

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 11 de Enero del 2017

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Sergio Andrés Bermeo Artunduaga _____, con C.C. No. 1075264229 _____,
Juan Carlos Perdomo Ricardo _____, con C.C. No. 1075257305 _____,
 _____, con C.C. No. _____,
 _____, con C.C. No. _____,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado Diagnóstico Para La Identificación De Fuentes Hídricas Alternas De bastecimiento Para El Acueducto Del Municipio La Plata

presentado y aprobado en el año 2016 como requisito para optar al título de: Ingeniero Agrícola

autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: *Sergio A. Bermeo*

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS				  		
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Diagnóstico Para La Identificación De Fuentes Hídricas Alternas De Abastecimiento Para El Acueducto Del Municipio La Plata

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Sergio Andrés	Bermeo Artunduaga
Juan Carlos	Perdomo Ricardo

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Mauricio	Duarte Toro

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2016 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 93

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Diagramas___ Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general_x___ Grabados___ Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros_x_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Ninguno

MATERIAL ANEXO: Ninguno

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*): Ninguno

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>		
1. <u>Fuentes Hídricas</u>	<u>Hydric sources</u>	6. <u>Rio</u>	<u>River</u>
2. <u>Acueducto</u>	<u>Aqueduct</u>	7. <u>Agua</u>	<u>Water</u>
3. <u>Diagnostico</u>	<u>Diagnosis</u>	8. <u>Captación</u>	<u>Catchment</u>
4. <u>Abastecimiento</u>	<u>Catering</u>	9. <u>Razonamiento</u>	<u>Reasoning</u>
5. <u>Cuenca</u>	<u>watershed</u>	10. <u>parametros</u>	<u>Parameter</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El objetivo principal de este proyecto es la identificación de una fuente hídrica alterna para el abastecimiento del acueducto del municipio de La Plata, con el fin de adelantar estudios que permitan desarrollar un diagnóstico, plantear soluciones y formular alternativas viables desde los aspectos técnicos y económicos. Para la identificación de la fuente hídrica se recolectó toda la información cartográfica, geográfica, e hidrológica de la zona afectada por el problema de abastecimiento y que actualmente se encuentra en razonamiento de agua.

Posteriormente, se realizaron los estudios de las fuentes hídricas más cercanas a la planta de tratamiento de agua del municipio las cuales fueron: Quebrada la Isla, Quebrada Moscopan, Quebrada Barbillas, Quebrada El Salado, Quebrada Perico, Quebrada la Zapatera, Quebrada Cuchayaco, Quebrada Casa blanca, Quebrada el Avispero y el Río de La Plata. Se estudiaron 6 parámetros fundamentales (caudal, clasificación de los cursos de agua, distancia, morfología, turbidez y pH), para establecer su uso potencial como fuente abastecedora, estas fuentes se compararon con los requerimientos mínimos a cumplir para seleccionar los cuerpos de agua más viables técnicamente, que corresponden a la Quebrada el Salado y el Río de la Plata principalmente por su caudal y



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 4

disponibilidad de agua durante todo el año.

Finalmente, se realizaron los estudios fisicoquímicos del agua y los diseños preliminares de sus obras de captación y aducción, así como su diagnóstico final como recomendación para el municipio de la plata el cual ofrece una alternativa para abastecer la demanda hídrica actual y futura como una mirada sólida hacia el adaptamiento al cambio climático y al crecimiento inevitable de la población. Por otro lado, con este proyecto se pretende que este diagnóstico sea un recurso valioso y la base para la ejecución de un estudio hidrológico detallado para la identificación de una nueva fuente de agua que garantice el mínimo vital y el bienestar de todo el municipio durante los próximos 20 años.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The main objective in this Project is the identification of an alternative water source for the supplying Aqueduct located in La Plata, Huila, in order to go forward in studies that empower the development of a diagnosis, solutions and new economic-technic alternatives. Throughout this project, several information around the area of the study was gathered such as, cartographic, geographic and hydrologic. This area which is affected by the lack of water and is forced to do rationing when needed.

Consequently, these studies were made in water sources near by the water treatment plant already located in La Plata, Huila. The water sources or ravines are: la Isla, Moscopan, Barbillas, El Salado, Perico, la Zapatera, Cuchayaco, Casa blanca, el Avispero and La Plata River. These studies were based on 6 very important parameters such as flow, classification of water directions, distance, morphology, turbidity and pH. In order to find the best choice for the water source, all these factors were analyzed and compared with necessary requirements, finding thus, El Salado ravine and La Plata river as those with the most viable economic and technic aspects to encourage the research. Also, due to flow and water availability throughout all year long, El Salado and La Plata river were considered the best alternative.

Finally, water physic and chemistry analyses were implemented in considerations of human consume. In addition, preliminary designs were carried out for the water catchment and water conveyance. In conclusion, Although, there are some sources that fulfill certain requirements, the final diagnosis recommendation for future plans is El Salado and La Plata river, because it will supply humanity water lack in a future. It will also work as a new approach for the climate change and the grown population. This research pretends a good

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4

performance for at least 20 or 25 years ahead.

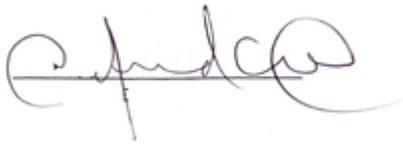
APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Alfredo Olaya Amaya

Firma:



Nombre Jurado: Jaime Izquierdo Bautista

Firma:



DIAGNÓSTICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES HÍDRICAS
ALTERNAS DE ABASTECIMIENTO PARA EL ACUEDUCTO DEL
MUNICIPIO LA PLATA

JUAN CARLOS PERDOMO RICARDO
SERGIO ANDRES BERMEO ARTUNDUAGA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ING. AGRICOLA
NEIVA-HUILA
2016

DIAGNÓSTICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES HÍDRICAS
ALTERNAS DE ABASTECIMIEN PARA EL ACUEDUCTO DEL
MUNICIPIO LA PLATA

JUAN CARLOS PERDOMO RICARDO
SERGIO ANDRES BERMEO ARTUNDUAGA

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería como requisito
parcial para optar al título de ingeniero Agrícola

DIRECTOR
Msc. MAURICIO DUARTE TORO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ING. AGRICOLA
NEIVA-HUILA
2016

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
<u>1 INTRODUCCIÓN</u>	<u>12</u>
<u>2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	<u>13</u>
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
<u>3 OBJETIVOS</u>	<u>14</u>
3.1 OBJETIVOS GENERALES	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<u>4 JUSTIFICACIÓN</u>	<u>15</u>
<u>5 MARCO TEORICO</u>	<u>16</u>
5.1 CONCEPTOS BÁSICO DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICAS	16
5.2 CONCEPTOS BÁSICO DE MANEJO INTEGRADO DE UNA CUENCA	16
5.2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA	17
5.2.1.1 Sistema de drenaje	17
5.2.1.2 Procesos de modelado del terreno	18
5.2.1.3 Modelo de elevación digital	18
5.2.1.4 Determinación de cuencas hidrográficas	19
5.2.1.5 Redes hidrográficas	19
5.2.1.6 Método de Shreve	19
5.2.1.7 Método de Strahler	20
5.2.1.8 Características de escorrentía	21
5.2.1.9 Acumulación de flujo	22
5.2.1.10 Dirección de flujo	22
5.2.1.11 El arroyo a entidad	23
5.3 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO	24
5.3.1 ELEMENTOS DE ABASTECIMIENTO	24
5.3.1.1 Fuente de abastecimiento	24
5.3.1.2 Obras de captación	25
5.3.1.3 Obras para el transporte del agua	25
5.3.1.4 Tratamiento del agua	25

5.3.1.5	Almacenamiento	25
5.3.1.6	Distribución	26
5.3.2	VOLUMEN DE AGUA	26
5.4	POBLACIÓN DE DISEÑO	27
5.4.1.1	El método aritmético	28
5.4.1.2	El método geométrico	28
5.4.1.3	Método exponencial	28
5.4.1.4	Método de wappus	28
5.5	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	28
6	<u>INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE LA PLATA</u>	29
6.1	ASPECTOS GENERALES Y SITUACION GEOGRAFICA	29
6.1.1	HISTORIA	29
6.1.2	CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS	30
6.2	CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA	31
6.2.1	CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA	31
6.2.1.1	Precipitación	31
6.2.1.2	Temperatura	32
6.2.1.3	Humedad relativa	32
6.2.1.4	Nubosidad y brillo solar	32
6.2.1.5	Radiación solar	33
6.2.1.6	Régimen de vientos	33
6.2.1.7	Evaporación potencia	33
6.2.2	HIDROLOGÍA	34
6.2.2.1	Cuenca hidrográfica del río Páez	34
6.2.2.2	Área de drenaje	34
6.2.2.3	Río La Plata	35
6.3	TOPOGRAFIA, SUELOS Y GEOLOGIA.	36
6.3.1	SUELOS	36
6.3.2	TOPOGRAFÍA	36
6.3.3	SEDIMENTOS	36
6.3.4	GEOLOGÍA	37
6.4	ASPECTOS DEMOGRAFICOS	37
6.5	ASPECTOS ECONOMICOS	39
6.6	SISTEMA EXISTENTE DE ACUEDUCTO	39
6.6.1	BOCATOMA	40
6.6.1.1	Aducción bocatoma desarenador	40
6.6.1.2	Desarenador	40
6.6.1.3	Tubería para desagüe	40

6.6.1.4	Conducción principal	40
6.6.1.5	Planta de tratamiento	40
6.6.1.6	Entrada de agua - canaleta parshall - mezcla rápida	41
6.6.1.7	Floculación	41
6.6.1.8	Sedimentación	41
6.6.1.9	Filtración	41
6.6.1.10	Desinfección - salida de agua	42
6.6.1.11	Tanque de almacenamiento	42
6.6.1.12	Tanque elevado para suministro de agua a la casa	42
6.6.1.13	Macro medición	42
6.6.1.14	Redes de distribución	42
6.6.1.15	Cobertura	43
7	<u>DIAGNOSTICO DE LA FUENTE ABASTECEDORA ACTUAL EXISTENTE</u>	43
7.1	FUENTE DE ABASTECIMIENTO POTENCIAL	44
7.2	ANÁLISIS DE LA CUENCA	45
7.3	OFERTA HÍDRICA	45
7.4	DEMANDA HÍDRICA	46
7.4.1	DOTACIONES	47
7.4.2	DOTACIÓN NETA	47
7.4.3	DOTACIÓN BRUTA	47
8	<u>METODOLOGIA</u>	47
8.1	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	47
8.2	CALCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA	48
8.2.1	EL MÉTODO ARITMÉTICO O LINEAL	49
8.2.2	EL MÉTODO GEOMÉTRICO	50
8.2.3	MÉTODO EXPONENCIAL	50
8.2.4	MÉTODO DE WAPPUS (OTRO)	50
8.3	SELECCIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO	51
8.4	CAUDAL MEDIO DIARIO	52
8.5	CAUDAL MÁXIMO DIARIO	52
8.6	CAUDAL MÁXIMO HORARIO	53
8.7	DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS	53
8.7.1	DISEÑO DE LA REJILLA	53
8.7.2	NUMERO DE ESPACIOS	54
8.7.3	NUMERO DE VARILLAS	54
8.7.4	DISEÑO DE LA CÁMARA DE DERIVACIÓN	54

8.7.5	DISEÑO DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN	55
8.7.6	DISEÑO DESARENADOR	55
8.7.7	TUBERÍA DE EXCESO Y LAVADO	57
8.8	MODELACIÓN DE LA CUENCA A TRAVÉS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	58
9	RESULTADOS Y DISCUSIONES	62
<hr/>		
9.1	IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS ALTERNAS	62
9.1.1	SELECCIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS ALTERNAS VIABLES.	62
9.1.2	PARÁMETROS DE SELECCIÓN PARA LAS FUENTES HÍDRICAS ALTERNAS	62
9.2	CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES SELECCIONADAS	64
9.2.1	QUEBRADA EL SALADO	64
9.2.1.1	Estudios hidrológicos	65
9.2.1.1.1	Características morfométricas.	65
9.2.1.1.2	Estudio de caudales de la fuente de abastecimiento	66
9.2.1.1.3	Sedimentología	66
9.2.1.2	Calidad de aguas	66
9.2.1.3	Obras hidráulicas preliminares	68
9.2.1.3.1	Cálculos hidráulicos:	68
9.2.1.3.2	Estimación de la población futura y caudal de diseño a partir de cálculos actuales	68
9.2.1.3.3	Bocatoma lateral	69
9.2.1.3.4	Diseño de la rejilla	70
9.2.1.3.5	Diseño de la cámara de derivación	71
9.2.1.3.6	Diseño de la línea de aducción	71
9.2.1.3.7	Diseño desarenador	72
9.2.1.3.8	Tubería de exceso y lavado	74
9.2.1.4	Sistemas de información geográfico de la fuente El Salado	74
9.2.1.4.1	Sistemas de información geográfico de la microcuenca El Salado	74
9.2.2	RIO LA PLATA	78
9.2.2.1	Características morfométricas	78
9.2.2.1.1	Estudio hidrológico	79
9.2.2.1.2	Sedimentología	79
9.2.2.1.3	Calidad de aguas	80
9.2.2.2	Obras hidráulicas preliminares	80
9.2.2.2.1	Cálculos hidráulicos	80
9.2.2.2.2	Diseño de la cámara de derivación	81
9.2.2.2.3	Diseño de la línea de aducción	81
9.2.2.2.4	Diseño desarenador	81

9.2.2.2.5	Tubería de exceso y lavado	83
9.2.2.3	Sistemas de información geográfica para la cuenca de la Plata	84
9.3	ANALISIS TECNICO-ECONOMICO	87
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
11	BIBLIOGRAFÍA	89
12	ANEXOS	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Métodos de cálculo permitido según el nivel de complejidad del sistema.	27
Tabla 2.	Límites de calidad de agua para consumo humano.	29
Tabla 3.	Variación Mensual De La Humedad Relativa %	32
Tabla 4.	Proyección De La Población.	39
Tabla 5.	Diámetro, Longitud y Clase de Tubería.	43
Tabla 6.	Caudal de la fuente abastecedora.	44
Tabla 7.	Caudal promedio diario captado por la entidad.	44
Tabla 8.	Cálculo De Consumo De Agua.	46
Tabla 9.	Consumo de agua para una vivienda de 5 personas.	46
Tabla 10.	Asignación del nivel de complejidad.	48
Tabla 11.	Periodo de diseño según el nivel de complejidad del sistema.	49
Tabla 12.	Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema.	51
Tabla 13.	Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas.	52
Tabla 14.	Coeficiente de consumo máximo diario k1 según el nivel de complejidad.	53
Tabla 15.	Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución.	53
Tabla 16.	Valores de kc calculados por ArcGIS.	63
Tabla 17.	Parámetros de selección para cause de captación.	64
Tabla 18.	Parámetros Básicos hidrológicos del rio la quebrada El Salado.	65
Tabla 19.	Tabla de Compacidad Kc.	65
Tabla 20.	Caudales mínimos y máximos según los periodos de retorno.	66
Tabla 21.	Parámetros de Sedimentología.	66
Tabla 22.	Resultados calidad de aguas quebrada El Salado.	67

Tabla 23. Coeficientes de crecimiento para el cálculo de población y caudal.	68
Tabla 24 Proyección de población para 30 años.....	68
Tabla 25. Calculo del caudal de diseño para obras hidráulicas.	69
Tabla 26. Parámetros de diseño del desarenador.....	72
Tabla 27. Elevaciones y Áreas El Salado.....	77
Tabla 28. Parámetros básicos hidrológicos La Plata suministrados por ArcGIS.....	79
Tabla 29. Parámetros de Sedimentología La Plata.	79
Tabla 30. Resultados calidad de aguas río La Plata.	80
Tabla 31. Elevaciones y áreas de La Plata	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquematización de una Cuenca hidrográfica.	17
Figura 2. Modelo de digital de elevación.	18
Figura 3. Redes del método Shreve.....	20
Figura 4. Redes del método Shreve.....	20
Figura 5. Monograma de modelo hidrológico. (Manual de ArcGIS 10 Intermedio Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables, página 42).....	21
Figura 6. Modelo de la acumulación de flujo.	22
Figura 7. La codificación de la dirección de flujo.	23
Figura 8. Comparación de métodos de vectorización de ráster.....	24
Figura 9. Ubicación del Municipio de La Plata Respecto a Nivel Departamental y Nacional.....	30
Figura 10. División política del municipio.	31
Figura 11. Microcuenca De Barbillas.	43
Figura 12. Fuentes hídricas cercanas al municipio La Plata.....	59
Figura 13. Microcuencas hídricas del terreno de estudio del municipio de La Plata delimitadas.	60
Figura 14. Modelo de mejor ruta entre dos puntos.	61
Figura 15. Microcuenca El Salado.	74
Figura 16. Tubería de captación El Salado	75
Figura 17. Perfil topográfico de la ruta de conducción para la quebrada El Salado.	75
Figura 18. Modelo del terreno con ArcView.	76
Figura 19. Vista del terreno con ArcView.	77
Figura 20. Cuenca La Plata	84
Figura 21. Tubería de captación La Plata.	84

Figura 22. Perfil topográfico de la ruta de conducción para la quebrada La Plata.	85
Figura 23. Tubería Captación La Plata.....	86

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Resoluciones y estudios para la concesión de agua.	91
ANEXO B. Mediciones de Caudal de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.....	92
ANEXO C. Caudales y cursos de agua para los cuerpos de agua del municipio.....	93

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es la identificación de una fuente hídrica alterna para el abastecimiento del acueducto del municipio de La Plata, con el fin de adelantar estudios que permitan desarrollar un diagnóstico, plantear soluciones y formular alternativas viables desde los aspectos técnicos y económicos. Para la identificación de la fuente hídrica se recolectó toda la información cartográfica, geográfica, e hidrológica de la zona afectada por el problema de abastecimiento y que actualmente se encuentra en razonamiento de agua.

Posteriormente, se realizaron los estudios de las fuentes hídricas más cercanas a la planta de tratamiento de agua del municipio las cuales fueron: Quebrada la Isla, Quebrada Moscopan, Quebrada Barbillas, Quebrada El Salado, Quebrada Perico, Quebrada la Zapatera, Quebrada Cuchayaco, Quebrada Casa blanca, Quebrada el Avispero y el Río de La Plata. Se estudiaron 6 parámetros fundamentales (caudal, clasificación de los cursos de agua, distancia, morfología, turbidez y pH), para establecer su uso potencial como fuente abastecedora, estas fuentes se compararon con los requerimientos mínimos a cumplir para seleccionar los cuerpos de agua más viables técnicamente, que corresponden a la Quebrada el Salado y el Río de la Plata principalmente por su caudal y disponibilidad de agua durante todo el año.

