubería.

Dimensiones de la planta:

- Diámetro 15m.
- Alto 3.50m.
- Radio 7.5m
- Las cámaras de limpieza o tanque de lavado de los filtros tienen 1,20m de alto por 5 de ancho con un radio de 1,50m,
- El desagüe de los tanques de floculación es de 2".

*Ilustración 60. Planta de tratamiento*



*Fuente: Propia*

*Ilustración 61. PTAP compactas.*



*Fuente: Propia*

## 20 DIAGNÓSTICO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Existe un único tanque que se encarga de recibir toda el agua tratada que viene de las plantas de tratamiento compactas, el tanque tiene un muro que lo divide en dos partes iguales, una parte para cada planta de tratamiento. El tanque tiene 2 tuberías de 4" que viene de una planta y otra de 6" proveniente de la otra; este tanque cuenta con una capacidad de 300m<sup>3</sup>. (Véase ilustración 62)

Los tanques presentan la siguiente distribución:

- 4" hacia el barrio obrero.
- 3" a los barrios allende y dorado los cuales se reducen respectivamente en 2" y ½".
- 3" al barrio santa Liliana y San Pedro.
- 4" al centro poblado.

El tanque se encuentra dividido por dos cámaras las cuales tienen las siguientes dimensiones:

- Largo 18,50m.
- Ancho 9,10m.
- Alto 3,40m.
- Espesor 0,25m.
- Compuerta de entrada 0,80m x 0,80m.
- Cámara de salida 1,60m de ancho, 4m de largo y 1m de profundidad con un espesor de 0,20m.
- También cuenta con una cámara de Macromedidores la cual mide 3.5m x 3.5m con una profundidad de 1.30m y una pared de 0.25m.

*Ilustración 62. Tanques de almacenamiento "rio lindo".*



*Fuente: Ernesto Torres*

## 21 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DESDE LAS BOCATOMAS HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

Con base en las visitas que se realizaron al sistema de acueducto del municipio de Viotá se elabora el siguiente diagnóstico en el cual se habla del estado de las bocatomas y desarenadores que conforman el acueducto del municipio.

### 21.1 DIAGNOSTICO BOCATOMA DESARENADOR Y CONDUCCIÓN LAGUNA DEL INDIO.

Iniciando con las estructuras de la bocatoma de la laguna del indio, se puede decir que la captación en este punto se hace por medio de una bocatoma de fondo, la cual se encuentra en un estado regular debido a que no se le hace un mantenimiento periódico que ayude a preservar por más tiempo la estructura.

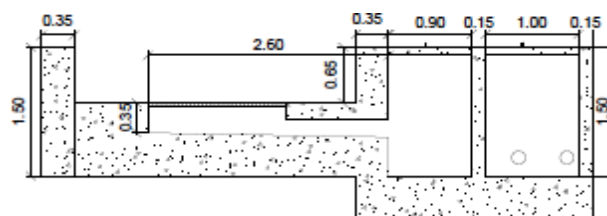
Esta bocatoma tiene una rejilla que es por donde ingresa el agua al sistema la cual ya se encuentra un poco oxidada, sus dimensiones son 1.5m de largo por 0.5m de ancho, tiene 35 barras de 1" las cuales se encuentran separadas cada 2.5cm.

En el punto donde se encuentra la bocatoma como hay muy poco material vegetal, resulta un poco ventajoso ya que se puede captar un agua más limpia.

Junto a la bocatoma se encuentra una cámara reguladora de caudales la cual se encuentra en buen estado con excepción a los peldaños que se encuentra dentro ella los cuales se utilizan para ingresar a la cámara; estos peldaños al ser de hierro ya se encuentra muy oxidados y hay uno que se han desprendido lo cual puede ocasionar accidentes.

A esta cámara llega una tubería en PVC de 6", también tiene una tubería de 6" en PVC la cual se dirige al desarenador que se encuentra ubicado 121m más adelante. Por ultimo tenemos otra tubería de 6" en PVC la cual se encarga en sacar el caudal excedente de la cámara (Véase ilustraciones 63 y 64) donde podemos ver el plano actual de esta estructura.

*Ilustración 63. Corte Bocatoma actual laguna el indio*

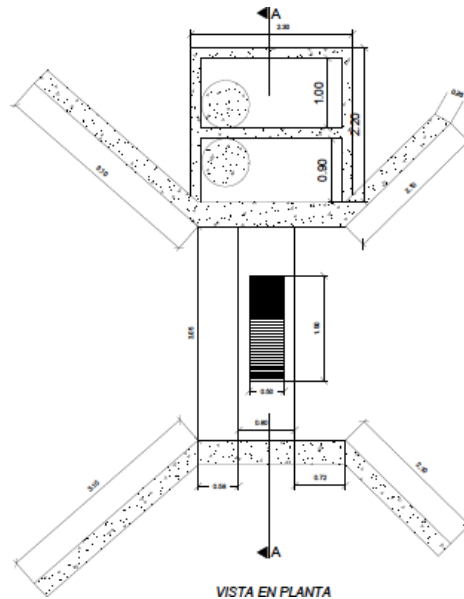


VISTA EN CORTE A-A

Fuente: Propia



Ilustración 64. Planta bocatoma actual laguna el indio



Fuente: Propia

Siguiendo con el desarenador podemos decir que este es de flujo lateral, está estructura tiene como finalidad realizar un pretratamiento a toda el agua que llega de la bocatoma; pero debido al estado en el que se encuentra dicha tarea no se realiza de la menor manera, ya que la tubería que llega de la bocatoma no conecta directamente con este, a esto también se le adiciona que toda la estructura no cuenta con una tapa superior la cual impida el ingreso de cualquier material el cual pueda taponar la tubería de salida, pues el día que realizamos la visita ocurrió dicho problema ya que una tabla había taponado la tubería que sale del desarenador afectando de esta manera el servicio.

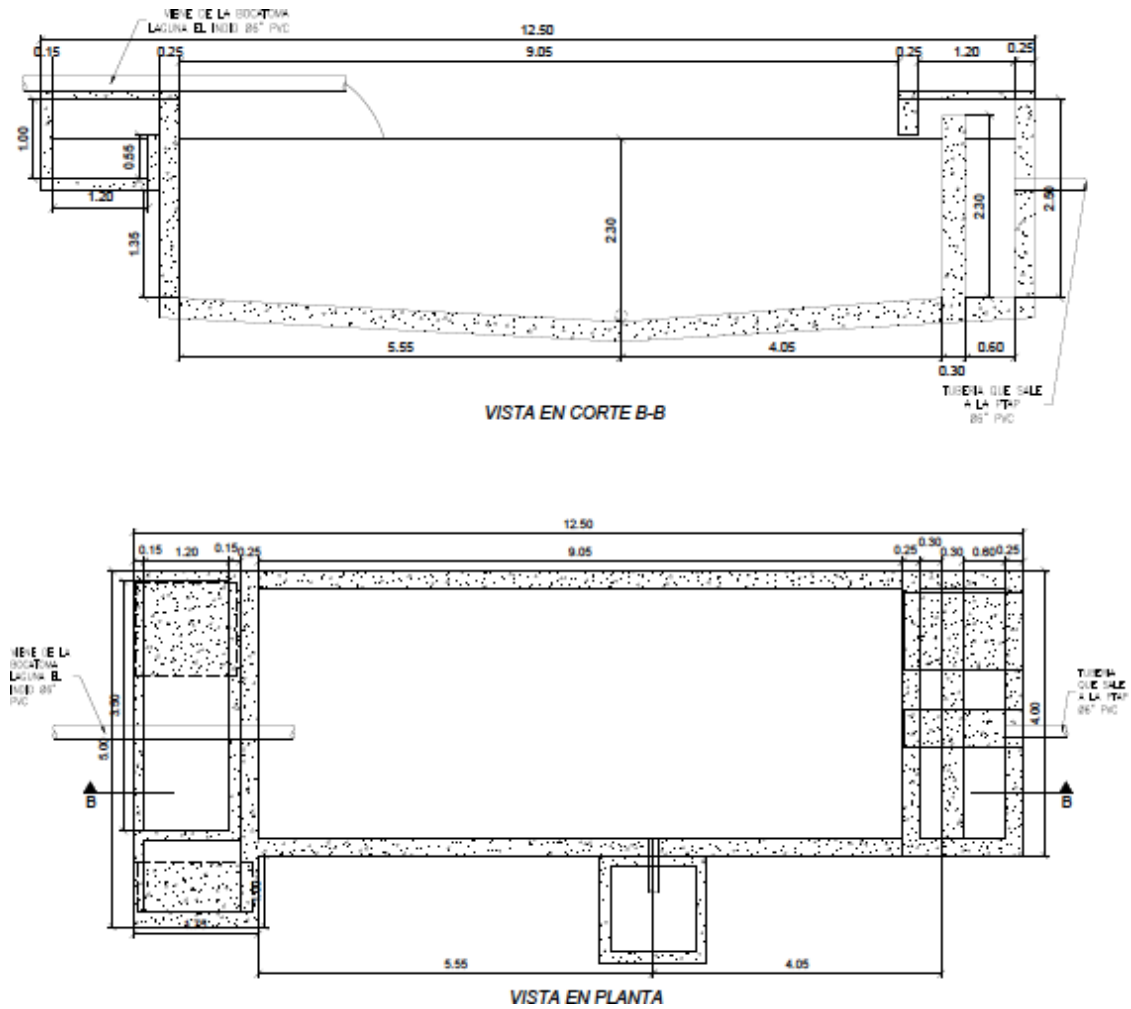
Este desarenador a pesar del tiempo que lleva construido y de la falta de mantenimiento, no presenta filtración alguna en toda su estructura. A él llega de la bocatoma una tubería de 6" en PVC y tiene una tubería de salida de 6" igualmente cuenta con una tubería de lavado de lodos de 6".

El desarenador cuenta con las siguientes dimensiones:

- Largo 12.50m
- Ancho 4m
- Alto 2.81m
- Cámara de válvula de entrada 3.50m x 1.20m x 1m
- Cámara de lavado y rebose 1.50m x 1.50m x 1m
- Espesor paredes del desarenador 0.25m
- Altura lámina de agua 2m

(Véase ilustración 65) donde se puede ver plano del desarenador actual.

*Ilustración 65. Planta y corte desarenador actual laguna del indio*



*Fuente: Propia*

Para la conducción del agua desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, pudimos ver que durante el recorrido en varios puntos hay conexiones ilegales que realizan las personas de las fincas por donde pasa esta tubería, nos comentaba el fontanero que nos acompañó a realizar el recorrido que a ellos le toca dejar que hagan estas conexiones por que las tuberías pasan por los predios de ellos.

También pudimos ver que hay muchas tuberías que se encuentran en mal estado esto debido a que como el material es en PVC y se encuentra expuesta, los rayos solares las cristalizan.

## 21.2 DIAGNOSTICO BOCATOMA DESARENADOR Y CONDUCCIÓN LAGUNA DEL INDIO.

Para este diagnóstico podemos ver que la bocatoma es lateral la cual se encuentra en muy mal estado. Esta bocatoma no cuenta con una rejilla que impida el paso de material vegetal u otros los cuales pueden taponar la tubería de aducción y en este punto donde se localiza esta estructura podemos encontrar bastantes árboles y ramas que can con gran facilidad hacia la bocatoma.