Finalmente, se realizaron los estudios fisicoquímicos del agua y los diseños preliminares de sus obras de captación y aducción, así como su diagnóstico final como recomendación para el municipio de la plata el cual ofrece una alternativa para abastecer la demanda hídrica actual y futura como una mirada sólida hacia el adaptamiento al cambio climático y al crecimiento inevitable de la población. Por otro lado, con este proyecto se pretende que este diagnóstico sea un recurso valioso y la base para la ejecución de un estudio hidrológico detallado para la identificación de una nueva fuente de agua que garantice el mínimo vital y el bienestar de todo el municipio durante los próximos 20 años.

ABSTRACT

The main objective in this Project is the identification of an alternative water source for the supplying Aqueduct located in La Plata, Huila, in order to go forward in studies that empower the development of a diagnosis, solutions and new economic-technic alternatives. Throughout this project, several information around the area of the study was gathered such as, cartographic, geographic and hydrologic. This area which is affected by the lack of water and is forced to do rationing when needed.

Consequently, these studies were made in water sources near by the water treatment plant already located in La Plata, Huila. The water sources or ravines are: la Isla, Moscopan, Barbillas, El Salado, Perico, la Zapatera, Cuchayaco, Casa blanca, el Avispero and La Plata River. These studies were based on 6 very important parameters such as flow, classification of water directions, distance, morphology, turbidity and pH. In order to find the best choice for the water source, all these factors were analyzed and compared with necessary requirements, finding thus, El Salado ravine and La Plata river as those with the most viable economic and technic aspects to encourage the research. Also, due to flow and water availability throughout all year long, El Salado and La Plata river were considered the best alternative.

Finally, water physic and chemistry analyses were implemented in considerations of human consume. In addition, preliminary designs were carried out for the water catchment and water conveyance. In conclusion, Although, there are some sources that fulfill certain requirements, the final diagnosis recommendation for future plans is El Salado and La Plata river, because it will supply humanity water lack in a future. It will also work as a new approach for the climate change and the grown population. This research pretends a good performance for at least 20 or 25 years ahead.

1 INTRODUCCIÓN

El acueducto es un sistema o conjunto de sistemas acoplados, que permite transportar en forma de flujo continuo desde un lugar en el que ésta es accesible en la naturaleza, hasta un punto de consumo distante. Su nombre proviene del latín aquae ductus (“conducción de agua”). Cualquier asentamiento humano, por pequeño que sea, necesita disponer de un sistema de aprovisionamiento de agua que satisfaga sus necesidades vitales. La solución más elemental consiste en establecer el poblamiento en las proximidades de un río o manantial, desde donde se acarrea el agua a los puntos de consumo. Otra solución consiste en excavar pozos dentro o fuera de la zona habitada o construir aljibes. Pero cuando el poblamiento alcanza la categoría de auténtica ciudad, se hacen necesarios sistemas de conducción que obtengan el agua en los puntos más adecuados del entorno y la aproximen al lugar donde está establecida la comunidad humana. En vista de la importancia de un adecuado sistema de abastecimiento de agua, grandes esfuerzos se han venido desarrollando desde los entes gubernamentales, aumentando las inversiones en ampliaciones y mejoramientos de los sistemas, de tal forma que hoy por hoy se necesita una mayor cobertura en cuanto a cantidad y calidad.

Teniendo en cuenta las políticas ambientales de las corporaciones autónomas regionales, incluyendo la CAM del Huila, se ha venido prestando gran importancia a la calidad de agua en fuentes que se utilizan para consumo humano. Estas fuentes son constantemente afectadas por actividades humanas ya sean industriales (Mineras, sector alimenticio, agricultura, pecuarias, entre otras) y domésticas. Esto trae como consecuencia el deterioro de la calidad del agua de estas fuentes que en su totalidad son superficiales, lo cual las hace más vulnerables a los impactos de estas actividades. En la zona de influencia del Acueducto Municipal de La Plata, se observa actualmente el crecimiento poblacional, afectando directamente el servicio de acueducto, en donde la demanda del servicio, supera la oferta hídrica, que, enlazado con los potenciales efectos negativos de cambio climático, darán lugar a una época de decadencia social y por ende una prestación de servicio insuficiente.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el caudal captado es insuficiente, según La concesión dada por la CAM. Para la empresa de servicios públicos “EMSERPLA” en el 2010 fue de 133.2 lt/sg de capitación para una población de 40276 habitantes a 20 años según resoluciones, licencias y/o permisos F-CAM-110 (ver anexo A). A tan solo 6 años, el caudal captado por la planta de tratamiento en promedio anual se encuentra en un valor de 114.97 lt/s para una población aproximada de 36125 habitantes según aforos realizados por “EMSERPLA” (ver anexo B), la cual se encuentra muy cercana al valor de población estimado para el 2029. Con una tasa de crecimiento del 4%, en el municipio de La Plata se estimó que en tan solo 2018 ya se habrá alcanzado la población futura estimada para el 2029. Por lo tanto, se requiere de una nueva fuente de abastecimiento siendo la fuente actual ya insuficiente para el abastecimiento del municipio.

Todo esto conlleva a notables variaciones en el sistema de tratamiento y distribución, incidiendo esto en la prestación del servicio a los usuarios, ya que en diferentes horas del día se debe proceder a racionar el agua por sectores.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERALES

Realizar el diagnóstico para la identificación de las fuentes hídricas para abastecer las demandas actuales y las futuras, que cumplan los requerimientos técnicos y económicos, químicos, organolépticos y de ley, para el Acueducto actual del Municipio de La Plata, Huila.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar y analizar los estudios hidrológicos que se encuentren de la zona de estudio, para identificar una fuente de agua que garantice una solución sostenible a los usuarios actuales y a la proyección de los usuarios futuros del acueducto.
- Analizar las condiciones generales para el diseño, construcción y operatividad de las nuevas obras que se generen de la identificación del sitio de captación de la nueva fuente de agua.
- Considerar desde los aspectos técnico-económicos la viabilidad de las soluciones que se encuentren y estimar los costos por la implementación del proyecto, para la empresa de servicios públicos EMSERPLA.
- Plantear criterios de diseños hidráulicos conforme a la legislación vigente (RAS-2000) que permitan mejorar el sistema hidráulico desde el nuevo sitio de captación y aducción hasta la planta de tratamiento de agua potable del acueducto del municipio de La Plata.

4 JUSTIFICACIÓN

Con la identificación de las fuentes alternas de abastecimiento de agua para el acueducto del Municipio de La Plata, se pretende garantizar una solución efectiva de impacto directo a las comunidades que se venían beneficiando del actual sistema de acueducto, como lo son: la comunidad civil, (representada en más de 20000 habitantes), la comunidad urbana que se expande cada vez más, 20 instituciones educativas (entre primaria, secundaria y universidades), medianas y pequeñas empresas, (centro de procesamiento de frutas y verduras, cárnicos, embotelladora de agua, entre otros) entidades oficiales y el comercio en general, (plaza de mercado, supermercados, centros comerciales, entre otros). Además de garantizar el incremento de la prestación del servicio de agua potable a las zonas de crecimiento del Municipio en relación a los planes de ordenamiento territorial que se encuentran vigentes, con un servicio eficiente sin interrupciones ni racionamientos, para ocasionar las menores afectaciones y logrando mejorar la estabilidad, sostenibilidad y la calidad de vida de todos los usuarios.

En el sector económico se vería altamente beneficiado ya que tendrían un servicio de agua regularizado competente a las demandas futuras, se daría la posibilidad de expansión de la frontera comercial, habría un incremento laboral en lo referente a las zonas de ampliación y mantenimiento de las redes, además de incrementar la disponibilidad a pagar de los beneficiarios por un servicio mejorado de acueducto.

Dentro del campo de la salud con la identificación nuevas fuentes de abastecimiento de agua alternas que presenten características de pureza considerables o con tasas de contaminación baja, buscando que sus microcuencas sean poco afectadas por la acción del hombre, se tendría un agua más saludable, a la cual se tendrían que realizar menores procesos para su potabilización, aspecto que repercute importantemente en la reducción de tratamiento de agua y evitar afectaciones para la salud humana al consumir un agua de calidad.

Para esto se contará con la colaboración de distintas entidades atendiendo el Decreto 475 de 1998, el cual plantea que la primera prioridad para una entidad territorial, una ESP u otra entidad que promueva o desarrolle inversiones en el sector, será llevar a cabo inversiones que tengan un efecto positivo manifiesto en la salud pública de los habitantes y de su medio ambiente, razón por la cual, tienen preferencia la ejecución de obras de suministro de agua potable de adecuada calidad.

5 MARCO TEORICO

Los conceptos, imágenes, figuras y teoría de cuencas hidrográficas con sistemas de información geográficas de los ítems 5.1 y 5.2 fueron obtenidos del “Manual de ArcGIS 10 nivel intermedio” de la facultad de recursos naturales del departamento de ciencias de la universidad Nacional Agraria de la Selva ubicada de Tingo María, Perú; por el ingeniero Ronald Puerta Tuesta, Juan Rengifo Trigozo y Nino Bravo Morales, en el año 2013. (Puerta, Trigozo, & Bravo, 2013).

5.1 CONCEPTOS BÁSICO DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICAS

Los Sistemas de Información geográfica son herramientas informáticas que procesan y analizan datos con algún componente espacial (Chuvienco, 2000; Ordoñez y Martínez Alegría, 2003). El National Centre of Geographic Information and Analysis (NCGIA) expresa que un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (1990, Disponible en <http://www.ncgia.ucsb.edu/>).

5.2 CONCEPTOS BÁSICO DE MANEJO INTEGRADO DE UNA CUENCA

La gestión de cuencas presenta la necesidad de tener una base de datos que permita coordinar y planificar acciones en cada unidad de manejo y gestión (UMG), a fin de contribuir a establecer pautas para su ordenación. Para ello un Sistema de Información Geográfica (SIG) constituye un instrumento básico para el procesamiento de datos geospaciales y cartográficos, debido a su versatilidad de almacenamiento, superposición y asociación de variables físicas, naturales, sociales y económicas. Se comenzaron a utilizar en la década de 1960, como resultado de la extensión a bases de datos geospaciales a dispositivos informáticos.

La delimitación de la cuenca hidrográfica, su análisis hidrológico y la descripción cuantitativa de su morfometría son dos tareas esenciales en todo plan de gestión de cuencas y de recursos hídricos.

5.2.1 Cuenca hidrográfica

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar (Figura 1).



Figura 1. Esquematización de una Cuenca hidrográfica.

Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas.

En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales, la infraestructura que el hombre ha creado, allí el hombre desarrolla sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica. (Reyes Trujillo, Barrosa, & Carvajal Escobar, 2010)

La Cuenca Hidrográfica se define como la unidad territorial natural que capta la precipitación, y es por donde transita el escurrimiento hasta un punto de salida en el cauce principal o sea es un área delimitada por una divisoria topográfica denominada parte-agua que drena a un cauce común (BROOKS ,1985).

5.2.1.1 Sistema de drenaje

El área en la cual cae el agua y la red a través de la cual fluye hacia un punto más bajo es referido normalmente como sistema de drenaje. El flujo del agua

a través del sistema de drenaje es sólo una parte del ciclo hidrológico, el cual incluye precipitación, evapotranspiración y agua subterránea.

5.2.1.2 Procesos de modelado del terreno

Las características físicas de la superficie determinan las características del flujo del agua a través de la misma; paralelamente, el flujo del agua tiende a cambiar las características del terreno. La dirección del flujo es determinada por el "aspecto" o dirección de la pendiente, esto es la dirección donde se produce la mayor velocidad de cambio de elevación en un modelo digital.

5.2.1.3 Modelo de elevación digital

La forma más común de representar digitalmente la forma de la tierra es a través de un modelo basado en celdas, conocido como modelo de elevación digital (DEM). Estos datos son utilizados en ArcGIS para cuantificar las características de la superficie de la tierra.

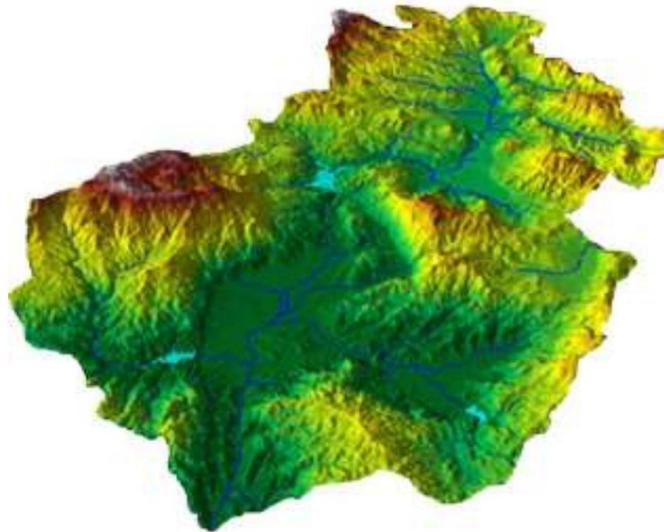


Figura 2. Modelo de digital de elevación.

Un DEM, como se muestra en la figura 2, es una representación gráfica de una superficie continua, usualmente referida como una superficie de la tierra. La precisión de estos datos es determinada primariamente por resolución del modelo y resulta de vital importancia para la determinación de la dirección de

flujo del agua. Los mapas de pendiente (grado o porcentaje), aspecto de la pendiente, relieve de sombras, vistas en perspectiva 3D, son algunos los productos derivados del análisis topográfico a partir de un DEM.

5.2.1.4 Determinación de cuencas hidrográficas

Las cuencas pueden ser delineadas automáticamente a partir del modelo de elevación digital, utilizando como entrada la información de dirección de flujos, lo cual posibilita conocer el área de contribución de agua. Así mismo, a partir de una cuenca dada es factible delinear nuevas subcuencas. Debido que muchas subcuencas pueden resultar de dimensiones muy pequeñas y sin interés para la aplicación, el usuario tiene la posibilidad de especificar el tamaño mínimo deseado para la subcuenca. Los límites de distintas cuencas son comúnmente requeridos para todo tipo de modelado hidrológico. Utilizando herramientas de ArcGIS es posible combinar dichos límites con información de suelos y uso de la tierra para obtener información estadística para cada cuenca para, por ejemplo, predecir la pérdida de sedimentos o importantes inundaciones (Henao, 1998).

5.2.1.5 Redes hidrográficas

Las redes hidrográficas pueden ser delineadas a partir de DEM utilizando información sobre los flujos acumulados. Con esta herramienta es posible asignar un orden jerárquico a los distintos cursos que conforman la red de una cuenca dada; para ello, ArcGIS utiliza el método de Shreve o el de Strahler.

5.2.1.6 Método de Shreve

El método de Shreve como se observa en la figura 3 tiene en cuenta todos los vínculos en la red. Al igual que en el método de Strahler, a todos los vínculos exteriores se les asigna un orden de 1. Para todos los vínculos interiores del método de Shreve, sin embargo, los órdenes son aditivos. Por ejemplo, la intersección de dos vínculos de primer orden crea un vínculo de segundo orden, la intersección de un vínculo de primer orden y uno de segundo orden crea un vínculo de tercer orden, y la intersección de un vínculo de segundo orden y uno de tercer orden crea un vínculo de cuarto orden. Debido a que los órdenes son aditivos, los números del método de Shreve se conocen como magnitudes en lugar de órdenes (Meike, 2003).

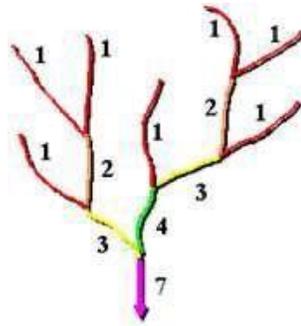


Figura 3. Redes del método Shreve.

5.2.1.7 Método de Strahler

En el método de Strahler, mostrado en la figura 4 se asigna un orden de 1 a todos los vínculos sin afluentes y se los conoce como de primero orden. La clasificación de arroyos aumenta cuando los arroyos del mismo orden intersecan. Por lo tanto, la intersección de dos vínculos de primer orden creará un vínculo de segundo orden, la intersección de dos vínculos de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente. Sin embargo, la intersección de dos vínculos de distintos órdenes no aumentará el orden. Por ejemplo, la intersección de un vínculo de primer orden y segundo orden no creará un vínculo de tercer orden, pero mantendrá el orden del vínculo con el orden más alto. El método de Strahler es el método de clasificación de arroyos más conocido. Sin embargo, debido a que este método sólo aumenta el orden en las intersecciones del mismo orden, no tiene en cuenta todos los vínculos y puede ser susceptible a la adición o remoción de vínculos (Meike, 2003).

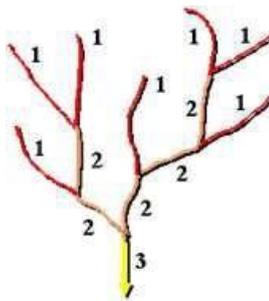


Figura 4. Redes del método Shreve.

5.2.1.8 Características de escorrentía

Al delinear cuencas hidrográficas o definir redes de arroyos, se cumplen una serie de pasos. Algunos pasos son obligatorios, mientras que otros son opcionales según las características de los datos de entrada. El flujo en una superficie siempre va en la dirección de la pendiente más empinada. Una vez que conoce la dirección de salida del flujo de cada celda, podrá determinar cuál y cuántas celdas fluyen en una celda determinada. Esta información se puede utilizar para definir límites de cuencas hidrográficas y redes de arroyos. En el siguiente organigrama (Figura 5.) se muestra el proceso de extracción de información hidrológica, como los límites de cuenca hidrográfica y las redes de arroyos desde un modelo digital de elevación (DEM).

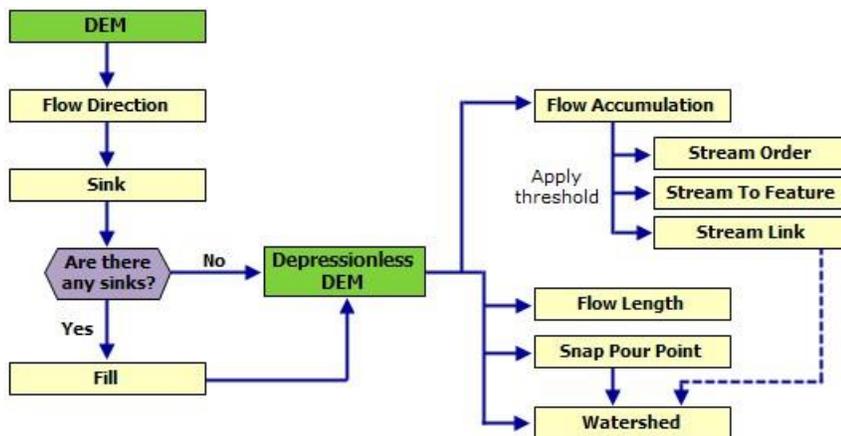


Figura 5. Monograma de modelo hidrológico.

Independientemente de cuál sea su objetivo, comience con un modelo de elevación. El modelo de elevación se utiliza para determinar las celdas que fluyen hacia otras celdas (la dirección de flujo). Sin embargo, si hay errores en el modelo de elevación o si modela geología karst, puede haber algunas ubicaciones de celda que son inferiores a las celdas circundantes. Si este es el caso, el agua que fluye dentro de la celda no saldrá. Estas depresiones se denominan sumideros. Las herramientas de análisis hidrológico permiten identificar los sumideros y ofrecen herramientas para rellenarlos. El resultado es un modelo de elevación sin depresión. Puede determinar la dirección de flujo en este modelo de elevación sin depresión.