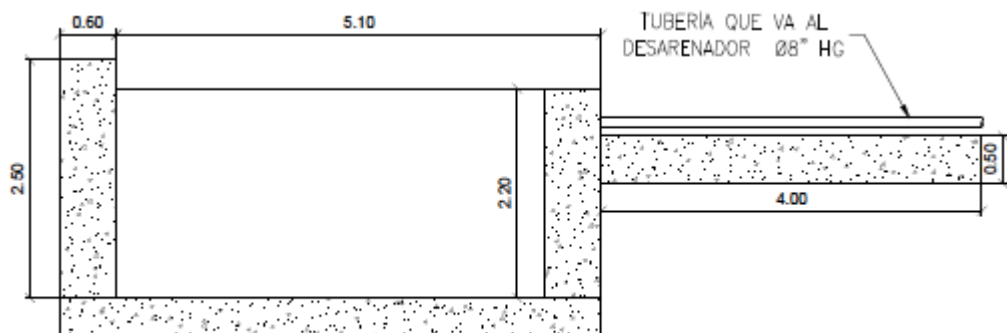
También se pudo evidenciar que la tubería que lleva el agua hacia el desarenador se encuentra rota por la parte de abajo, esta tubería es en hierro galvanizado de 8”.

La bocatoma tiene las siguientes dimensiones:

- Largo 10m
- Ancho 0.6m
- Canal de conducción 5.10m
- Pared frontal tiene una longitud de 2.5m
- Pasarela 4m de largo
- Ancho pasarela 0.5m

(Véase ilustración 66 y 67) donde se detalla el plano de la estructura actual.

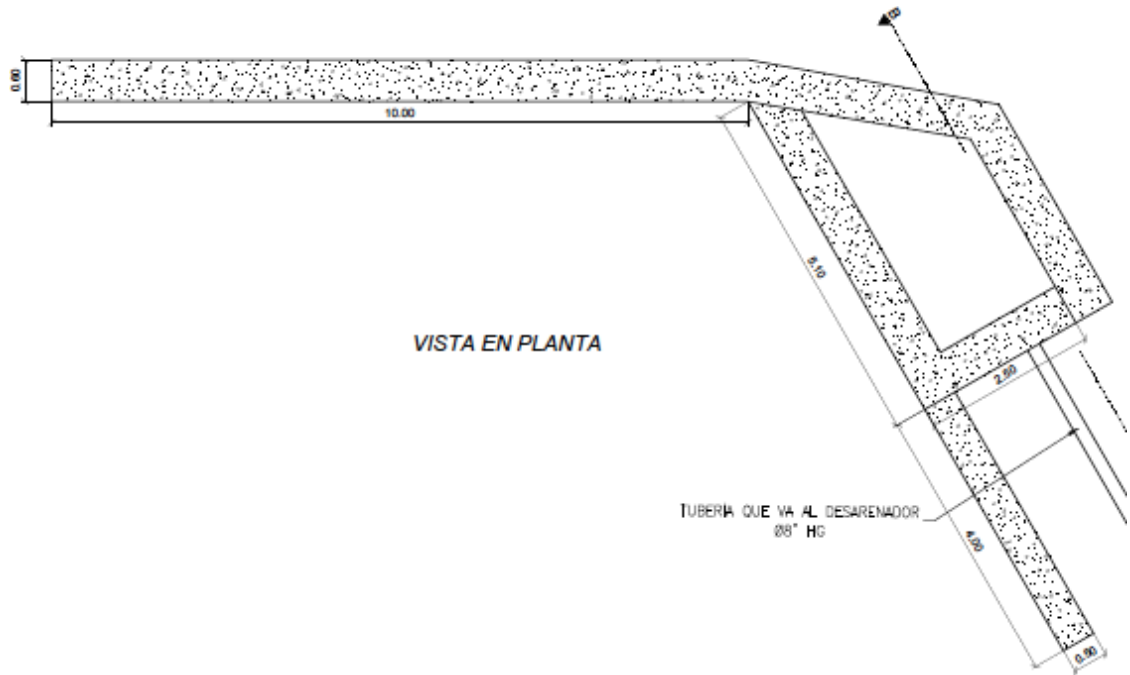
*Ilustración 66. Corte bocatoma actual rio lindo*



VISTA EN CORTE A-A

*Fuente: Propia*

Ilustración 67. Planta bocATOMA actual rio lindo



Fuente: Propia

El desarenador lo podemos encontrar a 13m más delante de la bocATOMA.

Este desarenador es de flujo horizontal el cual se encuentra en mal estado, la tubería que llega del desarenador es de 8" pero no conecta directamente a él lo cual hace que el agua coja por distintos caminos incluso por encima del desarenador cuando hay un caudal elevado; aunque este desarenador no presenta filtraciones en la estructura, este se encuentra incompleta ya que la gente de la región daña y bota las tapas de este, permitiendo con esto que ingrese a la estructura cualquier elemento o animal lo cual puede afectar la calidad del agua.

A la estructura llega una tubería de la bocATOMA de 8" en hierro galvanizado y salen dos tuberías hacia la planta de tratamiento de 4" en PVC.