Al utilizar las herramientas de análisis hidrológico, puede especificar los puntos de fluidez, o puede utilizar la red de arroyos como puntos de fluidez. Esto crea

cuencas hidrográficas para cada segmento de arroyo entre los cruces de los arroyos. Para crear la red de arroyos, primero debe calcular la acumulación de flujo para cada ubicación de celda. Si define redes de arroyos, no sólo necesita conocer la dirección de flujo del agua de celda a celda sino también cuánta agua fluye a través de una celda, o cuántas celdas fluyen hacia otras celdas.

5.2.1.9 Acumulación de flujo

La herramienta Acumulación de flujo calcula el flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente en el ráster de salida. Si no se proporciona un ráster de peso, se aplica un peso de 1 a cada celda, y el valor de celdas en el ráster de salida es el número de celdas que fluye en cada celda. En la Figura 6, la imagen superior izquierda muestra la dirección de viaje desde cada celda y la superior derecha el número de celdas que fluyen hacia cada celda.

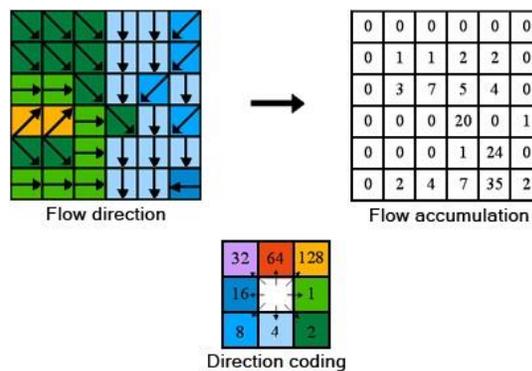


Figura 6. Modelo de la acumulación de flujo.

Las celdas con una acumulación de flujo alta son áreas de flujo concentrado y pueden ser útiles para identificar canales de arroyos. Esto se analiza en Identificación de redes de arroyos. Las celdas con una acumulación de flujo de 0 son alturas topográficas locales y se pueden utilizar para identificar crestas.

5.2.1.10 Dirección de flujo

Una de las claves de la derivación de características hidrológicas de una superficie es la capacidad de determinar la dirección de flujo desde cada celda

en el ráster. Esta herramienta toma una superficie como entrada y proporciona como salida un ráster que muestra la dirección del flujo que sale de cada celda. Si se elige la opción Ráster de eliminación de salida, se creará un ráster de salida con un radio del cambio máximo de elevación desde cada celda a lo largo de la dirección de flujo hasta la longitud de la ruta entre los centros de las celdas y se expresa en porcentajes, así como se muestra en la imagen izquierda de la Figura 7. Existen ocho direcciones de salida válidas que se relacionan con las ocho celdas adyacentes hacia donde puede ir el flujo. Este enfoque comúnmente se denomina el modelo de flujo de ocho direcciones (D8) y sigue un acercamiento presentado en (Domingue., Jenson S. K. and J. O., 1988) representado en la imagen derecha de la Figura 7.

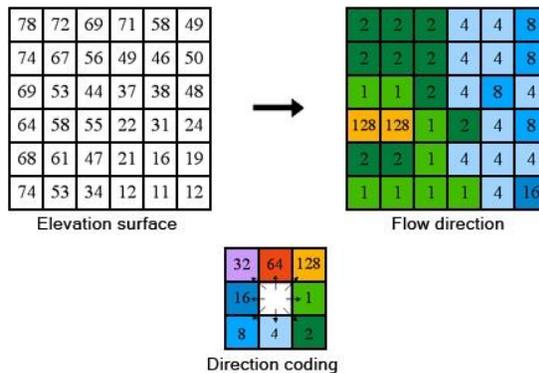


Figura 7. La codificación de la dirección de flujo.

5.2.1.11 El arroyo a entidad

El algoritmo que utiliza la herramienta de arroyo a entidad está diseñado principalmente para la vectorización de redes de arroyos o cualquier otro ráster que represente una red lineal de ráster para la que se conoce la direccionalidad. La herramienta está optimizada para utilizar un ráster de dirección como ayuda en la vectorización de celdas que se intersecan y celdas adyacentes. Se puede vectorizar dos entidades lineales adyacentes con el mismo valor como dos líneas paralelas. Esto contrasta con la herramienta De ráster a polilínea, que generalmente es más agresiva con la contracción de líneas. Para visualizar esta diferencia, en la figura 8, se muestra una red de arroyos de entrada con la salida simulada de arroyo a entidad comparada con la salida de ráster a polilínea.

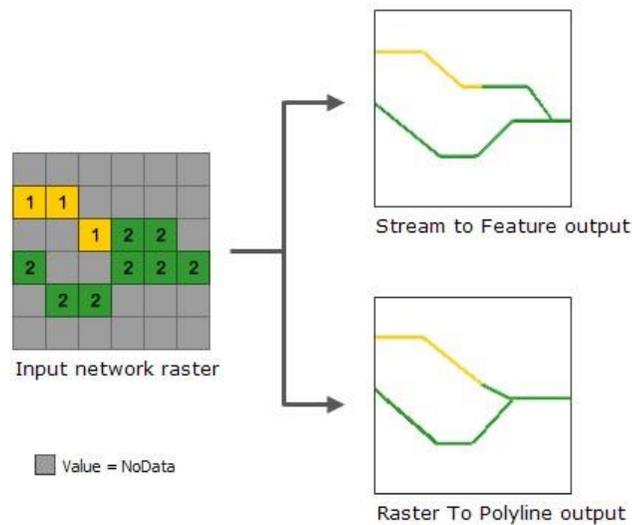


Figura 8. Comparación de métodos de vectorización de ráster.

5.3 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

Los conceptos de abastecimiento, población de diseño y la evaluación de la calidad de agua encontrados en los ítems 5.3, 5.4 y 5.5 fueron tomados del libro de “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados” de Ricardo López Cualla en el capítulo uno.

5.3.1 Elementos de abastecimiento

Cualquier sistema de abastecimiento de agua a una comunidad, por rudimentario que sea, consta de los siguientes elementos:

- Fuente de abastecimiento.
- Obras de captación.
- Obras de conducción.
- Tratamiento del agua.
- Almacenamiento
- Distribución.

5.3.1.1 Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento de agua puede ser superficial, como en los casos de ríos, lagos, embalses o incluso aguas lluvias, o de aguas subterráneas

superficiales o profundas. La elección del tipo de abastecimiento depende de factores tales como localización, calidad y cantidad.

5.3.1.2 Obras de captación

La clase de estructura utilizada para la captación del agua depende en primer lugar del tipo de fuente de abastecimiento utilizado. En general, en los casos de captación de agua superficial se habla de bocatomas, mientras que la captación de aguas subterráneas se hace por medio de pozos subterráneos los cuales se diseñaran según parámetros vistos en este libro y su adecuada aplicación al tema de estudio.

5.3.1.3 Obras para el transporte del agua

En un proyecto de acueductos, existen diferentes necesidades de transporte de agua. En principio, las condiciones de diseño para el transporte de agua dependerán del tipo de fluido; en este sentido, se puede transportar agua cruda (sin tratamiento), en cuyo caso el término empleado para referirse a este tipo de transporte es aducción, o se puede transportar agua potable (tratada), evento en el que se usa el termino conducción.

Dependiendo de las condiciones topográficas y la distancia, el transporte del agua puede efectuarse en tuberías o conductos a presión o por gravedad. La aducción, por tratarse del transporte de agua cruda, puede realizarse en conductos abiertos o cerrados, pero las conducciones deben hacerse en conductos cerrados, normalmente tuberías que trabajan a una presión mayor que la atmosférica (conducción forzada).

5.3.1.4 Tratamiento del agua

En la actualidad, ningún agua en su estado natural es apta para el Consumo humano; además, siempre se requerirá un tratamiento mínimo de cloración, con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante la conducción del agua.

5.3.1.5 Almacenamiento

Dado que el caudal de captación no es siempre constante y que el caudal demandado por la comunidad tampoco lo es, se requiere almacenar agua en

un tanque durante los períodos en los que la demanda es menor que el suministro y utilizarla en los períodos en que la comunidad necesite gran cantidad del líquido.

5.3.1.6 Distribución

La distribución de agua a la comunidad puede hacerse desde la manera más simple, que sería un suministro único por medio de una pileta de agua, hasta su forma más compleja, por medio de una serie de tuberías o redes de distribución que llevan el agua a cada domicilio.

5.3.2 Volumen de agua

La determinación de la cantidad de agua que debe suministrar el acueducto es la base del diseño de este. En razón de que los sistemas de acueductos y alcantarillados están constituidos por estructuras relativamente grandes, tales como presas, plantas de tratamiento, conducciones, etc, los diseños deberán satisfacer las necesidades de la población durante un período suficientemente grande.

Para cumplir con lo dicho anteriormente, hay que estudiar factores tales como: Período de diseño, Población de diseño, Área de diseño, Hidrología de diseño, Usos del agua e Inversión de capital.

El complemento necesario para establecer el caudal de diseño de un acueducto es la determinación del consumo total de agua o dotación bruta. El consumo es el volumen de agua utilizado por una persona en un día y se expresa por lo general en litros por habitante Por día (1/hab.d).

La determinación del consumo total se debe hacer según datos estadísticos del consumo pasado y presente de la población (en el caso de que se disponga de esta información) o, si no, basándose en estos mismos datos de otras poblaciones vecinas con características similares desde la óptica de los factores determinantes del consumo. Cuando no sea posible obtener datos de la comunidad en cuestión o de comunidades vecinas, habrá que asignar valores típicos a cada uno de los usos de agua, según la desagregación que se haga del consumo.

El consumo total de un municipio se puede dividir en el consumo neto y las pérdidas de agua en el sistema de acueducto. La determinación individual de

cada uno de ellos se debe realizar con pleno conocimiento de las características de la población.

5.4 POBLACIÓN DE DISEÑO

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el acueducto es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para la comunidad. Con el fin de poder estimar la población futura es necesario estudiar las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado y en el presente, y hacer predicciones sobre su futuro desarrollo, especialmente en lo concerniente a turismo y desarrollo industrial y comercial. Una ciudad, pueblo o aldea es un ente dinámico, cuyo número de habitantes crece por nacimientos e inmigraciones y decrece por muertes y emigraciones. También puede crecer por anexión de otras concentraciones humanas más pequeñas. El elemento más importante y menos previsible en el desarrollo de la comunidad es el crecimiento industrial y comercial, el cual depende en gran medida de las políticas de tipo macroeconómico del país, que pueden cambiar según los planes de gobierno. Sin tener en cuenta el factor industrial y comercial, la población presentará un crecimiento vegetativo, es decir, con espacio y oportunidad económica limitados. Se calcula la proyección de la población según el nivel de complejidad como se muestra en la Tabla 1.

Se calculará la población utilizando por lo menos los siguientes modelos matemáticos: Aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población. Los datos de población deben estar ajustados con la población flotante y la población migratoria. En caso de falta de datos se recomienda la revisión de los datos de la proyección con los disponibles en poblaciones cercanas que tengan un comportamiento similar al de la población en estudio.

Tabla 1. Métodos de cálculo permitido según el nivel de complejidad del sistema.

Método por emplear	Nivel de Complejidad del Sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, Geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético + Geométrico + exponencial + otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X

Fuente: Ras-2000

5.4.1.1 El método aritmético

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración.

5.4.1.2 El método geométrico

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades.

5.4.1.3 Método exponencial

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión.

5.4.1.4 Método de wappus

Este método se emplea para poblaciones pequeñas de hasta 5000 habitantes hasta poblaciones mayores de hasta 100000 habitantes.

5.5 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

El agua se considera apta para el consumo humano (agua potable) si satisface los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos mínimos exigidos en el Decreto 2105 de 1983 de la República de Colombia. El agua en estas condiciones ofrece una calidad tal que no existe riesgo para la salud. El agua que no cumpla los requerimientos del Decreto 2015 debe tratarse por medio de procesos físico-químicos que permitan eliminar, o al menos reducir, la concentración de elementos nocivos dentro del intervalo estipulado por el decreto.

En la medida en que la calidad del agua en la fuente de abastecimiento esté más deteriorada, el tratamiento para lograr niveles de calidad de agua potable requerirá una mayor inversión de capital. Se puede calificar la fuente de abastecimiento con valores cualitativos desde "aceptable" hasta "muy deficiente", en función de las características físico-químicas y bacteriológicas del agua. A manera de ejemplo, en la tabla 2 se transcriben algunos valores citados por la Norma Colombiana del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS - 2000). Se establece entonces un plan de muestreo y caracterización de la fuente de abastecimiento que cumple con las normas exigidas y en épocas de caudales mínimos y máximos mensuales, en el sitio de captación y sobre los afluentes cercanos ubicados aguas arriba.

Tabla 2. Límites de calidad de agua para consumo humano.

PARAMETROS	Nivel de calidad de acuerdo con el grado de polución			
	fuelle aceptable	fuelle regular	fuelle deficiente	fuelle muy deficiente
DBO5(mg/L) PROMEDIO MENSUAL MAXIMO DIARIO	≤ 1.5 1-3	1.5-2.5 3-4	2.5-4 4-6	>4 <6
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 ml) PROMEDIO MENSUAL	0-50	50-500	500-5000	>5000
OXIGENO DISUELTO (mg/L)	≥4	≥4	≥4	<4
PH PROMEDIO	6.0-8.5	5.0-9.0	3.8-10.5	
TURBIDEZ (UNT)	<2	feb-40	40-150	≥150
CLORUROS (mg/l. Cl)	<50	50-150	150-200	300
FLORUROS (mg/l. F)	≤1.2	≤1.2	≤1.2	>1.7

Fuente: Ras-2000

6 INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE LA PLATA

La información presente en este capítulo, fue obtenida por EMSERPLA E.S.P. (Empresas de servicios públicos del municipio de La Plata), a través del PUEAA (Programa de uso eficiente y ahorro del agua), realizado en el año 2009 y consignado en el capítulo cuatro del mismo.

6.1 ASPECTOS GENERALES Y SITUACION GEOGRAFICA

6.1.1 Historia

Su fundación y conformación como municipio data del 5 de junio de 1651 por el Capitán Diego de Ospina y Maldonado, fecha en la cual se organiza la parroquia de San Sebastián de La Plata. Esta fundación se atribuye tanto al paso de Sebastián de Belalcazar por las tierras del Cauca en la búsqueda de El Dorado bajo la conexión entre Santafé y Quito, así como el interés de Los españoles al producirse el hallazgo de minas de plata existentes en esta área.

A través del tiempo, el municipio ha sido testigo de tres fundaciones la primera dada por la insurrección a la corona española el 22 de octubre de 1553; la segunda debida a la extracción y al comercio de La Plata a comienzos de 1554 y la tercera debido a la destrucción por parte de los indígenas paeces, andaquíes y yalcones el 17 de junio de 1577.

6.1.2 Características geográficas

El municipio de La Plata perteneciente al departamento del Huila, está situado sobre las estribaciones de la cordillera central, formando así parte del sur andino localizado entre los 01°33'08" y 03°47'32" de latitud norte y los 74°28'34" y 76°36'47" de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 19.890 km² lo que representa el 1.75% del territorio nacional limitando así por el norte con el departamento del Cauca, por el sur con el municipio de la Argentina, por el oriente con los municipios de Paicol y Pital y por el occidente con el departamento del cauca.

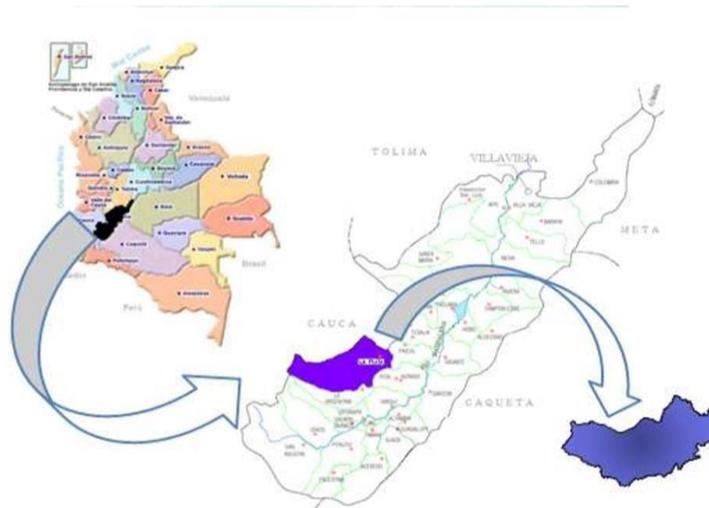


Figura 9. Ubicación del Municipio de La Plata Respecto a Nivel Departamental y Nacional.

Fuente: <http://sir2.gobhuila.gov.co/geoestadistica.jsp>

Presenta una extensión de 1305,6 Km², 130.560 hectáreas. Área que representa el 6.4% del área total del Departamento del Huila. Su Cabecera Municipal se encuentra a 1.018 m. s. n. m., con una temperatura promedio de 23° C. La comunicación con la capital de departamento se realiza por una vía totalmente pavimentada, con extensión de 123 Km. Política y

administrativamente está dividido en 7 Inspecciones de Policía o centros poblados y un aproximado de 111 veredas como se observa en la figura 10.



Figura 10. División política del municipio.

Fuente: <http://sir2.gobhuila.gov.co/geoestadistica.jsp>

6.2 CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA

6.2.1 Climatología y meteorología

Dentro de la subcuenca del Río La Plata solamente existen dos estaciones limnimétricas, denominadas Villa Losada y Vega del Salado localizadas en las cotas 1.300 m.s.n.m. y 1.150 m.s.n.m; instalada en octubre de 1.979 y junio de 1.971 respectivamente.

6.2.1.1 Precipitación

La temporada de lluvias se registra entre los meses de marzo, abril y mayo, en el primer semestre y los meses de octubre y noviembre en el segundo semestre. Los mínimos o temporada seca o de verano, se registra entre los meses de diciembre y enero para el comienzo año hidrológico y julio y agosto durante el período de mitad de año, siendo el verano de mitad de año el más fuerte. Los meses de febrero y septiembre se pueden considerar como de transición entre el verano a invierno. Los meses más lluviosos son abril en el primer invierno del año y octubre en el segundo, con una particularidad que el

primer invierno es más fuerte que el segundo. La precipitación total anual en las estaciones analizadas y dentro de la zona de interés, varía entre los 1500 y 2700 mm. Con base en la distribución de isoyetas en cercanías al sitio del puente, la lluvia media multianual es de 1500 mm y en la cuenca del río La Plata es de 2100 mm aproximadamente.

6.2.1.2 Temperatura

La temperatura media en el área urbana del Municipio de La Plata es de 23 C. Así mismo, la temperatura mínima está por encima de los 14 C; en la zona del páramo del Parque Nacional Natural Puracé la temperatura media baja hasta los 4.0 C; mientras que la temperatura máxima llega hasta los 13.5 C.

6.2.1.3 Humedad relativa

El comportamiento de la Humedad Relativa tiene una relación inversa con la temperatura debido a que al incrementarse esta última aumenta la capacidad atmosférica para retener vapor de agua y si esta no recibe aportes adicionales de vapor, la humedad relativa disminuye. Para el área de estudio esto se refleja en el comportamiento anual. Así, durante los períodos secos, donde se registran las mayores temperaturas, la húmeda, relativa es baja, mientras que a mediados del año (temporada húmeda), la relación se invierte. Esto significa que los mayores valores de humedad se presentan en los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre. En la Tabla 3 Se presentan los valores de la humedad relativa en el Municipio y Santa Leticia.

Tabla 3. Variación Mensual De La Humedad Relativa %

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
LA PLATA	7	8	7	8	8	7	7	7	7	7	8	8
	8	0	9	1	2	9	7	4	5	8	0	0
STA LETICIA	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	1	1	3	4	2	3	1	0	0	1	2	2

FUENTE: POT 2000.

6.2.1.4 Nubosidad y brillo solar

El comportamiento de la Nubosidad y el Brillo Solar es inversamente proporcional y está determinado por la ocurrencia de las lluvias. Esto significa que durante los períodos lluviosos el brillo solar disminuye y durante la época de bajas precipitaciones el brillo solar aumenta. Esto se explica por la mayor nubosidad registrada durante el invierno que obstaculiza el paso de la radiación solar directa. De ésta manera se tiene que durante los períodos de diciembre - febrero y de julio – agosto, se obtienen los mayores registros de

brillo solar, por el contrario, la nubosidad alcanza la mayor proporción entre los meses de abril - mayo y octubre - noviembre. El valor de Brillo Solar promedio es de 1496 horas de sol al año, con valores mensuales mínimo y máximo de 105 y 139.5 horas; estos valores se presentan en mayo y diciembre y enero. En cuanto a la Nubosidad media anual es de 4 octavos, con extremos entre 0 y 7 octavos.

6.2.1.5 Radiación solar

El Municipio de La Plata de acuerdo con el Estudio de Radiación Solar en Colombia elaborado por el -HIMAT-, presenta una distribución de la radiación solar que varía entre valores de 428.1 cal/cm²/día en el mes de septiembre y menor de 284.3 cal/cm²/día.

6.2.1.6 Régimen de vientos

El régimen de vientos es determinante del comportamiento de las precipitaciones. En tal sentido cabe destacar la circulación de las masas de aire en el área de estudio. Se ha planteado como en éste sector predominan las corrientes de tipo convectivo generadas por el calentamiento diurno de la troposfera hecho que induce a desplazamientos verticales de corrientes de aire - húmedo hacia la cordillera que se condensan, produciendo finalmente aguaceros. Durante la noche se producen en la zona una inversión en el desplazamiento de las masas de aire, de manera que desciende desde la cordillera hacia el valle. Dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura locales puede formar bancos de niebla o cinturones de nubes bajas en los límites del piedemonte entre la cordillera central y el valle. La orientación longitudinal de las cordilleras Central, que conforman los límites de la cuenca del Alto Magdalena, determina que los vientos Alisios del NE choquen oblicuamente contra la cordillera y que su acción sea relativamente débil, por lo que ya han atravesado la llanura del Caribe, en la cordillera central se presentan las mayores velocidades del viento ya que oscila entre 1.9 m/sg. Y 2.0 m/sg., mientras que en la parte central la velocidad es menor con valores entre 0.5 m/sg. Y 1.9 m/sg.

6.2.1.7 Evaporación potencia

El Municipio de La Plata se encuentra en un rango altitudinal de 1.000 a los 1700 m.s.n.m. la evapotranspiración oscila entre 1.200 y 900 mm/año corresponde principalmente al área en donde se encuentra el casco urbano y la zona productiva principalmente veredas como:

San Sebastián, El Tablón, La Azufrada El Jazmín y Alto San Isidro. Así mismo, por encima de los 1700 msnm, la evapotranspiración baja de los 1000 mm/año ubicadas en las partes altas como por ejemplo las veredas El Congreso, La María, El Líbano entre otras.

6.2.2 Hidrología

6.2.2.1 Cuenca hidrográfica del río Páez

Nace a una altura de 4.000 m.s.n.m. en la Laguna del Buey, Páramo de Santo Domingo en el departamento del Cauca, desemboca en el Río La Plata, cambiando su curso hacia el nororiente, dirección que se mantiene hasta el lugar de desembocadura del Río Negro o de Narváez donde vuelve a tomar un curso occidente – oriente y con esta tendencia continúa hasta llegar al Río Magdalena. Desde un kilómetro al noroccidente del sector de El Dinde (La Plata) en la Vereda Cansarrocines, hasta la desembocadura del Río Negro o de Narváez, el valle del Río Páez es amplio, la forma del río es sinuosa y se encuentran extensos depósitos que conforman varias terrazas.

A partir de la desembocadura del Río Negro o de Narváez en el Río Páez el valle se hace estrecho y encañonado a lo largo de 3 Km aproximadamente, donde los depósitos son pequeños y la forma es prácticamente rectilínea en este tramo y hasta el noreste del casco urbano de Paicol. El valle se vuelve a ensanchar al noroccidente de la cabecera municipal de Paicol y a la altura de esta localidad el río inicia el comportamiento de corriente meandriforme, presentando extensos depósitos en ambas márgenes en jurisdicción de Tesalia y Paicol.

6.2.2.2 Área de drenaje

El área es la medida de superficie de la cuenca encerrada por la divisoria de aguas, es una de las características morfométricas más importantes de la cuenca. El área de la cuenca se considera como el área que contribuye con la escorrentía superficial y está delimitada por la divisoria topográfica.

La importancia del área de las cuencas radica en que está directamente relacionada con las crecientes, cantidad e intensidad de las lluvias. Para el Municipio de La Plata se tuvo en cuenta las dos subcuentas la de La Plata y la del Páez, dentro del área del Municipio esta conforman 1.331.8 Km², de los cuales el 14.17% del área total pertenecen a la subcuenca del Páez con 188.71 Km² y con el 85.83% y representado con 1.143.09 Km² la subcuenca de La Plata. Se subdividieron en once microcuencas, las más representativas, de estas microcuencas estudiadas, la que tiene más área es

el Aguacatal con 511.6 Km² con una participación del 38.4% y la microcuenca más pequeña es la de San Francisco con un área de 10.53 Km² y se representa con el 0.8%, las microcuencas más importante por que suministran agua para acueductos es la Barbillas la cual cuenta con su respectiva plata de tratamiento y la quebrada Zapatero sin tratamiento alguno, estas quebradas surten de agua al casco urbano del Municipio, en el área rural la microcuenca Loro, de la cual utilizan la quebrada Chunchullo como acueducto regional, para surtir de agua al centro poblado de Belén y ocho veredas, El Pescado, El Arrayán, El Madroñal, San Rafael, Alto Rico, La Reforma, la Primavera y La Estación.

6.2.2.3 Río La Plata

El río La Plata se forma al occidente del Departamento del Huila (en los Municipios de La Argentina y La Plata), por la confluencia principalmente de tres corrientes importantes, las cuales son: el Río Aguacatal, el Río Loro y la Quebrada Moscopán. Este río tiene una dirección preferencial hacia el nororiente, su forma es moderadamente sinuosa y sus depósitos son poco extensos. El cauce activo tiene un ancho entre 30 y 35 metros a la altura del casco urbano de La Plata. Dentro de la microcuenca del río La Plata se encuentran las microcuencas de las quebradas Avispero, Pericos, Los Muertos, Aguacatal, El Salado, Guadalejo, Montegrande, La Colorada, Cabuyal, Cuchayaco, Museñas y Barbillas.

Sobre la margen izquierda, aguas abajo del Río La Plata, se encuentran los siguientes afluentes: Quebrada Guamito (su llanura de inundación presenta varios niveles). Aproximadamente paralelo a esta quebrada existe un caño con canal bien definido, que recoge principalmente aguas lluvias y cuando se crece ha llegado a inundar viviendas aguas abajo); quebrada Zapatero (con evidencias de comportamiento torrencial); la quebrada El Pomo (con fragmentos líticos entre 10 y 60 centímetros de diámetro, que desemboca en la quebrada Quiebramuelas) y por último la quebrada Los Muertos y algunos zanjones que recogen aguas lluvias y que no tienen nombre. En esta margen la mayor parte de los drenajes nacen en el flanco oriental de la cordillera Central y definen un patrón paralelo a subparalelo.

En la margen derecha se localizan las siguientes corrientes: Quebrada Cuchayaco, Quebrada Museñas y la Quebrada La Colorada. El patrón de drenaje es subdendrítico.

6.3 TOPOGRAFIA, SUELOS Y GEOLOGIA.

6.3.1 Suelos

Los suelos que corresponden al área de la cabecera municipal son superficiales, limitados por un duripán, bien drenados. El epipedón es de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franca, estructura en bloques subangulares medios, de desarrollo moderado; el endopedón es un horizonte argílico de color negro, textura franca arcillo arenosa y estructura en bloques subangulares medios y gruesos. De reacción neutra, pobres en materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico baja, saturación de bases muy alta y baja disponibilidad de fósforo para las plantas.

6.3.2 Topografía

El Municipio de La Plata está localizado en el flanco este de la cordillera central de Colombia, en las estribaciones del Macizo de La Plata, donde discurren los ríos La Plata y Páez, cuyas aguas van hacia el valle del Magdalena. El Municipio de La Plata cuenta con una topografía ondulada moderada en su cabecera la cual es dividida por el río La Plata en su recorrido de suroeste a nor-este. El Municipio se encuentra más poblado hacia el oriente al lado izquierdo del río La Plata y tiende a expandirse hacia el norte a lado y lado del río, tendiendo a ser una zona más plana la parte nor-este que la del otro costado.

6.3.3 Sedimentos

La vertiente occidental del río de La Plata corresponde a depósitos aluviales en forma de abanico que han sido depositados por drenajes principales en el piedemonte de la cordillera, los depósitos de abanicos aluviales están asociados con procesos tectónicos durante períodos de levantamiento del bloque correspondiente a la Cordillera Central que han generado un alto aporte de sedimentos provenientes de la cordillera.

El municipio se encuentra localizado sobre sedimentos depositados por el río La Plata, el cual atraviesa al Municipio dividiéndolo en dos, quedando su mayor parte al occidente o margen izquierda del río, zona que se ha desprotegido en su vegetación ocasionando inundaciones por la quebrada los muertos y arrastre de material sedimentable. Estos cauces tienen un régimen predominantemente deposicional y están conformados litológicamente por areniscas, limos y cantos rodados de rocas ígneas y sedimentarias, transportados desde la Cordillera Central.

6.3.4 Geología

El Municipio de La Plata está localizado sobre secuencias de rocas con diversos orígenes y edades. Existen rocas antiguas de origen ígneo y metamórfico al noroeste, que forman paisajes montañosos, de pendientes fuertes y suelos superficiales; existen por otro lado rocas antiguas de origen sedimentario al noreste y centro del Municipio, que forman paisajes de montaña, de pendientes moderadas a fuertes y suelos superficiales a moderadamente superficiales; al oeste del Municipio existen rocas de origen volcánico sub-reciente que forman paisajes de planicies con pendientes bajas y suelos mejor desarrollados, en el extremo oeste del Municipio afloran rocas recientes de origen volcánico formando paisajes montañosos, de topografía abrupta y suelos poco desarrollados y finalmente existen sedimentos recientes que forman los valles aluviales y el piedemonte, dando origen a zonas de topografías planas a onduladas y con suelos fértiles.

La formación geológica predominante de la cabecera municipal se da por abanicos que corresponden a depósitos aluviales y fluvio-torrenciales de cantos en matriz areno-arcillosa, los cuales se han depositado en el piedemonte de la cordillera central a manera de abanicos, son áreas planas, ligeramente inclinadas y estables y se encuentra distribuida en las siguientes veredas y sectores: Cabecera Municipal, Fátima, El Carmelo, Chilicambe, El Salado, La María, y representa el 1, 27% del área total del Municipio.

6.4 ASPECTOS DEMOGRAFICOS

La población del municipio según censo DANE de 1973 fue de 21.107 habitantes, de los cuales el 40,03% residía en el sector urbano y el 59.97% ocupaba el sector rural; el censo de 1985 arrojó una población total de 38.248 personas, 33.31% urbanas y 66.69% rurales; y en el último censo de población y vivienda efectuado por el DANE se obtuvo una población de 40.606 habitantes, distribuidos en un 42,35% en la zona urbana y un 57.65% en la zona rural. Cronológicamente estos censos de población muestran un crecimiento en la población total del Municipio en el primer periodo intercensal (12 años) de un 81.2%; para el segundo periodo intercensal (8 años) el crecimiento poblacional fue solo del 6.16%.

En cuanto a la distribución de la población por área y su comportamiento intercensal tenemos: Para 1973 la población urbana era 8.448 personas, el 40.3% de la población total del Municipio; la población rural llegaba a 12.659

habitantes, el 59.97%. En 1985 en la parte urbana se registraron 12.744 habitantes, el 33.3%; en la zona rural el dato fue de 25.504 personas, el 66.7%.

Dándose en este periodo ínter censal una marcada predominancia de la población rural sobre la población urbana. El crecimiento de la población rural alcanza un crecimiento promedio anual de 8.4% (101.46% de crecimiento rural en el periodo ínter censal), mientras que la población del área urbana solo creció a una tasa de 4.23% (un crecimiento urbano del 50.85% en el periodo ínter censal). La tasa de crecimiento poblacional general para este periodo fue de 81.21% (6.76% anual). Para el siguiente periodo ínter censal (1985 – 1993) la tasa de crecimiento fue 6.16% (0.77% año), siendo positiva. Luego, al mirar el crecimiento por área en el Municipio, encontramos que la población rural presentó una tasa de crecimiento poblacional negativa en este periodo (-8.21%), lo que nos hace pensar que la movilidad horizontal de población ha hecho presencia sobre esta población en forma negativa, hecho que puede tener explicación en las mejores condiciones de vida que se presentan en la cabecera municipal, las cuales resultan muy atractivas para nuestros campesinos o factores de violencia e inseguridad en el campo. Pese a esto, se sigue un marcado predominio de la población rural (57.65%) sobre la población urbana (42.35%). Esta última presenta un crecimiento anual del 4.36%, (Fuente DANE). Población actual 75450 habitantes

Para poder proyectar las acciones que mejoraran la situación socioeconómica de una región se debe conocer su comportamiento población a futuro, ya que así se puede predecir y prever las necesidades de adquisición de bienes y servicios de uso, establecer la capacidad de producción y los requisitos sobre generación de empleo, entre otros aspectos. Esto hace que, al momento de pensar los planes de educación, salud, inversión, producción distribución de recursos fiscales, etc. Para el Municipio se tenga en cuenta el crecimiento de la población y su distribución. La tasa de crecimiento intercensal dada por el DANE para el periodo 1973 – 1985 fue de 4,5%; la obtenida por el equipo que elaboró el Plan de Desarrollo de La Plata con base en el SISBÉN, da un crecimiento de población del 1.5% en la zona rural y del 2.4% en la zona urbana. Para la proyección de la población de este estudio es muy razonable anotar que los análisis realizados en el estudio del PGIRS están muy bien justificados como se muestra en el siguiente cuadro se presentan los datos correspondientes a la proyección de la población del Municipio de La Plata como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Proyección De La Población.

Año	Población Total	Población Urbana	Población Rural
2006	59.524	23.458	33.780
2007	62.119	24.481	34.117
2008	64.827	25.548	34.459
2009	67.654	26.662	34.803
2010	70.604	27.825	35.151
2011	73.682	29.038	35.503
2012	76.894	30.304	35.858
2013	80.247	31.625	36.216
2014	83.746	33.004	36.578
2015	87.397	34.443	36.944
2016	91.208	35.945	37.314

Fuente: PGIRS

En el año 2009 el municipio de La Plata posee una población en el casco urbano de 20.778 dentro de los cuales 10.897 son mujeres y 9.881 son hombre, en cuanto al año rural hay una población 31.771 de los cuales 16,867 son hombres y 14.904 son mujeres, para una población total de 52.549 habitantes según proyecciones realizadas por el DANE. NIVEL DE COMPLEJIDAD: 75450 habitantes (DANE 2015) ALTO.

6.5 ASPECTOS ECONOMICOS

La actividad principal se basa en el sector agropecuario siendo su participación mayor al 75%. Entre los sistemas de producción que generan mayores volúmenes de productos dentro del sector agrícola están: café, plátano, yuca, frijol y tomate de árbol. En lo relacionado con la producción pecuaria, la producción bovina de doble propósito es la más sobresaliente, en segundo orden esta la producción de aves de huevo. En la producción piscícola se destacan la cría de mojarra roja y trucha.

6.6 SISTEMA EXISTENTE DE ACUEDUCTO

El acueducto inicial fue instalado en 1975 y su adecuación y mejoramiento fue realizado en 1991. La fuente de abastecimiento del Acueducto Municipal, es la quebrada Barbillas con un caudal de 115 lts/sg. Los principales componentes del acueducto fueron diseñados por "EMSERPLA" y recopilados en el PUEEA del municipio de donde se obtuvo la siguiente información:

6.6.1 Bocatoma

Es de fondo y fue realizada en el año de 1991 y presenta como características específicas:

- Dos rejillas por donde ingresa el agua, de dimensiones de 0.70 * 3.0m.
- Dos cámaras, una que recibe el agua y tubería de 12" con una rejilla en su inicio y una cámara seca con dos válvulas de control, una de 12" y otra de 6" en una tubería del mismo diámetro y se encuentra en mal estado.

6.6.1.1 Aducción bocatoma desarenador

Posee una tubería PVC de 12" encofrada, en longitud de 45 m, la cual ha funcionado bien desde el año 1991 de su construcción.

6.6.1.2 Desarenador

Posee un Tanque de 23.5 * 6.0 * 2.9, el cual cuenta con una cámara de llegada, pantalla difusora y cámara de salida.

6.6.1.3 Tubería para desagüe

Consiste en una tubería de cemento de 12" de una longitud de 60 m que conduce el agua y arena del desarenador a la quebrada de Barbillas, cuando se le hace mantenimiento.

6.6.1.4 Conducción principal

Conduce el agua del desarenador a la planta de tratamiento en una longitud de 875 m. discriminados así: 590 m en tubería PVC de 12" desde es desarenador nuevo al desarenador viejo; 255 m. en tubería AC de 10" y 30 m en tubería de 8", llegando en 10" a la planta. Se construyó una aducción en tubería de 12" PVC RDE 32,5 de longitud 800 m que en el momento no está en funcionamiento.

6.6.1.5 Planta de tratamiento

Construida en 1973 con una capacidad de 48 lts/sg., mejorada en 1987 a una capacidad de 90 lts/sg y en 1994 a 150 lts/sg. Está construida en una casa de dos plantas, donde en la primera se encuentra el sistema de tubería y válvulas para el lavado de filtros viejos y el dosificador de cloro; se almacenan los cilindros de cloro. En la segunda planta se encuentra el mesón para

laboratorio, la oficina, el depósito de sulfato de aluminio y el dosificador de este.