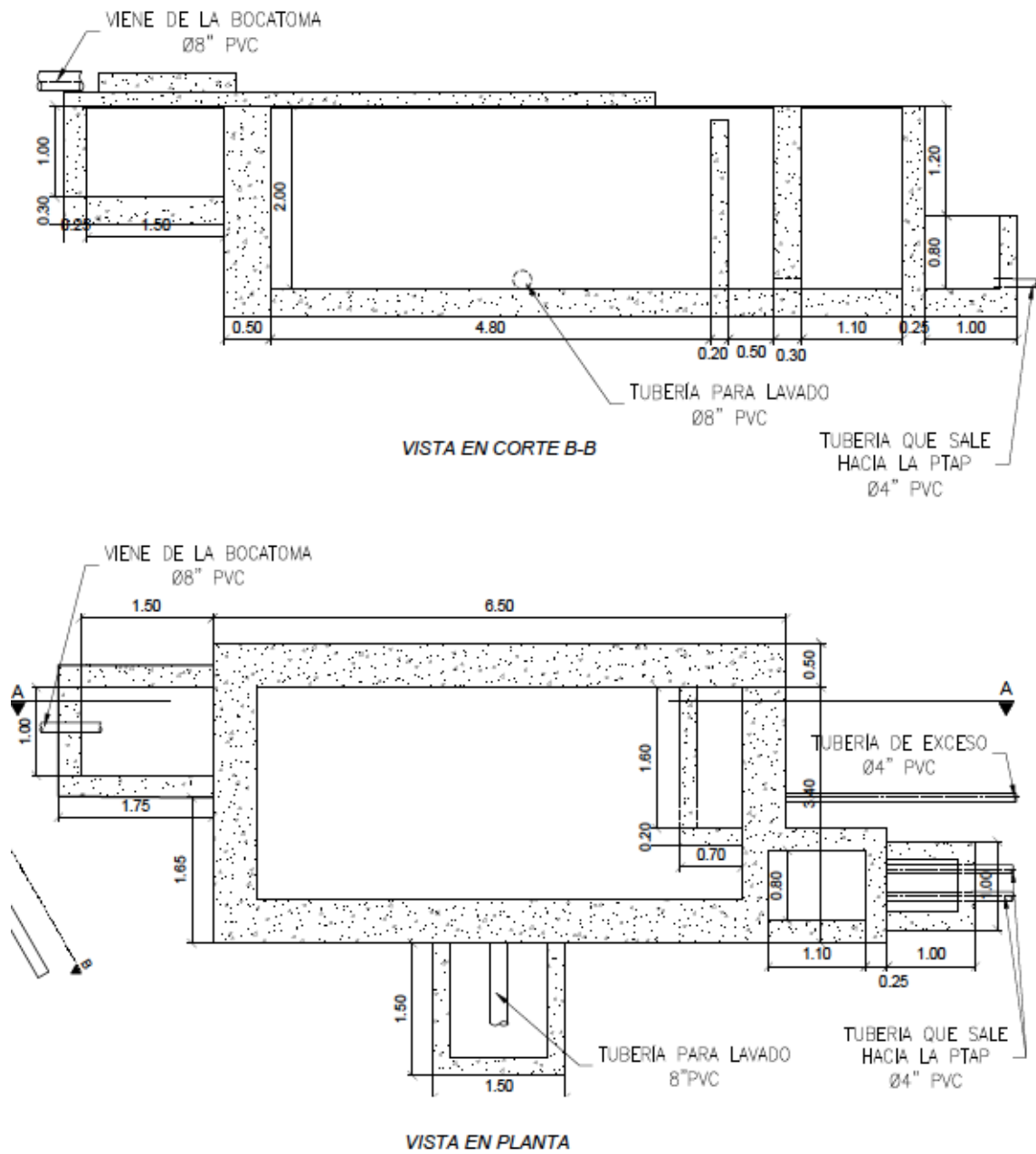
La estructura tiene las siguientes dimensiones:

- Largo 6.5m
- Ancho 3.4m
- Alto 2m
- Espesor de las paredes 0.5m
- Cámara de válvula de entrada 1.5m x 1m x 1m y las paredes tienen un espesor de 0.25m

- Cámara de lavado y rebose tiene una tubería de 8" en PVC y sus dimensiones son 1.5m x 1.5m x 1m

(Véase ilustración 68) en la cual se detalla un plano de la estructura actual del desarenador.

*Ilustración 68. Corte y planta bocATOMA actual rio lindo*



*Fuente: Propia*

Para la conducción del agua desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, pudimos ver que se presenta los mismos problemas de la otra conducción ya que tenemos conexiones ilegales que realizan las personas de las fincas por donde pasa esta tubería.

También hay tuberías que se encuentran expuestas las cuales están cristalizadas por causa del sol.



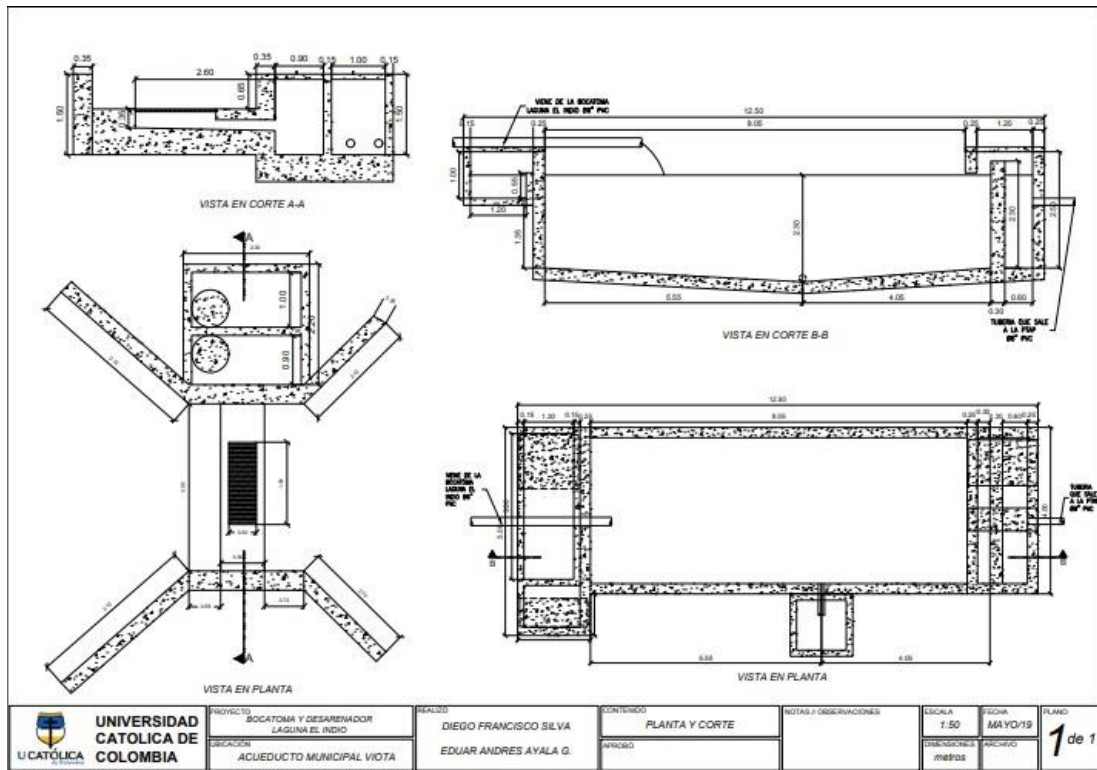
## 22 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