6.6.1.6 Entrada de agua - canaleta parshall - mezcla rápida

Este sistema fue mejorado en 1994. El agua llega en 10" a un pozo de 1*1*2.5 m y luego pasa a la canaleta Parshall donde se encuentra una regla de medición y enseguida por el floculador horizontal un canal de 4 m por 0.5 m de ancho y 5 plaquetas colocadas en el fondo realizan la mezcla rápida. En este sitio se le agrega el sulfato de aluminio. Existen tres dosificadores de sulfato de aluminio marca CARPER; uno en funcionamiento adquirido en noviembre de 1995, con máxima capacidad de 1000 gr/min; dos se encuentran en mal estado y despiezados. La conducción de la mezcla se hace a través de un tubo de 1 1/2" PVC.

6.6.1.7 Floculación

Existen dos sistemas actualmente de floculación

- Floculador hidráulico horizontal construido en 1973 consistente en 51 pantallas con longitud de recorrido de 37.11 m y al final una canaleta de 1.17 m de longitud de entrada a los sedimentadores. Para su mantenimiento requiere suspensión del servicio.
- Floculador tipo Alabama consistente en 10 tanques de 2,35 m * 1,7 m * 1,8 m con válvula para desagüe tipo compuerta, y sale a la canaleta del anterior floculador. Esta tiene lavado individual y no requiere suspensión del servicio para su mantenimiento.

6.6.1.8 Sedimentación

Se realiza en dos unidades tipo convencional, una construida en 1973 y otra en 1987, con dimensiones de 22 m * 4.95 m * 3.15 m de altura y tiempo de retención de 2 horas. Fue mejorado a uno de alta tasa de sedimentación en 1994 mediante la colocación de 258 plaquetas en cada tanque para retención de floculos. Cada tanque tiene una válvula de lavado de 10".

6.6.1.9 Filtración

Se trabaja en 6 unidades de filtración rápida descendente de medio doble de arena y antracita y de tasa declinante, construido en 1993. Se compone de un canal de ingreso de agua común a todos los filtros, canaletas para entrada y lavado ascendente, un canal de agua filtrada, un canal que recoge el agua de lavado y un vertedero de salida. Cada filtro mide 3,40 m * 4,30 m * 2,70 m.

6.6.1.10 Desinfección - salida de agua

Esta se realiza en el vertedero de salida con cloro gaseoso diluido en agua el cual llega en tubería de 3/4" PVC. La salida se realiza en dos tuberías, una de 8" en AC que se conecta con la de 10" también en AC y que conduce al tanque de almacenamiento y una tubería de 10" en AC que conduce al paso directo que sale a las redes de distribución y no pasa al tanque de almacenamiento.

6.6.1.11 Tanque de almacenamiento

Posee dos depósitos semienterrados construidos en 1973 uno junto al otro y separados por una pared y capacidad individual de 500 m³. Cada tanque posee una tapa de concreto y su correspondiente válvula de entrada y de salida, así como también una válvula para desagüe en caso de lavado y tubería en HF de 10" para rebose, se encuentra a 51 m de la salida de los filtros. Cada tanque tiene un macro medidor y alimenta la red en forma separada al sector denominado San Rafael y Centro

6.6.1.12 Tanque elevado para suministro de agua a la casa

Tanque en concreto reforzado con capacidad para 110 m³ y que almacena agua para la dosificación del sulfato de aluminio, del cloro gaseoso y para el servicio sanitario de la vivienda.

6.6.1.13 Macro medición

Comprende el Implemento de medición en 10" marca Tiajin instalado en 1994, mide el caudal que sale de la planta de tratamiento para consumo.

6.6.1.14 Redes de distribución

La red del área urbana fue mejorada en el año de 1994 y actualmente está conformada en tuberías de PVC que van desde diámetros de 1 pulgada hasta 12 pulgadas (Tabla 5).

Tabla 5. Diámetro, Longitud y Clase de Tubería.

Diámetro	MATERIAL	L1(M)	MATERIAL	L2(m)	L1 + L2
1	PVC	469	AC	25.5	494.5
1 ½	PVC	72			72
2	PVC	14670.5	AC	655.5	15326
2 ½	PVC	48.5			48.5
3	PVC	12118.5	AC	6651	18769.5
4	PVC	841	AC	1132.5	1973.5
6	PVC	1343	AC	3686.5	5029.5
8	PVC	981.5	AC	463	1444.5
10	PVC	107.5	AC	1461.5	1569
12			AC	801	801
Total		30651.5		14876.5	45528

Fuente: EMSERPLA-2006

6.6.1.15 Cobertura

El área urbana del municipio de La Plata, cuenta con 5211 viviendas y un acueducto municipal que brinda Agua Potable a 4.937 suscriptores, alcanzando un 94,75% de cobertura al año 2006. La parte alta del Barrio San Rafael (280 viviendas equivalente al 2%, es decir aproximadamente a 1.270 personas), recibe el servicio de acueducto a través de una asociación comunal que no garantiza el suministro de agua potable.

7 DIAGNOSTICO DE LA FUENTE ABASTECEDORA ACTUAL EXISTENTE

La información general de este capítulo, fue obtenida por EMSERPLA E.S.P. (Empresas de servicios públicos del municipio de La Plata), a través del PUEAA (Programa de uso eficiente y ahorro del agua), realizado en el año 2009 consignados en el capítulo 8 del mismo.

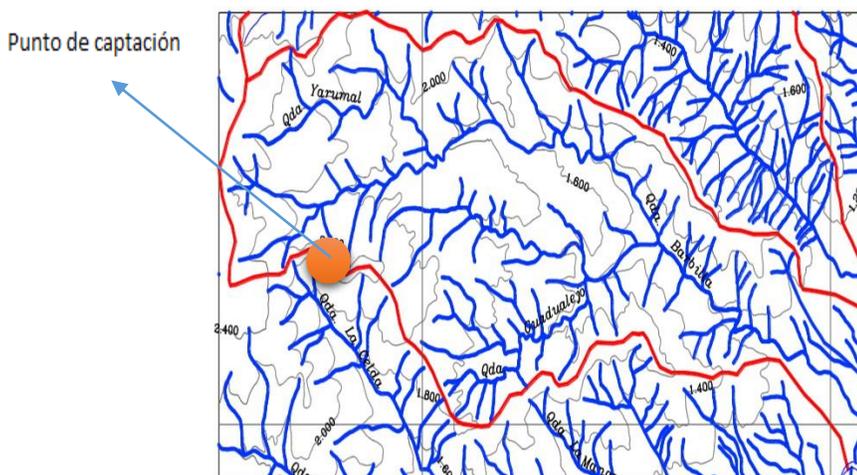


Figura 11. Microcuenca De Barbillas.

La microcuenca de Barbillas (Figura 11) se encuentra localizada al occidente del casco urbano del Municipio de La Plata, comprendiendo las veredas Alto Cañada, Las Mercedes, San Juan y Fátima.

La divisora de aguas coincide por el norte con la parte alta de la vía veredal de Alto Cañada, por el occidente con el límite entre la vereda Las Mercedes y las veredas Betania y La Estrella, por el sur con la cuchilla alta de la vereda San Juan.

Hacia el oriente se encuentra el punto de concentración de aguas en la vereda Fátima, para luego dirigirse, pasando por la llanura aluvial de La Plata, hacia el río del mismo nombre. Toda esta zona forma parte de las estribaciones oriental de la cordillera Central. Durante los estudios realizados se obtuvieron los aforos de la quebrada durante diferentes épocas del año, así como los caudales captados por las empresas públicas del municipio como se muestra en la tabla 6 y 7.

Tabla 6. Caudal de la fuente abastecedora.

DESCRIPCIÓN DE CAUDAL	UNIDAD
Caudal promedio diario anual de la fuente de captación	240 L/Seg
Caudal promedio diario en época secas de la fuente abastecedora	155 L/Seg
Caudal promedio diario en época de lluvia de la fuente abastecedora	350 L/Seg

Fuente: EMSERPLA E.S.P.

Tabla 7. Caudal promedio diario captado por la entidad.

DESCRIPCIÓN DE CAUDAL	UNIDAD
Número de usuarios del sistema	5506
Caudal promedio diario anual captado por la entidad.	112 Lts/seg

Fuente: EMSERPLA E.S.P.

7.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO POTENCIAL

En el año 2007 se realizó el proyecto para la construcción de un nuevo sistema de captación, donde se analizaron las diferentes alternativas eligiendo la más viable en este caso la quebrada la isla efluente del río La Plata, pero el permiso de aguas presentado a la CAM fue rechazado debido a que el caudal de la quebrada la isla en época de invierno es menor al caudal solicitado por la empresa de servicios públicos de La Plata. En el mismo estudio se tomó en cuenta como alternativa el río La Plata para fuente abastecedora potencial pero no fue escogida debido a que se tuvo en cuenta los costos y dicha

alternativa arrojaba altos costos, pero no se presentan datos de caudales comparativos respecto al uso del agua sin embargo si se observa el caudal del río La Plata en época de invierno es 48.9m³/sg siendo este potencial de abastecimiento según el caudal que el municipio se encontraba tramitando; sin embargo en a principios del año 2010 les fue concedida una ampliación a la concesión de agua actual de la quebrada barbillas en un incremento de 21.5lts/sg dando como caudal 133.2lts/sg y según estudios el municipio de La Plata requiere para satisfacer su demanda hasta el año 2029 un caudal de 123.3lts/sg. De esta manera el municipio cuenta con un caudal satisfactorio para cubrir su demanda en cuanto agua potable.

7.2 ANÁLISIS DE LA CUENCA

La Quebrada de Barbillas tiene una dirección preferencial occidente -oriente, su forma es moderadamente sinuosa y sus depósitos en la parte montañosa son poco extensos. No se presenta lo mismo en la llanura de Fátima donde se encuentran depósitos de mayor extensión. Abastece el acueducto del Municipio de La Plata, se conforma por tres cauces principales:

- Guadualejo, nace en límites entre la vereda San Juan y Las Mercedes en el flanco suroccidente de los predios del Municipio.
- Barbillas, se conforma de tres fuentes hídricas (una de ellas abastece a 5 acueductos de fincas), las que a su vez son formadas por una red de nacimientos varios de ellos de los predios del Municipio y de los relictos de bosque de la parte alta en límites con la divisora de aguas.
- Yarumal, nace en límites entre Las Mercedes y la vereda Alto Cañada. (Coordenadas planas: 0.789663 y 0.757594). Yarumal se une a Barbillas en terrenos de la vereda Las Mercedes unos 200 metros arriba del sitio donde el cauce corta la carretera de la misma vereda, junto al camino de herradura.

7.3 OFERTA HÍDRICA

El análisis del recurso hídrico se da en función de la demanda y oferta hídrica en donde la fuente debe tener un caudal tal, que garantice un caudal mínimo permanente aguas debajo de la estructura de toma con el fin de no interferir con otros proyectos a futuro, tanto de abastecimiento de agua para consumo humano y así preservar el ecosistema aguas abajo. Este concepto enunciado corresponde a lo establecido en el Decreto 1541 de 1978 el cual define como

caudal ecológico un caudal que garantice la preservación de la fuente como mínimo en un 30% del caudal de esta en época de verano, es decir:

$$Q_c = Q_c - (Q_c \times 30 \%)$$

Donde:

Q_c: caudal del cauce en época de verano es decir el caudal base de reparto.

El caudal de la quebrada barbillas en época de verano es 160 L/s

Q_c: 160- (160 L/s x 30%) = 112 Lts/s

Q_c: 112 Lts/s

7.4 DEMANDA HÍDRICA

A continuación, se muestran los cálculos de los caudales necesarios para establecer la demanda hídrica del municipio teniendo en cuenta todos los caudales necesarios para esto como se muestra en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Cálculo De Consumo De Agua.

- Caudal de la fuente promedio: 362 lts/seg. (fuente CAM)
- Número de usuarios 2802
- Número de habitantes: 14.010 habitantes
- Caudal ras entre 170 a 180 lts/hab/día
- Caudales de diseño acueductos: 250 lts/hab/día
- Se tiene en cuenta el 30% para perdidas
- Para el cálculo tomamos en cuenta el mayor: 250 lts/hab/día

FUENTE: PUEAA

Tabla 9. Consumo de agua para una vivienda de 5 personas

Consumo por ducha/persona/día, 40 Lts/ ducha	200
Cuatro usos de w.c./persona/día, 20 Lts/uso	400
3 preparaciones de alimento/familia, 10 Lts/comida	45
2 Lavadas de ropa/semana 150 Lts/lavad	45
2 Riego del Jardín/semana, 30 Lts/regada	10
Consumo promedio	= 140 Lts/persona/día

Fuente PUEAA

7.4.1 Dotaciones

Se determina una dotación para la población a servir, bajo el principio de que el acueducto es diseñado para el consumo y uso humano, bajo unos parámetros racionales; dentro de esta dotación se tiene en cuenta los diferentes usos del agua consumo doméstico, uso residencial etc., con estos parámetros y características de la zona determinamos la dotación neta.

7.4.2 Dotación neta

Corresponde a la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, sin considerar las pérdidas que ocurran en el acueducto. Dotación Mínima = 110 Lts/hab. – día Tabla B.2.2 RAS 2000 Variación de la Dotación Neta = + 10% Tabla b.2.3 RAS 2000 Esta variación se produce para el factor clima Dotación Neta = 1.10 = 121 ATS/hab. – día

7.4.3 Dotación bruta

La dotación bruta está afectada por las diferentes pérdidas que puedan afectar al sistema y que deben ser cuantificadas.

Pérdida = % P 40% Tabla B.2.4 – RAS 2000

Dotación Bruta = D neta/ (1-%P) = 121/ (1-0.4) = 202 Lts/hab - día

8 METODOLOGIA

8.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se recolectaron datos demográficos, en especial censos de población del DANE y censos disponibles de suscriptores del acueducto de la población del municipio de La Plata para la proyección de la población. También se usó información sobre el municipio, la planta de tratamiento de agua potable y datos o estudios anteriores realizados por diferentes entidades, normatividad y fuente abastecedora actual; toda esta información sacada del programa de uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA) y otorgada por la Corporación Autónoma del Magdalena (CAM). Gracias al IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) se pudo reunir datos de las planchas N° 366-I-A, 366-I-C, 365-II-D, 365-II-B, 365-II-C y 365-II-B acerca del área donde se llevó a cabo el diagnóstico del proyecto. La Empresa de servicios públicos del municipio de La Plata, también ofreció información detallada de ayuda tal como información del acueducto actual, aforos, cobertura y contabilización del agua. El IDEAM brindó información acerca de datos hidroclimatológicos de las

estaciones del municipio y sus alrededores. AQUATEKNICA LTDA mostró resultados de calidad de aguas de las fuentes alternas escogidas al final, gracias al estudio elaborado por ellos. Finalmente, el consorcio de Ingeniería FUNDISPROS facilitó el estudio hidrológico de la quebrada El Salado realizado recientemente.

8.2 CALCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

Para el desarrollo de este proyecto de agua potable y saneamiento básico se debe llevar a cabo el procedimiento y requisitos generales ofrecidos por el RAS. Para elaborar esto como primera instancia se debe estimar una población futura con la cual se va a trabajar y luego escoger el nivel de complejidad del sistema especificado por el RAS. Con el fin de efectuar lo anterior, se recolectó datos demográficos de la población en particular censos de población del DANE y los censos disponibles de suscriptores de acueducto del municipio La Plata.

Obtenido ya el número de habitantes para el año 2015 y siendo la estimación de población urbana el aspecto más importante para el nivel de complejidad se procedió a la definición de la misma. Según el artículo 11 del capítulo A.3 del RAS 2000, dependiendo al número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto se determina el nivel de complejidad.

Tabla 10. Asignación del nivel de complejidad.

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

FUENTE: RAS-2000

Como se recomienda en el literal B.4.4.1 del RAS, “Para los niveles de complejidad medio alto y alto, las obras de captación de agua superficial deberán ser analizadas y evaluadas teniendo en cuenta el período de diseño máximo” como se observa en la tabla 11.

Tabla 11. Periodo de diseño según el nivel de complejidad del sistema.

Nivel de Complejidad del Sistema	Periodo de diseño
Bajo	15 años
Medio	20 años
Medio alto	25 años
Alto	30 años

FUENTE: RAS-2000

De acuerdo a estos parámetros se determinó el cálculo matemático del crecimiento poblacional urbano que es necesario a la hora de la realización del proyecto y del cual depende del nivel de complejidad.

Se calculó la proyección de la población según el nivel de complejidad y los métodos mostrados en la tabla 1. Cabe resaltar que estos se ajustaron con la población flotante como recomienda el RAS en el literal B.2.2.4.

8.2.1 El método aritmético o lineal

$$k_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

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

Ka= incremento anual de la población

Puc= Población último censo

Tuc= tiempo año último censo

Pci= población censo inicial

Tci= Tiempo año censo inicial

$$P_f = P_{uc} + k_a (T_f - T_{uc})$$

Pf= Población final o proyectada

Tf= Tiempo año final o proyectado

8.2.2 El método geométrico

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

Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método anterior. La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

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

8.2.3 Método exponencial

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

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

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

Pcp= población del censo posterior

Pca= población del censo anterior

Tcp= Tiempo año correspondiente al censo posterior Tca= Tiempo año correspondiente al censo anterior Ln= logaritmo natural o neperiano.

$$P_f = P_{ci} \times e^{\tilde{k}_s (T_f - T_{ci})}$$

8.2.4 Método de wappus (otro)

La ecuación de proyección de población por el método de wappus es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \left[\frac{200 + i \times (T_f - T_{ci})}{200 - i \times (T_f - T_{ci})} \right]$$

En donde el crecimiento se calcula a partir de la expresión:

$$i = \frac{200 \times (P_{uc} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci}) \times (P_{uc} + P_{ci})}$$

El modelo de crecimiento es válido siempre y cuando el término $200 - i \times (T_f - T_{ci})$ tenga un valor positivo.

8.3 SELECCIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO

Ya determinado el número de la población proyectada promedio con sus correspondientes métodos junto a la población flotante y en su respectivo año de acuerdo a su periodo de diseño, se determinó el caudal necesario para suplir la cantidad de habitantes como segundo factor principal.

De acuerdo con el RAS, nuevamente con el nivel de complejidad se estableció la dotación mínima según la tabla 12.

Tabla 12. Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema.

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

El porcentaje de pérdidas técnicas admisible depende del nivel de complejidad del sistema, como se establece en la tabla 13 por lo cual se determinó:

Tabla 13. Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas.

Nivel de complejidad del sistema	Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta
Bajo	40 %
Medio	30 %
Medio alto	25 %
Alto	20 %

En sistemas con una baja capacidad técnica y económica el porcentaje de pérdidas máximo es del orden del 40%, mientras que en sistemas con una alta capacidad técnica y económica el índice puede ser máximo del 20%. (LÓPEZ, 2003).

Tenido en cuenta el consumo neto y el índice de pérdidas, se determinó la dotación bruta o el consumo total proyectado con la siguiente ecuación:

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

Definido así ésta, se procedió a calcular caudales de diseños medio diario y máximos diario y horario con el fin de diseñar las diferentes estructuras hidráulicas del sistema de acueducto, el cual debe combinar las necesidades de la población de diseño y los costos de la construcción de un acueducto para un caudal excesivo.

8.4 CAUDAL MEDIO DIARIO

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$$

8.5 CAUDAL MÁXIMO DIARIO

$$QMD = Q_{md} k_1$$

K1= coeficiente de consumo máximo diario

Como es un sistema nuevo, entonces k1 depende del nivel de complejidad como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Coeficiente de consumo máximo diario k_1 según el nivel de complejidad.

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

8.6 CAUDAL MÁXIMO HORARIO

$$QMH = QMD \cdot k_2$$

K_2 = coeficiente de consumo máximo horario

Como es un sistema nuevo, entonces k_2 depende del nivel de complejidad como se muestra en la tabla 20.

Tabla 15. Coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución.

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

Cuando se dispone de un sistema de regulación de caudal como un tanque de almacenamiento, las estructuras del acueducto se diseñan con el caudal máximo diario. En caso contrario, se debe diseñar todo el acueducto con el caudal máximo horario. Para este caso ya hay tanques de almacenamientos existentes, entonces se trabaja con el caudal máximo diario. (LÓPEZ, 2003).

8.7 DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS

8.7.1 Diseño de la rejilla

$$Q = 1.84xLxH^{\frac{3}{2}}$$

H = carga sobre la cresta del vertedero

h = pérdida de carga en m

S = sumergencia

Le= longitud efectiva de la rejilla

$$S = \frac{H - h}{H}$$
$$Q1 = \frac{Q}{(1 - S^{1.5})^{0.385}}$$
$$Le = \frac{Q}{1.84xH^{1.5}}$$

REJAS COMUN: 2 A 4 cm ($\frac{3}{4}$ " - $1^{1/2}$)

TIPO DE VARILLA: 10X50 cm ($\frac{3}{8}$ " x 2")

LIMPIEZA MECANICA 45° a 90° con la horizontal

VELOCIDAD MAXIMA: 0.40 m/s

VELOCIDAD MINIMO: 0.75 m/s

8.7.2 Numero de espacios

$$\text{No. Espacios} = \frac{le}{\text{diametro}}$$

Donde *le* es la longitud de la rejilla

8.7.3 Numero de varillas

No. Varillas = número de espacios - 1

Se calcula la longitud de la rejilla para flujo sub crítico

$$Le = \left[\frac{Q}{1.86xH^{1.6}} \right]^{1.11}$$

Se elige el menor de las longitudes por cuestión de costos en construcción.
(F. Corcho. acueductos teoría y diseño).

8.7.4 Diseño de la cámara de derivación

LA CAMARA DE DERIVACION LLEVA LAS MEDIDAS DE 2 X 1.5 M POR CUESTIONES DE CONSTRUCCION NORMALMENTE UTILIZADAS. (F. Corcho. acueductos teoría y diseño).

COTA DEL NIVEL MINIMO DE AGUA EN LA CAMARA DE DERIVACION

CNM= cota nivel mínimo de la quebrada – carga sobre el vertedero

8.7.5 Diseño de la línea de aducción

$$Q_{ds} = 2CMD$$

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

Donde:

C= Coeficiente de descarga (0.61)

A= 0.073 para Diámetro de 12"

Q= Caudal para orificio sumergido

$$H = \frac{1}{2g} \times \left[\frac{Q}{CA} \right]^2$$

H = carga sobre la cresta del vertedero

COTA EJE DE LA TUBERIA= Cota mínima del agua en la cámara de derivación – H

COTA DE BATEA TUBERIA DE SALIDA HACIA EL DESARENADOR= Cota eje de la tubería –diámetro/2.

8.7.6 Diseño desarenador

- *TIEMPO QUE DEMORA LA PARTICULA EN TOCAR FONDO:*

$$t = H/V_s$$

Donde:

H= profundidad del desarenador (asumido)

V_s= velocidad de sedimentación

- *CALCULO TIEMPO DE RETENCION*

$$a/t = 2.37$$

- *CAPACIDAD DEL DESARENADOR*

$$C = Q_x a$$

Donde:

Q= CMD

a=tiempo de retención

- *SUPERFICIE DEL DESARENADOR*

$$A = \frac{C}{H}$$

SE COMPARA LA SUPERFICIE DISPONIBLE CON LA REQUERIDA

$$AR = \frac{Q}{V_{SS}}$$

Donde

$$A > AR$$

- *DIMENSIONES DE LA ZONA DE SEDIMENTACION*

$$L = 4b$$

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

- *VERTEDERO DE EXCESO*

$$L = \frac{Q}{CxH^{3/2}}$$

- *DISEÑO DE LA PANTALLA DEFLEXTORA*

VELOCIDAD A TRAVES DEL ORIFICIO = 0.20 m/sg (Asumido)

AREA EFECTIVA DE LOS ORIFICIOS

$$Q = VxAe$$

$$\text{Numero de orificios} = Ae/a_0$$

Donde:

a_0 =asumido

- *VERTEDERO DE SALIDA*

$$H = \left[\frac{Q}{Cb} \right]^{3/2}$$

- *DISEÑO DE LA ZONA DE ENTRADA*

$$b/3 \leq \text{ancho} \leq b/2$$

Se asume el ancho = b/2
Hprofundidad = H/3

- *DIMENSION DE LA ZONA DE SALIDA*

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$$
$$X = V_0 t$$

- *DISEÑO DE LA ZONA DE LODOS*

Volumen de la tolva= 0.20 volumen sedimentador

8.7.7 Tubería de exceso y lavado

Según las recomendaciones del libro acueductos teoría y diseño de Fredy corcho, para la tubería de exceso se sugiere una tubería de 8" para el exceso de la cámara a 20 cm del borde del desarenador. Para la tubería de lavado se recomienda una tubería de 8" y se calcula el tiempo de vaciado.

$$T = \frac{2A\sqrt{h}}{m\sqrt{2g}}$$
$$m(cd) = \frac{Q}{A_0\sqrt{2gH}} \text{ Donde:}$$

T= Tiempo de vaciado

A= Área superficial del desarenador

m= Coeficiente de descarga

g= Gravedad

Q= CMD

A0= área del orificio

DONDE EL RAS RECOMIENDA QUE NO SE EXCEDAN LAS 8 HORAS PARA VACIADO. (Según ras 2000 título B, ítem B.9.4.10.).

8.8 MODELACIÓN DE LA CUENCA A TRAVÉS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Para la elaboración de este proceso de modelación en ArcGis 10.1, fue necesaria la información solicitada por el IGAC de las planchas de cartografía de Colombia necesarias para la zona de trabajo del municipio de La Plata y sus puntos de interés para el desarrollo del proyecto. Para este caso se escogió información tal como “curvas de nivel”, “hidrografía” y “casco urbano”, de las planchas N° 366-I-A, 366-IC, 365-II-D, 365-II-B, 365-II-C y 365-II-A. Con esta información junta, se procedió a representarlas en un formato legible y aceptado por el programa ArcGis, versión 10.1. El formato digital presenta ventajas en relación a la cartografía en papel, debido a que es simple de actualizar, la transferencia de la información es rápida y accesible, requiere pequeño espacio de almacenamiento, es de fácil mantenimiento con un procesamiento y análisis automático. Una vez disponible toda esta información en dicho software, organizada normalmente por capas dependiendo del aspecto a trabajar, se llevó a cabo una unión total de cada capa con el fin de trabajar con un solo documento después de haber agregado 6 diferentes de cada plancha nombrada anteriormente.

Una vez combinadas las capas de “Hidrografía” y “Curvas de nivel” en una sola capa, se procedió a identificar fuentes hídricas cercanas a la cabecera municipal, en este caso el municipio de La Plata con ayuda del software como se muestra en la Figura 12. Dejando por fuera la fuente hídrica la cual alimenta el municipio actualmente, se escogieron 9 fuentes hídricas en busca de la de mejor calidad y más viable económicamente a la hora de elegir el remplazo que abastecerá el acueducto del municipio. Entre ellas se encuentran:

- Río La Plata
- Quebrada La Isla
- Quebrada La Zapatera
- Quebrada Cuchayaco
- Quebrada Perico
- Quebrada Casa Blanca
- Quebrada El Salado
- Quebrada Moscopan
- Quebrada El Avispero

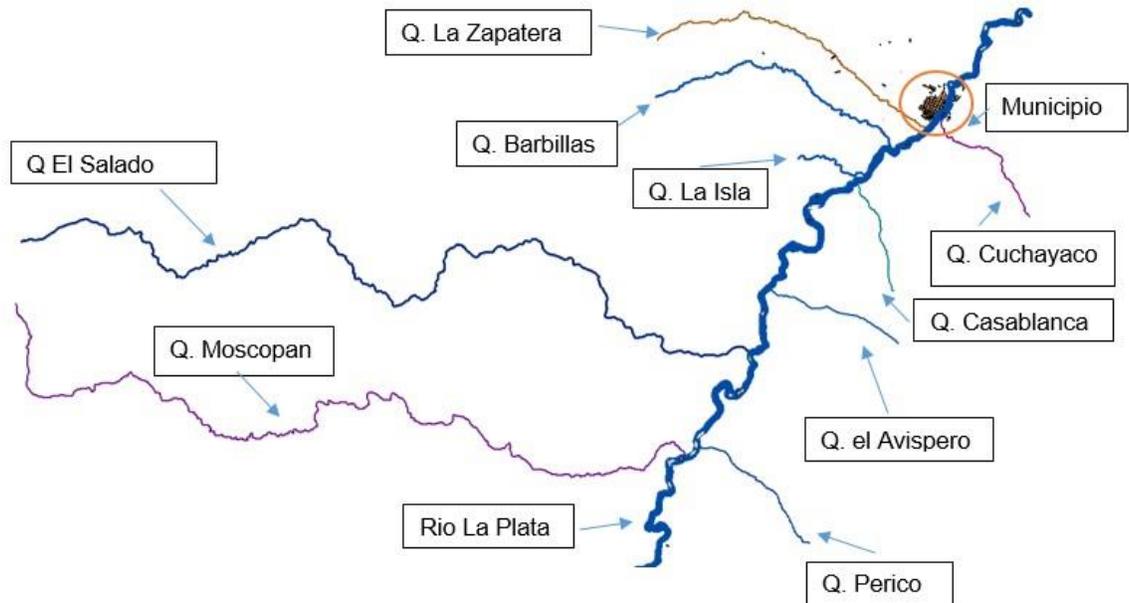


Figura 12. Fuentes hídricas cercanas al municipio La Plata.

Al desplegar, crear o adicionar una nueva capa en el software es muy importante trabajar con el mismo sistema de coordenadas ya que este permite trabajar en el mismo eje de referencia dependiendo al lugar de trabajo. También es importante para asegurarse de que las opciones de análisis espacial de ArcMap calculan la distancia, área, forma o dirección correctamente. Es decir, se requieren medidas precisas en el mapa.

Para que los datos espaciales puedan ser integrados en un mismo mapa las proyecciones deben ser definidas. Se puede configurar una proyección de un dato en cualquier momento, ya sea durante su creación o posteriormente. Para este caso, siendo el municipio de La Plata el lugar del desarrollo del proyecto, se efectúa la correcta sobre posición mediante el software, siendo así "MAGNA Colombia Oeste" el sistema de coordenadas a usar dependiendo la ubicación del municipio.

Siendo el coeficiente de compacidad (K_c) un parámetro para la identificación de la fuente hídrica alterna, se llevó a cabo el cálculo de esta para cada una de las de las 9 quebradas nombradas anteriormente junto con su respectiva microcuenca. Según lo dicho anteriormente, se procedió a delimitar cada

microcuenca y hallar el Kc de cada una como factor importante de determinación.

Para hallar el coeficiente de compacidad (Kc), es necesario calcular las variables área (A) y perímetro (P).

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Para calcular el área y perímetro, fue necesario la herramienta de hidrología del software ArcGis, la cual, con sus subherramientas, delimita las diferentes cuencas y microcuencas en un determinado lugar, así como se muestra en la figura 13 con las 9 las microcuencas ya observadas anteriormente en la figura 12.

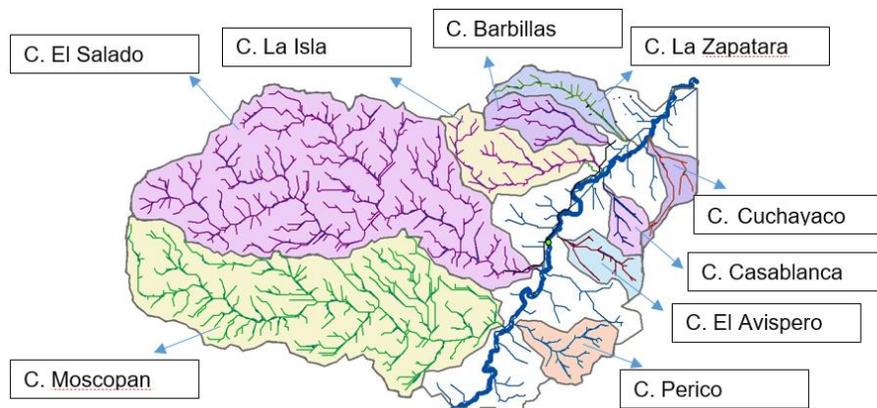


Figura 13. Delimitación de las microcuencas hídricas del municipio de La Plata.

Al tener las cuencas delimitadas, a través del software se obtuvo información geométrica básica, tales como, medidas, longitud, área, perímetro, entre otras. De esta manera también se establecieron los factores morfométricos tales como, longitud del cauce principal, secundario y demás, por medio un orden de flujos; y por último cotas en cualquier parte del terreno.

Todo esto fue realizado con el fin de obtener información necesaria para hallar las curvas hipsométricas la cual nos brinda detalles de la cuenca. Con la ayuda del software, se clasificaron las áreas por medio de cotas y se graficó la curva hipsométrica de las fuentes alternas escogidas.

Al obtener el modelo en 3D y todos los archivos del software junto con el apropiado sistema de coordenadas, se procedió a georreferenciar y poner los puntos en el mapa tales como, el punto de captación de la quebrada El Salado y el Río La Plata; y el punto de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

Se buscó la mejor ruta más eficiente posible entre dos puntos con la finalidad de buscar el menor coste entre dos o varios elementos, es decir encuentran la mínima distancia para llegar a un destino, pero no estrictamente determinan una longitud lineal. De acuerdo a [ESRI \(2012\)](#) “La ruta de menor coste recorre desde el destino hasta el origen. Esta ruta tiene el ancho de una celda, recorre desde el destino al origen, y se garantiza como la ruta menos costosa en relación a las unidades de coste que define el ráster de coste original que se introdujo en la herramienta de distancia ponderada”

Para realizar este método, fue necesario la herramienta de análisis espacial del ArcGis, la cual arrojó la mejor opción en la ruta que posiblemente se podría implementar la tubería, como se muestra en la figura 14.

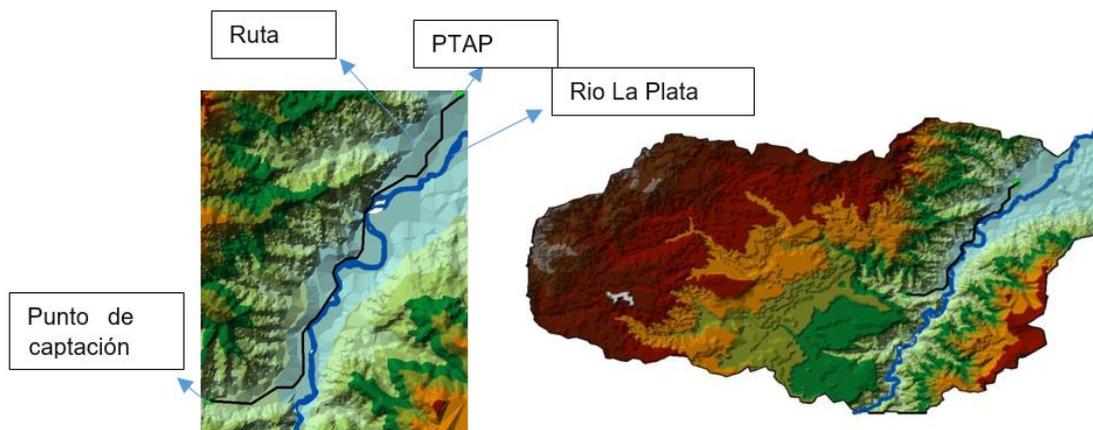


Figura 14. Elección de la mejor ruta entre el punto de captación y la PTAP.

En la figura 14, se observa la mejor opción del trazado en el terreno del municipio La Plata, arrojada por el software ArcGIS, la cual se optaría tomar como ruta desde el punto de captación designado, hacia el punto de destino que sería la planta de tratamiento de agua potable ya existente en el municipio.

Con la ruta obtenida por el software de acuerdo a las pendientes y evitando cruzar grandes cuerpos de agua, se originó un mapa de perfil de la tubería de longitud y alturas, para tener una mejor idea del trazado. En la opción de “3D Analyst” se dibujó el trazado.

9 RESULTADOS Y DISCUSIONES

9.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS ALTERNAS

9.1.1 Selección de las fuentes hídricas alternas viables.

Para el desarrollo de este proyecto se consideraron la mayor parte de cuerpos de agua que estuvieran alrededor del casco urbano de La Plata, de los cuales se escogieron para estudio del diagnóstico solo dos fuentes hídricas por diferentes motivos, así se seleccionaron la quebrada El Salado y el río de La Plata.

9.1.2 Parámetros de selección para las fuentes hídricas alternas

Para la selección de las fuentes hídricas alternas en este diagnóstico, se consideraron los 10 cuerpos de aguas más cercanos al municipio que posiblemente cumplieran los parámetros requeridos para su uso como fuente abastecedora.

A continuación, se mencionan los siguientes parámetros enumerados en orden de importancia para la selección de la fuente.

- 1) Caudal
- 2) Clasificación de los cursos de agua
- 3) Distancia
- 4) Morfología
- 5) Turbidez
- 6) Ph

Los valores de caudal y clasificación de los recursos de agua se obtuvieron en la fase de recolección de información por parte de la CAM que suministro esta información como se muestra en el anexo C.

La distancia desde un punto de captación posible hasta la planta de tratamiento de agua potable y morfología se desarrollaron mediante el software ArcGIS usando la herramienta de medición y programando la ecuación del coeficiente kc en la tabla de atributos como se muestra a en la tabla 16.

Tabla 16. Valores de kc calculados por ArcGIS.