En este capítulo se establecen las condiciones necesarias para mejorar el estado del acueducto actual. Se presentarán los planos de las estructuras en las condiciones actuales y los planos de la optimización los cuales vienen del diseño presentado en los anexos.

### 22.1 Bocatoma y Desarenador Laguna del Indio

La bocatoma y el desarenador de la laguna del indio se encuentra como se presenta en la ilustración 69 y como fueron descritas a lo largo del trabajo.

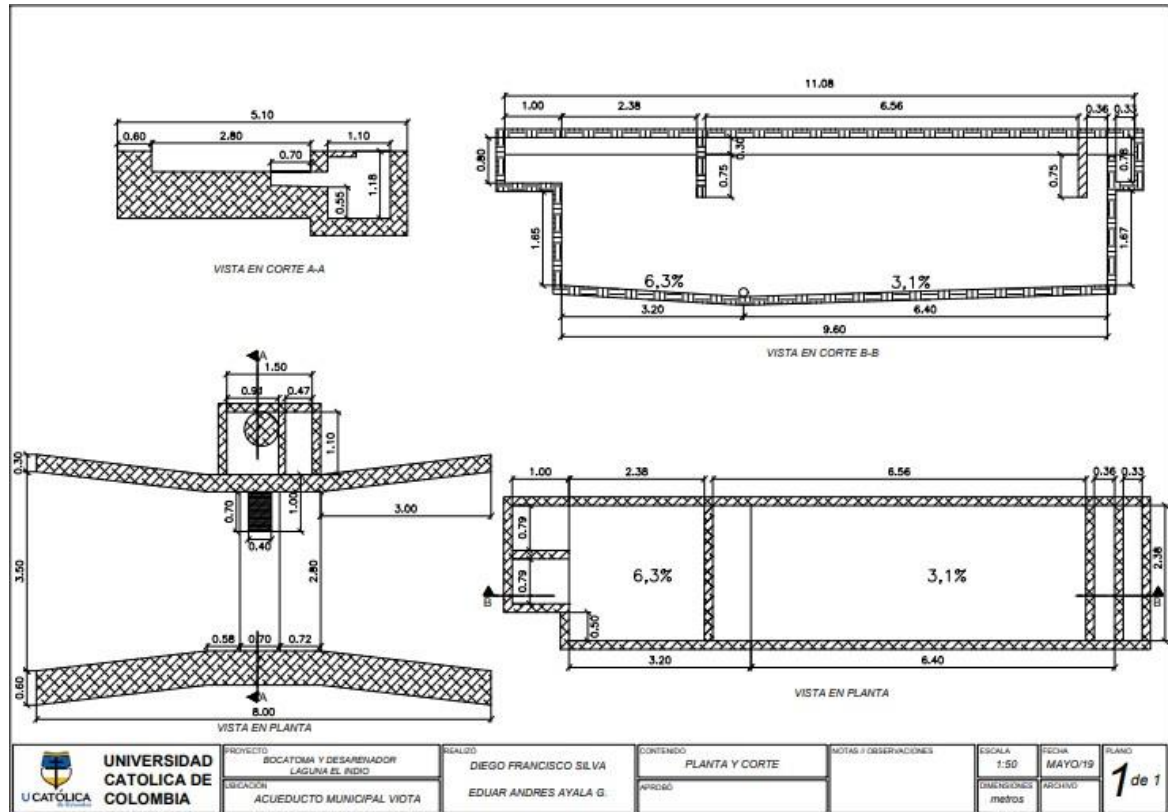
Ilustración 69. Planos actuales bocatoma y desarenador laguna el indio



Fuente: Propia

Según el diseño realizado (anexos B y C) la bocatoma y el desarenador deberían estar en las siguientes condiciones. (Véase ilustración 70)

Ilustración 70. Diseño bocatoma y desarenador laguna el indio



Fuente: Propia

La bocatoma tiene una rejilla cuya oxidación es notoria, sus dimensiones son 1.5m de largo por 0.5m de ancho, tiene 35 barras de pulgada las cuales se encuentran separadas cada 2.5cm.