FID	Shape *	ID	GRIDCODE	Area km2	Perimetro Km	Cuenca	Kc
0	Polygon	2	0	14.489684	18.588622	Queb_Barbillas	1.367338
1	Polygon	3	0	9.840312	14.934156	Queb_Avispero	1.333013
2	Polygon	1	0	14.064583	17.391066	Queb_Perico	1.298437
3	Polygon	5	0	25.342451	25.80957	Queb_Isla	1.435537
4	Polygon	1	0	7.66892	17.889126	Queb_Cuchayaca	1.808756
5	Polygon	1	0	12.149294	21.118613	Queb_Zapatero	1.696477
6	Polygon	1	0	6.442133	12.324338	Queb_Casablanca	1.359586
7	Polygon	1	0	127.385079	61.596332	Queb_Moscopan	1.528106
8	Polygon	1	0	157.835436	65.602652	Queb_Salado	1.4621
9	Polygon	246	114	474.46889	107.23365	Rio_La_Plata	1.378432

A medida que el coeficiente Kc tiende a uno (1.0) o sea cuando tiende a ser redonda, aumenta la peligrosidad de la cuenca a las crecientes, porque las distancias relativas de los puntos de la divisoria de aguas con respecto al centro, no presentan diferencias significativas y el tiempo de concentración se hace menor, por lo tanto, mayor sea la posibilidad de que las ondas de crecidas sean continuas.

Los valores de kc mostrados en la tabla 17 fueron calculados por el ArcGIS como se observa en la tabla 16. A continuación, se muestra la relación de las diferentes quebradas con cada uno de los parámetros seleccionados para este diagnóstico y con los cuales se hizo un filtro para seleccionar la fuente de abastecimiento de mejor viabilidad para el proyecto de expansión del municipio de La Plata.

Tabla 17. Parámetros de selección para cause de captación.

Quebrada/paramento	Caudal (m ³ /s)	Curso de agua	Distancia (km)	Morfología (kc)	turbidez	ph
Quebrada la Isla	1.03	Intermitente	3.91	1.4355	-	-
Quebrada Moscopan	0.87	permanente	21.2	1.5281	2.09	5.5
Quebrada Barbillas	0.95	permanente	1.2	1.36733	-	-
Quebrada El Salado	1.13	permanente	12	1.4621	1.9	7.28
Quebrada Perico	0.84	permanente	17.12	1.2984	-	-
Quebrada la Zapatera	0.76	Intermitente	4.17	1.6964	-	-
Quebrada Cuchayaco	0.69	intermitente	5.07	1.8087	-	-
Quebrada Casa blanca	0.57	intermitente	4.24	1.3595	-	-
Quebrada el Avispero	0.73	intermitente	9.7	1.3330	-	-
Río de La Plata	14.17	permanente	8	1.3784	2.1	7.3

(-) Valores no tenidos en cuenta debido a factores de cursos de agua intermitentes, o distancia.

Las opciones más viables para el uso de abastecimientos fueron la quebrada El Salado y el río de La Plata como se observa en la tabla 17 por cumplir con los parámetros de caudal con un requerimiento mínimo de 1 m³ y curso de agua debido a que varias de estas fuentes se consideran inapropiadas por su régimen de intermitencia ya que durante los periodos de verano extensos su cauce se reduce significativamente y en algunos casos llega hasta 0 correspondiente a los cuerpos de agua que se secan totalmente. A continuación, se caracterizarán las dos fuentes hídricas escogidas y se compararán para finalmente seleccionar una de las dos como fuente de abastecimiento alterna para el acueducto del municipio de La Plata.

9.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES SELECCIONADAS

9.2.1 Quebrada el salado

La quebrada El Salado nace en la línea divisoria de aguas entre los departamentos del Huila y Cauca, se encuentra entre las coordenadas geográficas 1125891.8105m de longitud al oeste de Greenwich, y entre los paralelos 748020.1365 de latitud norte. Su cauce principal nace a 2800 m.s.n.m. y desemboca a 1400 m.s.n.m. en la margen izquierda del río La

Plata. Su cuenca hidrográfica se localiza al noroccidente del departamento del Huila, en el municipio de La Plata.

9.2.1.1 Estudios hidrológicos

Tabla 18. Parámetros Básicos hidrológicos del río la quebrada El Salado.

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
AREA	KM2	52.33
PERIMETRO	KM2	38.5
COTA DE NACIMIENTO	m.s.n.m.	2800
COTA DEL SITIO DE CAPTACION	m.s.n.m.	1250
LONGITUD DEL CAUCE	KM	15.79
PENDIENTE MEDIO	%	4.7
TIEMPO DE CONCETRACION	HORAS	3.14
DENSIDAD DE DRENAJE	KM/KM2	3.72
INDICE DE GRAVELIUS	-	1.41

FUENTE: Consorcio FUNDISPROS 2015

En la tabla 18 se muestran los parámetros morfométricos de la quebrada El Salado obtenidos a través del ArcGIS, con el fin de facilitar los cálculos para el diagnóstica de la fuente.

9.2.1.1.1 Características morfométricas.

En la tabla 19 se relacionan la forma de la cuenca hidrográfica según el índice de Gravelius estimado.

Tabla 19. Tabla de Compacidad Kc.

CLASE DE FORMA	RANGOS DE CLASE	FORMA DE LA CUENCA	CARACTERÍSTICAS
Kc 1	1.00 – 1.25	Casi redonda a Oval redonda	Cuenca de tipo torrencial, altamente peligrosa
Kc 2	1.25 – 1.50	Oval redonda a Oval oblonga	Presenta peligros torrenciales, pero no iguales al anterior
Kc 3	1.50 – 1.75	Oval oblonga a Rectangular oblonga	Cuenca menos torrencial
Kc 4	> 1.75	Rectangular a Muy lobuladas	Cuencas de aguas tranquilas

Para la quebrada El Salado se calculó un kc de 1.41 que corresponde al kc2.

9.2.1.1.2 Estudio de caudales de la fuente de abastecimiento

Tabla 20. Caudales mínimos y máximos según los periodos de retorno.

PERIODOS DE RETORNO	CAUDALES MAXIMOS (m³/s)	CAUDALES MIMINOS (m³/s)
2.33	10.3	1.47
5	16.8	1.34
10	30	1.26
25	50	1.18
30	72.6	1.13

Fuente: Consorcio FUNDISPROS 2015

9.2.1.1.3 Sedimentología

Tabla 21. Parámetros de Sedimentología.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
DIAMETRO DE PARTICULA	mm	0.106
GRADO DE REMOCION	%	87.5
TEMPERATURA	°c	14.5
VELOCIDAD DE SEDIMENTACION	cm/sg	0.89
PROFUNDIDAD UTIL	m	1.5

Fuente: Consorcio FUNDISPROS 2015

9.2.1.2 Calidad de aguas

Según los estudios realizados por la empresa AQUATEKNICA LTDA. Los estudios de calidad de agua para la quebrada El Salado fueron arrojaron los siguientes resultados.

Tabla 22. Resultados calidad de aguas quebrada El Salado.

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICO					
PARAMETRO ANALIZADO	RESULTADO	UNIDADES	VALORES PERMISIBLES	DIAGNOSTICO	METODO
Alcalinidad	86	MG/L	≤200 mg/l	aceptable	titulometria
Aluminio	0.02	MG/L	≤0.2 mg/l	aceptable	espectrofotometrico
Calcio	9	MG/L	≤60 mg/l	aceptable	espectrofotometrico
Conductividad	109	MS/CM	≤1000 ms/cm	aceptable	conductimetria
Cloruros	25	MG/L	≤250 MG/L	aceptable	titulometria
Color	47	Uni. Pt-Co	≤15 u pt-co	no aceptable	fotométrico
Dureza total	86	MG/L	≤300 mg/l	aceptable	titulometria
Fosfatos	0.3	MG/L	≤0.5 mg/l	aceptable	colorimétrico
Hierro total	0.15	MG/L	≤0.3 mg/l	aceptable	espectrofotometrico
Magnesio	0	MG/L	≤36 mg/l	aceptable	espectrofotometrico
Nitratos	0.03	MG/L	≤10 mg/l	aceptable	espectrofotometrico
Nitritos	0.01	MG/L	≤0.1 mg/l	aceptable	espectrofotometrico
Ph	7.28	Uni. Ph	entre 6.5 y 9.0	aceptable	electrométrico
Solidos totales	150	MG/L	≤500 mg/l	aceptable	gravimétrico
Sulfatos	0	MG/L	≤250 mg/l	aceptable	espectrofotometrico
Turbidez	1.9	NTU	≤2 ntu	aceptable	nefelometría
Coliformes totales	146	UFC/100C M3	0 ufc/100 cm3	no aceptable	filtración por membrana
Escherichia coli	20	UFC/100C M3	0 ufc/100 cm3	no aceptable	filtración por membrana

Fuente: AQUATECK

Dados los resultados mostrados en la tabla no. 22 se considera la quebrada El Salado como una opción viable para su uso como fuente abastecedora ya que cumple con los parámetros principales para el consumo humano según la normatividad.

9.2.1.3 Obras hidráulicas preliminares

9.2.1.3.1 Cálculos hidráulicos:

Los siguientes cálculos fueron tomados del libro de Freddy Corcho Serna y Ricardo Alfredo López Cualla.

9.2.1.3.2 Estimación de la población futura y caudal de diseño a partir de cálculos actuales

Tabla 23. Coeficientes de crecimiento para el cálculo de población y caudal.

Pci	población	k (incremento anual de la población)	Kg	i	r	d neta	k1	k2
2005	20778	1395.20	0.05877	4.37984	0.052713286	150	1.2	1.5
2010	27875		0.04397			4.68		
2015	34730		0.05137					

Tabla 24 Proyección de población para 30 años.

año	proyección lineal	proyección geométrica	Logarítmico	Wappus	Proyección Promedio	proyección + flotante
2015	34730	34730	37396	30927	34446	36168
2020	41706	44901	50169	33979	42689	44823
2025	48682	58050	67305	37032	52767	55406
2030	55658	75051	90294	40084	65272	68535
2035	62634	97030	121135	43136	80984	85033
2040	69610	125446	162511	46188	100939	105986
2045	76586	162184	218018	49240	126507	132833

Como se observa en la tabla no. 24 aplicando los 4 métodos de cálculo de población existe una diferencia significativa entre los resultados a partir de los 10 a 15 años en los cuales la población se dispara en algunos métodos y en otros no se observa gran cambio, por lo que se realiza un promedio entre los métodos y se arroja un valor de población futura para el periodo de 30 años de 132833 teniendo en cuenta el aumento de flotantes que considera el 5% de más en la población promedio.

Tabla 25. Calculo del caudal de diseño para obras hidráulicas.

proyección + flotante	perdidas	d bruta (L/hab*día)	Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)
36168	0.2	187.5	78.4898	94.18778651	117.7347
44823	0.2	187.5	97.2728	116.7274115	145.9093
55406	0.2	187.5	120.2380	144.2856101	180.357
68535	0.2	187.5	148.7311	178.4773686	223.0967
85033	0.2	187.5	184.5335	221.4402489	276.8003
105986	0.2	187.5	230.0036	276.0043763	345.0055
132833	0.2	187.5	288.2650	345.9179962	432.3975

Según la tabla no. 25 se calcula que para la población futura calculada a 30 años serán necesario un caudal de diseño de 345.9179962 l/s el cual considera el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario k1.

9.2.1.3.3 Bocatoma lateral

- ANCHO DE LA QUEBRADA = 7 m
- PENDIENTE DE LA QUEBRADA = MEDIA
- FONDO DE LA QUEBRADA = 1256.23 m.s.n.m.
- NIVELES DE AGUAS MINIMO = 1257.23 m.s.n.m.
- NIVELES DE AGUAS MAXIMO = 1259.23 m.s.n.m.
- CAUDAL MINIMO = 1.05 m³/sg
- CAUDAL MAXIMO = 50.8 m³/sg

Caudal a captar:

- CAUDAL MEDIO DIARIO

$$CmD = \frac{144957 \times 285.7}{86400}$$

CmD = 479.33 l/s

P: 144957 hab. (Tabla no 24) d: 285.7 L/hab-día (tomado de la resolución No. 0081, Resolución y permisos CAM, 19 de enero de 2010).

Donde

- CAUDAL MAXIMO DIARIO

$$CMD = 479.33 \times 1.2 \text{ l/s}$$

$$CMD = 575.1974 \text{ l/s}$$

- CAUDAL MAXIMO HORARIO

$$CMH = 1.2 \times 1.5 \times 575.1974$$

$$CMH = 862.7961 \text{ l/s}$$

- CAUDAL DE DISEÑO

Se captará un caudal igual a 3 veces el caudal máximo diario con nivel mínimo, a fin de dar un margen de seguridad. Previniendo que se presente obstrucción en la rejilla y para una posible ampliación del sistema en el futuro. (CORCHO, 1993)

$$CD = 3 \times 575.1974 \text{ l/s}$$

$$CD = 1725.59 \text{ l/s} - 1.72 \text{ m}^3$$

9.2.1.3.4 Diseño de la rejilla

$$Q = 1.84 \times L \times H^{\frac{3}{2}}$$

$$H = 40 \text{ cm}$$

$$h = 3 \text{ cm}$$

$$S = \frac{0.40 - (0.03 \times 3)}{0.40} = 0.775 \text{ m}$$

$$Q_1 = \frac{1.72 \text{ m}^3/\text{s}}{(1 - 0.775^{1.5})^{0.385}} = 2.683 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ caudal a flujo libre}$$

$$Le = \frac{2.6831}{1.84 \times 0.4^{1.5}} = 5.76 \text{ m} \approx 5.8 \text{ m}$$

REJAS COMUN: 2 A 4 cm ($\frac{3}{4}$ " - $1\frac{1}{2}$ ")

TIPO DE VARILLA: 10X50 cm ($\frac{3}{8}$ " x 2")

LIMPIEZA MECANICA 45° a 90° con la horizontal

VELOCIDAD MAXIMA: 0.40 m/s

VELOCIDAD MINIMO: 0.75 m/s

- *NUMERO DE ESPACION*

$$\text{No. Espacios} = \frac{5.8}{0.0254} = 228.34 \text{ espacios}$$

- *NUMERO DE VARILLAS*

No. Varillas = 227 varillas

Se calcula la longitud de la rejilla para flujo sub crítico

$$le = \left[\frac{2.6831 \text{ m}^3/\text{s}}{1.86 \times 0.4^{1.6}} \right]^{1.11} = 7.64 \text{ m para flujo subcritico}$$

Se elige el menor de las longitudes por cuestión de costos en construcción.
(CORCHO, 1993)

9.2.1.3.5 Diseño de la cámara de derivación

LA CAMARA DE DERIVACION LLEVA LAS MEDIDAS DE 2 X 1.5 M POR CUESTIONES DE CONSTRUCCION NORMALMENTE UTILIZADAS.
(CORCHO, 1993)

COTA DEL NIVEL MINIMO DE AGUA EN LA CAMARA DE DERIVACION
CNM= 1250 – 0.09 = 1249.91

9.2.1.3.6 Diseño de la línea de aducción

$$Q_{ds} = 2 \times 575.1974 = 1150.39 \text{ l/s} - 1.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = \frac{1}{19.6} \times \left[\frac{1.15}{0.61 \times 0.0993} \right]^2 = 18.2042 \text{ m}$$

H = carga sobre la cresta del vertedero

COTA EJE DE LA TUBERIA= 1249.91 – 18.2042= 1231.7058 m

COTA BATEA TUBERIA DE SALIDA HACIA EL DESARENADOR=
1231.7058 – 0.3556/2 = 1231.68 m

9.2.1.3.7 Diseño desarenador

Tabla 26. Parámetros de diseño del desarenador

CAUDAL DE DISEÑO, Q	575.197 L/S
Diámetro de Partículas a Remover	0.106 mm
Grado de Remoción	87.5 %
Temperatura	14.5 °C
Grado del Desarenador (n)	3
Relación Longitud - Ancho	4
Velocidad de Sedimentación	0.89 cm/s
Profundidad Útil (asumida)	2 m

FUENTE: CONSORCIO INGENIERIA-FUNDISPROS ESTUDIOS Y DISEÑOS PROYECTOS HUILA, 2015.

- *TIEMPO QUE DEMORA LA PARTICULA EN TOCAR FONDO:*

$$t = 150 \text{ cm} / 0.89 \text{ cm/sg} = 168.539 \text{ sg}$$

- *CALCULO TIEMPO DE RETENCION*

$$a/t = 2.37$$

$$a = 2.37 \times 168.539 \text{ sg} = 399.438 \text{ sg}$$

- *CAPACIDAD DEL DESARENADOR*

$$C = 0.5751 \text{ m}^3/\text{sg} \times 399.438 \text{ sg} = 229.67685 \text{ m}^3$$

- *SUPERFICIE DEL DESARENADOR*

$$A = \frac{229.72 \text{ m}^3}{1.5 \text{ m}} = 153.11 \text{ m}^2$$

SE COMPARA LA SUPERFICIE DISPONIBLE CON LA REQUERIDA

$$AR = \frac{575.1974 \text{ l/s}}{8.9 \frac{\text{l}}{\text{s-m}^2}} = 64.62 \text{ m}^2$$

Donde

$$153.11 > 64.62$$

- *DIMENSIONES DE LA ZONA DE SEDIMENTACION*

$$L = 4b$$

$$b = \sqrt{\frac{153.146}{4}} = 6.188 \text{ m} \approx 6.2 \text{ m}$$

$$L = 4 \times 6.2 = 24.8 \text{ m} \approx 25 \text{ m}$$

- *VERTEDERO DE EXCESO*

$$L = \frac{0.575 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 \times 0.20^{3/2}} = 3.5 \text{ m}$$

- *DISEÑO DE LA PANTALLA DEFLEXTORA*

Velocidad A Través Del Orificio = 0.20 M/Sg (Asumido)

Área Efectiva De Los Orificios

$$Ae = \frac{0.575 \text{ m}^3/\text{s}}{0.20 \text{ m}/\text{sg}} = 2.875 \text{ m}^2$$

$$\text{Numero de orificios} = 2.875/0.10 \times 0.10 = 287.5$$

$$\text{Ancho} = 6.2 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 1 \text{ m (asumido)}$$

- *VERTEDERO DE SALIDA*

$$H = \left[\frac{0.575 \text{ m}^3/\text{sg}}{1.84 \times 6.2 \text{ m}} \right]^{3/2} = 0.1364 \text{ m}$$

- *DISEÑO DE LA ZONA DE ENTRADA*

$$b/3 \leq \text{ancho} \leq b/2$$

$$\text{Se asume el ancho} = 6.2/2 = 3.1 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 3.5 \text{ m}$$

$$\text{Hprofundidad} = 1.5/3 = 0.50 \text{ m}$$

- *DIMENSION DE LA ZONA DE SALIDA*

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 0.5 \text{ m}}{9.8}} = 0.31 \text{ sg}$$

$$X = 0.20 \text{ m/s} \times 0.31 \text{ sg} = 0.063 \text{ m}$$

$$L = 0.6 \text{ m}$$

$$H = 1.5 + 0.2 = 1.7 \text{ m}$$

- **DISEÑO DE LA ZONA DE LODOS**

Volumen de la tolva = 0.20 volumen sedimentador

Volumen sedimentador = $2.5 \times 1.5 \times 6.2 = 232.5 \text{ m}^3$

Volumen tolva = $0.20 \times 232.5 = 46.5 \text{ m}^3$

$$V = \frac{24.8 + 0.5}{2} \times (6.2 \times 0.6) + (0.4 \times 0.5 \times 6.2) = 48.298 \text{ m}^3$$

9.2.1.3.8 Tubería de exceso y lavado

Para la tubería de exceso se recomienda una tubería de 8" para el exceso de la cámara a 20 cm del borde del desarenador. Para la tubería de lavado se recomienda una tubería de 8" y se calcula el tiempo de vaciado.

$$T = \frac{2 \times 153.11 \sqrt{2.59}}{0.337 \times 0.8151 \sqrt{19.6}} = 1379.46 \text{ sg} \times \frac{1 \text{ min}}{60} = 22.99 \text{ min}$$

$$m(cd) = \frac{0.575 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0377 \sqrt{19.8 \times 2.59}} = 0.8151$$

Donde el ras recomienda que no se excedan las 8 horas para vaciado (RAS , 2000).