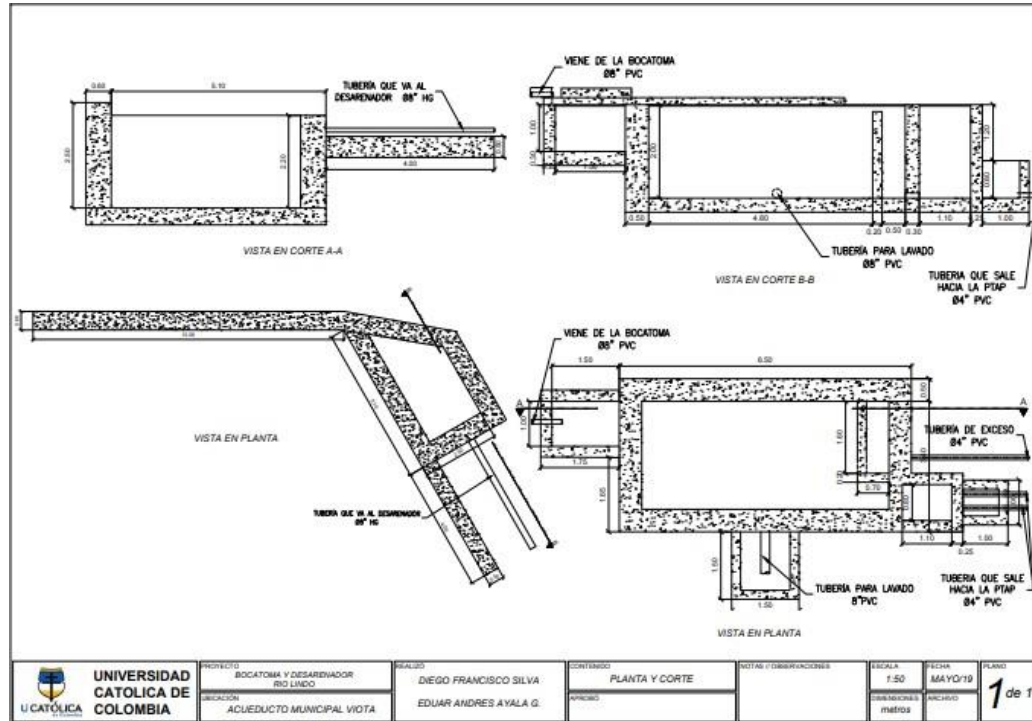
Se sugiere poner una rejilla con barras de 1 pulgada separadas cada dos centímetros con 0,70m de largo y 0,40 de ancho.

Se recomienda poner una cámara de lavado y rebose de 1.5m de largo por 1.5m y uno de profundidad para el desarenador. Para las tuberías de entrada y salida del desarenador se establece dejar la tubería de 4 pulgadas, para entrada y salida, disminuyendo el diámetro de la tubería actual que es de 6 pulgadas.

## 22.2 Bocatoma y Desarenador Río Lindo

La bocatoma y el desarenador de río Lindo se encuentra como se presenta en la ilustración 71 y como fueron descritas a lo largo del trabajo.

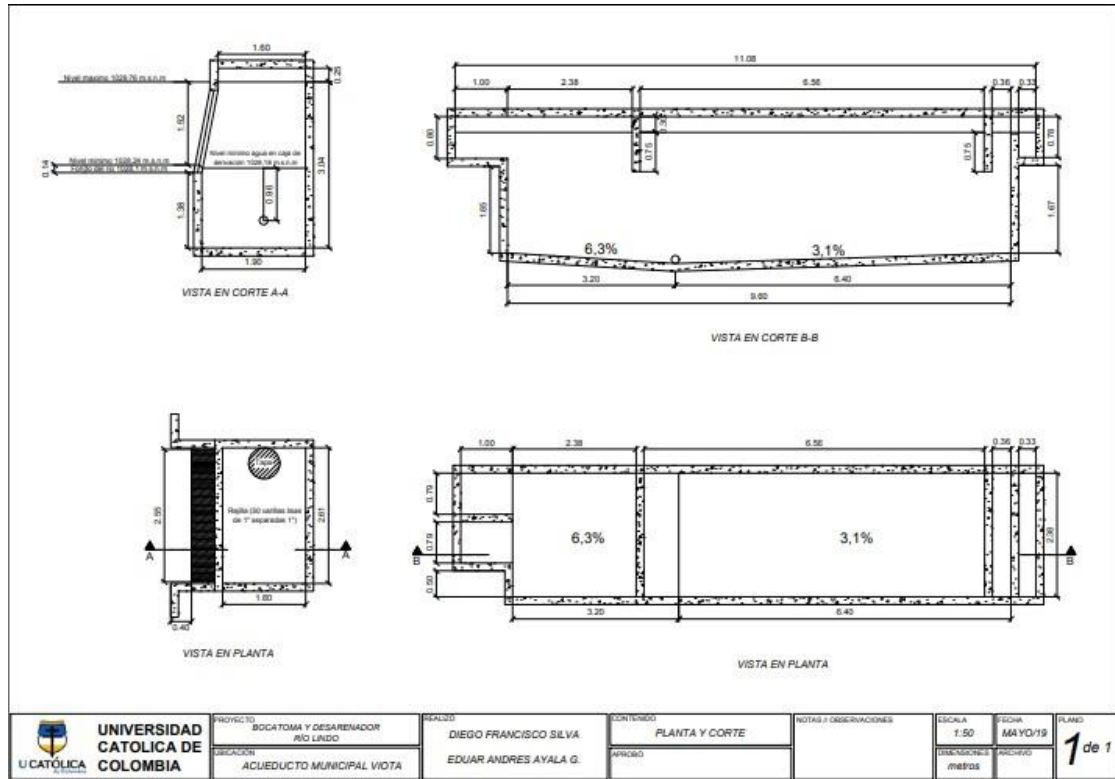
Ilustración 71. Bocatoma y desarenador actual rio lindo



Fuente: Propia

Según el diseño realizado (anexos B y D) la bocatoma y el desarenador deberían estar en las siguientes condiciones. (Véase ilustración 72)

Ilustración 72. Diseño Bocatoma y desarenador rio lindo



Fuente: Propia

Esta bocatoma no cuenta con una rejilla, se recomienda ponerla con las dimensiones mostradas en el plano. Rejilla con barras de una pulgada separadas cada una pulgada.

Se recomienda poner una cámara de lavado y rebose de 1.5m de largo por 1.5m y uno de profundidad para el desarenador. En cuanto a las tuberías de entrada y salida del desarenador se dejan tuberías de entrada y salida de 6 pulgadas modificando el diámetro de 8 pulgadas que está en la actualidad.

## 23 CONCLUSIONES.

1. El caudal promedio que cae en la cuenca es de 33 litros por segundo, la forma de la cuenca es alargada, la pendiente es de 31% y ayuda a que el descenso del agua sea rápido, favoreciendo la captación de la bocatoma. La cuenca es buena fuente de captación, pero con la calidad del agua y con la evaporación no se espera que funcione de manera óptima menos de 25 años. Con la proyección de población realizada la cantidad de agua solicitada por el municipio en 25 años será de 20,023 litros por segundo, exactamente el valor resultante, por esto se debe hacer seguimiento al funcionamiento del acueducto.
2. La población existente en un período de 25 años será 5564 habitantes, y los caudales medio diarios y máximo diario son de 16,095 y 20,023 respectivamente. Con este crecimiento de población se concluye que el funcionamiento del acueducto debe mejorar significativamente, por los errores identificados en este trabajo, pues actualmente funciona porque la demanda es menor, pero con este incremento las falencias tendrán mayor impacto.
3. Las bocatomas, siendo la primera estructura del acueducto en estar en contacto con el agua debería ser tener condiciones irreparables en todo momento. En el acueducto del municipio se identifica que la bocatoma ubicada en Río Lindo debe ser mejorada considerablemente, pues el deterioro es evidente y la cantidad de material vegetal impide que opere de manera normal; las rocas quedan atrapadas en esta debido a que la ausencia de las tapas correspondientes y la captación disminuye de manera sustancial. La bocatoma aún tiene una tubería que funcionaba hace algún tiempo, como es natural esta oxidada y lo que está haciendo es deteriorar el estado de las estructuras que operan en la actualidad.  
La bocatoma de la laguna del Indio se encuentra en mejores condiciones, sin embargo, cabe aclarar que la ubicación de esta la favorece, pues aparte de ser una bocatoma de fondo está ubicada alejada de la comunidad y esto la protege de las afectaciones que comúnmente esta genera. El material vegetal es poco y cuenta con rejillas y tapas que evitan el ingreso de rocas al sistema.
4. En el estudio de la aducción y conducción se encontró que el desarenador de la laguna del Indio en funcionamiento es apropiado pero las fallas radican en que no tiene protección alguna, expuesto a las rocas y demás agentes que afectan al acueducto, pero en cuanto su estructura no se ve alterada más de lo normal a causa del uso.  
El desarenador de Río Lindo se encuentra en pésimas condiciones, la estructura se ve deteriorada las tuberías que llegan a este están fisuradas y disminuyen la cantidad de agua. La delincuencia ha hecho que este no cuente con tapas que afecte la calidad del agua que se toma directamente del río.

En cuanto a las tuberías que conducen el agua en la bocatoma de Río Lindo se observa que hay unas expuestas lo que facilita a la comunidad hacer conexiones ilegales, además de permitir el desgaste progresivo y rápido de esta. En varias de estas tuberías hay conexiones ilegales, lo que hace pensar que falta vigilancia y seguimiento a las tuberías.

Para las tuberías de la Laguna del Indio la situación es análoga, pues la comunidad ha tomado el agua de estas perjudicando tanto a la comunidad por la disminución del recurso y por el costo, pues las mismas tuberías que ponen las empresas públicas son hurtadas para conexiones domésticas.

En el recorrido se encontraron válvulas que en funcionamiento están adecuadas pero las cajas que se han dispuesto para protegerlas son defectuosas por el uso, hace falta adicionar al sistema válvula de corte, y macromedidores. Las cámaras de quiebre están en su mayoría dañadas, pero se requieren.

Las plantas de tratamiento se encuentran en buenas condiciones, y el tanque de almacenamiento tiene las dimensiones suficientes para satisfacer las necesidades de la comunidad, es la única parte del estudio que no presenta deterioros considerablemente mayores.

5. Es claro que el acueducto necesita un mejoramiento pues en todo el recorrido realizado se encontraron inconvenientes consecutivos, cabe aclarar que los errores son en cuanto a la observación de las estructuras y la falta de seguimiento y mantenimiento al acueducto, es inaceptable que las tuberías estén en estado deplorable, aunque cumplan con su función que es transportar agua perjudican el bienestar de la comunidad. Como es pertinente un mejoramiento del sistema después de identificar el estado, en los anexos presentamos los diseños necesarios para optimizar el estado actual del acueducto.
6. Algunos inconvenientes que presenta el acueducto son ocasionados por la comunidad, debido a que hurtan partes del sistema para satisfacer sus intereses. Como el municipio es pequeño se normalizan actos de vandalismo como lo es poner una conexión ilegal; los habitantes de fincas y lugares adyacentes al acueducto prefieren tomar el agua directamente de la tubería y no pagar, probablemente debido a su condición económica, pero sin considerar el impacto que tiene esta afectación.

## 24 RECOMENDACIONES.

1. El sistema de acueductos del municipio de Viotá presenta deterioro en la mayoría de sus estructuras debido a que no se realiza un mantenimiento periódico y adecuado, es por esto por lo que se recomienda hacer seguimiento al estado de la estructura.
2. Se recomienda ensanchar la viga que comunica la bocatoma del río lindo con el desarenador pues se hace difícil llegar hasta la bocatoma, lo que es necesario para hacer mantenimiento y seguimiento. Con la misma intención instalar una baranda a lo largo de esta viga, permitiendo que el personal que realice el mantenimiento se pueda sujetar a esta baranda y evitar posibles accidentes de caídas a causa de la corriente del río.
3. Construir estructuras que ayuden a proteger las válvulas, también se debe hacer un respectivo mantenimiento a las cámaras de quiebre que se encuentran dañadas.
4. Cubrir las tuberías en PVC que se encuentran expuestas pues estas a causa de los rayos solares tienden a cristalizarse.
5. Se recomienda implementar macromedidores en la estructura y mejorar el estado de las cajas de entrada y salida.
6. Con base al diagnóstico realizado a las estructuras del acueducto del municipio de Viotá y a la proyección de la población que tendrá el municipio a 25 años, se recomienda la colocación de tapas e incrementar la seguridad y mantenimiento pues con las condiciones actuales funcionará sin inconvenientes como lo hace actualmente. Si desean tener un sistema que funcione mejor durante un periodo de tiempo más largo se debe cambiar muchas de las estructuras; con el fin de hacer más eficiente el sistema. En el anexo B se encuentran los cálculos para el diseño de las estructuras de la bocatoma y los desarenadores que deberá implementar a futuro para su correcto funcionamiento.



## 25 BIBLIOGRAFÍA

- Alfredo, L. C. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Maritza, B. M. (12 de Noviembre de 2010). Obtenido de [https://cmsdata.iucn.org/downloads/3\\_5\\_fasciculo\\_4\\_\\_\\_operacion\\_y\\_mantenimiento.pdf](https://cmsdata.iucn.org/downloads/3_5_fasciculo_4___operacion_y_mantenimiento.pdf)
- Orarbo. (2018). Obtenido de <https://www.orarbo.gov.co/es/el-observatorio-y-los-municipios/plan-de-desarrollo-municipal-de-viota-2016-2020>
- INALCON. (2018). *ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS REDES DE ADUCCIÓN ENTRE EL EMBALSE CALANDAIMA Y ALGUNOS ACUEDUCTOS URBANOS Y VEREDALES DE LOS MUNICIPIOS DE EL COLEGIO, APULO, VIOTÁ Y ANAPOIMA*. Departamento de Cundinamarca.
- Romero, F. C., & Serna, J. D. (12 de Noviembre de 1997). *Acueductos teoría y diseños*. Medellín: Universidad de Medellín. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/acueducto.php>
- D. R. (2018). *Academia.edu*. Obtenido de [http://www.academia.edu/8942794/Obras\\_De\\_Captacion](http://www.academia.edu/8942794/Obras_De_Captacion)
- Orellana, J. (2018). Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)
- Iagua. (18 de Noviembre de 2018). Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/almacenamiento-y-regulacion-agua-sistema-distribucion>
- (18 de Noviembre de 2018). Obtenido de El agua potable segura es esencial : <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Distribution/index.html>
- Huaman, S. (18 de Noviembre de 2018). Obtenido de [http://www.academia.edu/17981765/SISTEMAS\\_DE\\_CAPTACION\\_DE\\_AGUA\\_POTABLE](http://www.academia.edu/17981765/SISTEMAS_DE_CAPTACION_DE_AGUA_POTABLE)
- Chanson, H. (2015). *HYDRAULIC ENGINEERING AND ROMAN AQUEDUCTS: MODERN. conferencia inaugural* (pág. 30). Córdoba: Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-NoDerivada 4.0 Internacional.
- Matthew R. Fisher. (2018). *Essentials of Environmental Science*. Open Oregon Education Resource.

- INGENIERÍA Y CONSULTORÍA NACIONAL INALCON S.A.S. (2017). *ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS REDES DE ADUCCIÓN ENTRE EL EMBALSE CALANDAIMA*. BOGOTA: INALCON S.A.S.
- Yefer Asprilla Lara, M. A. (2013). Aspectos técnicos, operativos y ambientales en los sistemas de abastecimiento de agua potable en municipios con nivel de complejidad medio. Un estudio de caso. *Universidad Distrital*, 1.
- Ministerio de Vivienda. (2017). *Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS*. Bogotá: Ministerio de vivienda.
- Narsilio, G. A. (2009). Upscaling of Navier–Stokes equations in porous media: Theoretical, numerical. *ELSEVIER*, 1-2.
- JAPAN, A. I. (2010). *DESIGN RECOMMENDATION FOR STORAGE TANKS*. Bachelor of Technology.
- Giles, R. V. (2009). *Mecánica de Fluidos*. Barcelona: Shawm-Mcgraw.
- DURAN, L. F. (2005). *CURSO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS CON USO DE MULTIMEDIA*. BOGOTÁ: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.
- SILVA GARAVITO, L. (2012). *DISEÑO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS*. BOGOTÁ: Universidad Javeriana.
- Voscresiensky, K. (1956). Cálculos hidrológicos para el diseño de obras hidráulicas en pequeños ríos y riachuelos. En K. Voscresiensky, *Cálculos hidrológicos para el diseño de obras hidráulicas en pequeños ríos y riachuelos* (pág. 258). San Petersburgo: Hidrometereológica.
- (s.f.).

## **ANEXO A. CALCULOS DE LAS NUEVAS ESTRUCTURAS**

**ANEXO B. PLANOS BOCATOMA Y DESARENADOR LAGUNA DEL INDIO**

**ANEXO C. PLANOS BOCATOMA Y DESARENADOR RIO LINDO**

**ANEXO D. PLANOS ACTUALES DE LAS ESTRUCTURAS BOCATOMA Y  
DESARENADOR LAGUNA DEL INDIO**

**ANEXO E. PLANOS ACTUALES DE LAS ESTRUCTURAS BOCATOMA Y  
DESARENADOR RIO LINDO**



---

DIEGO FRANCISCO SILVA

Código: 505743

---

EDUARD ANDRES AYALA GONGORA

Código: 505996

---

JESUS ERNESTO TORRES QUINTERO

Asesor Trabajo de Grado

FECHA (18/05/2019)