9.2.1.4 Sistemas de información geográfico de la fuente El Salado

9.2.1.4.1 Sistemas de información geográfico de la microcuenca El Salado



Figura 15. Microcuenca El Salado.

El software permitió dividir y detallar cada microcuenca dentro de la cuenca La Plata. En este caso, en la Figura 15 se observa la microcuenca El Salado, la cual fue objeto de estudio, con sus respectivas redes hídricas, forma de la cuenca, y cauce principal; para una perfecta idea de localización y estudio de ella. Así mismo, se determinó algunas variables como longitud, área, ancho, perímetro y otras, para poder determinar factores morfométricos y conocer su comportamiento a la hora de un resultado de selección final.

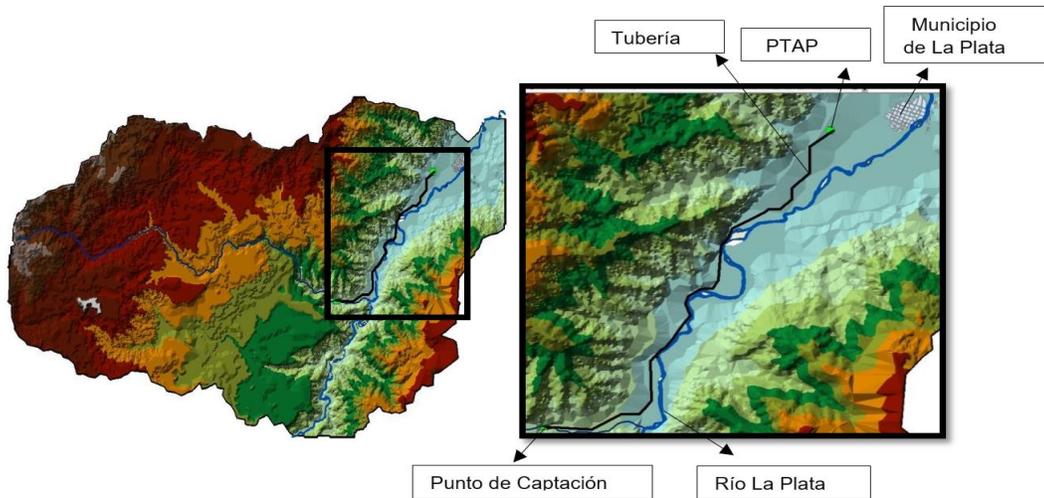


Figura 16. Tubería de captación El Salado

Con el modelamiento en 3D, se pudo observar elevaciones del terreno, pendientes, redes hídricas con sus respectivas direcciones y ubicaciones de lugares de interés. La Figura 16, en la parte izquierda, se observa el terreno de la cuenca de La Plata con su punto de captación de agua sobre la quebrada El Salado (Triángulo verde) y su respectiva tubería hacia su destino final el cual es la planta de tratamiento de agua potable (hexágono verde). Esta red fue determinada por el mismo software con el fin de evitar al máximo pendientes pronunciadas y cuerpos de agua, para hacer más fácil su diseño.

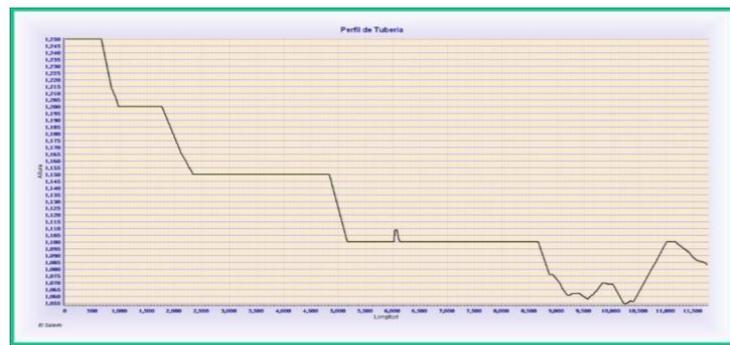


Figura 17. Perfil topográfico de la ruta de conducción para la quebrada El Salado.

La elaboración del perfil topográfico es muy importante a la hora de diseños. Gracias a éste software se determinó el recorrido que tiene la tubería en una longitud de 11500 metros (Figura 17) contra su respectiva elevación de 1350 metros, para poder hacer su estudio detallado y entender comportamientos futuros a la hora de la construcción de los dichos diseños. También es de gran importancia económica, ya que de éste depende si la conducción del agua necesita ser ayudada por bombas hidráulicas, si necesita ayuda para aumentar o disminuir la presión, o una construcción extra en terrenos complicados. Para éste perfil se puede observar que hay una gran ganancia de energía debido a su diferencia de altura y es necesaria solamente su conducción por gravedad sin mayores costos.

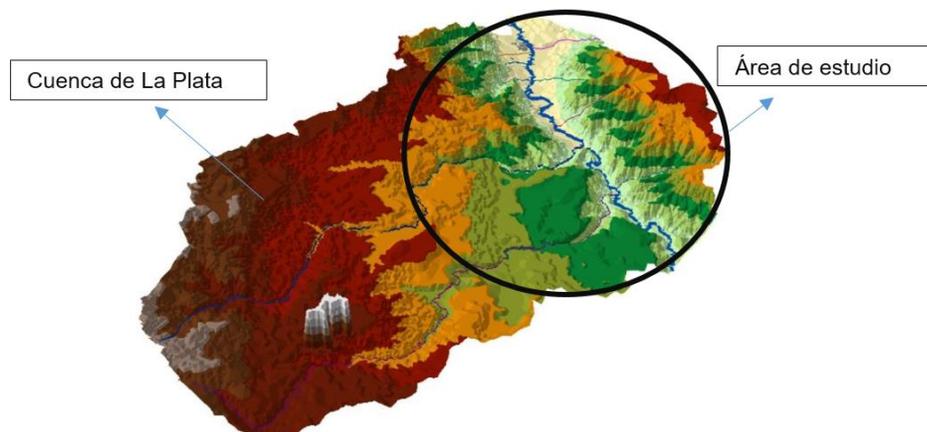


Figura 18. Modelo del terreno con ArcView.

Al igual que el ArcMap, el ArcView es una herramienta dentro del paquete del software ArcGIS 10 que permite dar una vista aún mejor del terreno. Debido a sus herramientas, se puede navegar libremente sobre ejes X, Y y Z con el fin de explorar el terreno. La Figura 18 posee una vista general donde se pueden identificar sus mayores cauces, elevaciones, y lugares de interés de la cuenca del río de La Plata. El área de estudio, es el lugar en donde se encuentran las 9 quebradas escogidas, el río La Plata, los puntos de captación, el municipio La Plata y la planta de tratamiento de agua potable.

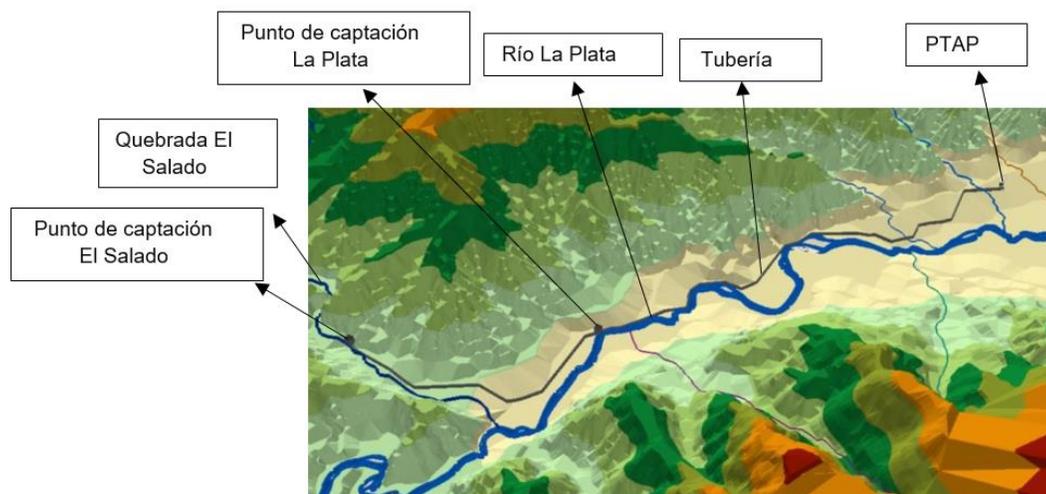
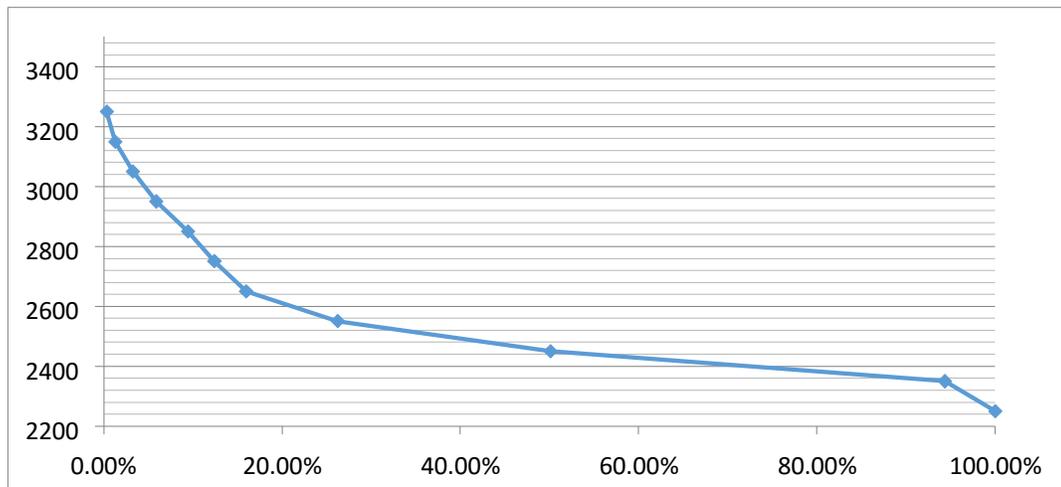


Figura 19. Vista del terreno con ArcView.

Un acercamiento o diferentes vistas pueden ayudar a comprender aún mejor del terreno, con infinidad de herramientas que posee el software. En la Figura 19 se puede observar una vista más clara de las diferentes fuentes hídricas y los puntos de captación de agua hacia la planta de tratamiento de agua como destino final.

Tabla 27. Elevaciones y Áreas El Salado

Intervalo entre curvas de nivel [m]	cota media (m)	Área (Km ²)	Área/Área Total [%]	Porcentaje Acumulado	ai ci
3300-3200	3250	0.48	0.32%	0.32%	1560.00
3200-3100	3150	1.43	0.97%	1.29%	4504.50
3100-3000	3050	2.94	1.99%	3.28%	8967.00
3000-2900	2950	3.86	2.61%	5.88%	11387.00
2900-2800	2850	5.25	3.55%	9.43%	14962.50
2800-2700	2750	4.42	2.99%	12.42%	12155.00
2700-2600	2650	5.28	3.57%	15.98%	13992.00
2600-2500	2550	15.18	10.25%	26.24%	38709.00
2500-2400	2450	35.35	23.88%	50.11%	86607.50
2400-2300	2350	65.5	44.24%	94.36%	153925.00
<2300	2250	8.35	5.64%	100.00%	18787.50



Gráfica 1. Curva hipsométrica quebrada El Salado.

Con la forma de la gráfica 1, que se obtuvo de los datos mostrados en la tabla 27, donde se grafica el porcentaje acumulado en el eje X, y la altura en el eje Y; se determina que la quebrada no presenta problema de erosión debido a que su curva de hipsométrica es **tipo B**.

9.2.2 Rio La Plata

El río La Plata se forma al occidente del departamento del Huila (en los municipios de La Argentina y La Plata), por la confluencia principalmente de tres corrientes importantes, las cuales son: el río Aguacatal, el río Loro y la quebrada Moscopan. Este río tiene una dirección preferencial hacia el nororiente, su forma es moderadamente sinuosa y sus depósitos son poco extensos. El cauce activo tiene un ancho entre 30 y 35 metros a la altura del casco urbano de La Plata.

9.2.2.1 Características morfométricas

En la tabla 28 se relacionan la forma de la cuenca hidrográfica según el índice de Gravelius estimado. Para el río La Plata se calculó un kc de 1.3 que corresponde al kc2.

9.2.2.1.1 Estudio hidrológico

Tabla 28. Parámetros básicos hidrológicos La Plata suministrados por ArcGIS.

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
AREA	KM2	474.47
PERIMETRO	KM2	107.23
COTA DE NACIMIENTO	m.s.n.m.	2000
COTA DEL SITIO DE CAPTACION	m.s.n.m.	1150
LONGITUD DEL CAUSE	KM	16.33
PENDIENTE MEDIO	%	4.5
TIEMPO DE CONCETRACION	HORAS	133
DENSIDAD DE DRENAJE	KM/KM2	3.72
INDICE DE GRAVELIUS		1.3
CAUDALES MEDIOS	m3/s	48.92
CAUDALES MAXIMOS	m3/s	193
CAUDALES MINIMOS	m3/s	14.17

9.2.2.1.2 Sedimentología

Tabla 29. Parámetros de Sedimentología La Plata.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR
DIAMETRO DE PARTICULA	mm	0.167
GRADO DE REMOCION	%	87.5
TEMPERATURA	°c	16
VELOCIDAD DE SEDIMENTACION	cm/sg	0.75
PROFUNDIDAD UTIL	m	1.5

Fuente: PUEAA

9.2.2.1.3 Calidad de aguas

Tabla 30. Resultados calidad de aguas río La Plata.

RESULTADOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICO						
PARAMETRO ANALIZADO	RESULTADO	UNIDADES	VALORES PERMISIBLES	DIAGNOSTICO	METODO	ANALISTA
Alcalinidad	76	MG/L	≤200 mg/l	aceptable	titulometria	William C.
Aluminio	0.09	MG/L	≤0.2 mg/l	No aceptable	espectrofotometrico	William C.
Calcio	10	MG/L	≤60 mg/l	aceptable	espectrofotometrico	William C.
Conductividad	119	MS/CM	≤1000 ms/cm	aceptable	conductimetria	William C.
Cloruros	57	MG/L	≤250 MG/L	aceptable	titulometria	William C.
Color	39	Uni. Pt-Co	≤15 u pt-co	no aceptable	fotométrico	William C.
Dureza total	72	MG/L	≤300 mg/l	aceptable	titulometria	William C.
Fosfatos	0	MG/L	≤0.5 mg/l	aceptable	colorimétrico	William C.
Hierro total	0.2	MG/L	≤0.3 mg/l	aceptable	espectrofotometrico	William C.
Magnesio	0	MG/L	≤36 mg/l	aceptable	espectrofotometrico	William C.
Nitratos	0.03	MG/L	≤10 mg/l	aceptable	espectrofotometrico	William C.
Nitritos	0.01	MG/L	≤0.1 mg/l	aceptable	espectrofotometrico	William C.
Ph	7.3	Uni. Ph	entre 6.5 y 9.0	aceptable	electrométrico	William C.
Solidos totales	400	MG/L	≤500 mg/l	aceptable	gravimétrico	William C.
Sulfatos	45	MG/L	≤250 mg/l	aceptable	espectrofotometrico	William C.
Turbidez	2.1	NTU	≤2 ntu	no aceptable	nefelometría	William C.
Coliformes totales	254	UFC/100CM 3	0 ufc/100 cm3	no aceptable	filtración por membrana	William C.
Escherichia coli	31	UFC/100CM 4	0 ufc/100 cm3	no aceptable	filtración por membrana	William C.

FUENTE: AQUATEKNICA LTDA.

9.2.2.2 Obras hidráulicas preliminares

9.2.2.2.1 Cálculos hidráulicos

Para los cálculos de población y caudal de diseño se usan los mismos datos ya mostrados en el cálculo para la quebrada El Salado por lo que se considera el mismo caudal de diseño y se obtiene el mismo diseño de bocatoma lateral.

Los datos de población y caudal de diseño son los mismos observados en las tablas 23 y 24.

9.2.2.2.2 Diseño de la cámara de derivación

La cámara de derivación lleva las medidas de 2 x 1.5 m por cuestiones de construcción normalmente utilizadas. (CORCHO, 1993)

COTA DEL NIVEL MINIMO DE AGUA EN LA CAMARA DE DERIVACION
CNM= 1150 – 0.09 = 1149.91

9.2.2.2.3 Diseño de la línea de aducción

$$Q_{ds} = 2 \times 575.1974 = 1150.39 \text{ l/s} - 1.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = \frac{1}{19.6} \times \left[\frac{1.15}{0.61 \times 0.0993} \right]^2 = 18.2042 \text{ m}$$

H = carga sobre la cresta del vertedero

COTA EJE DE LA TUBERIA= 1149.91 – 18.2042= 1131.7058 m

COTA BATEA TUBERIA DE SALIDA HACIA EL DESARENADOR=
1131.7058 – 0.3556/2 = 1131.68 m

9.2.2.2.4 Diseño desarenador

- CMD = 575.1974 L/S
- DIAMETRO DE PARTICULAS A REMOVER: 0.167 mm
- GRADO DE REMOCION: 87.5%
- TEMPERATURA: 16°C
- VELOCIDAD DE SEDIMENTACION = 0.75 cm/sg
- PROFUNDIDAD UTIL: 1.5 m (recomendada por el ras 2000)

Los datos anteriores se toman del estudio hidrológico realizado para la quebrada el salado.

- *TIEMPO QUE DEMORA LA PARTICULA EN TOCAR FONDO:*

$$t = 150 \text{ m} / 0.75 \text{ cm/sg} = 200 \text{ sg}$$

- *CALCULO TIEMPO DE RETENCION*

$$a/t = 2.37$$

$$a=2.37 \times 200 \text{ sg} = 474 \text{ sg}$$

- *CAPACIDAD DEL DESARENADOR*

$$C = 0.5751 \text{ m}^3/\text{sg} \times 474 \text{ sg} = 272.5974 \text{ m}^3$$

- *SUPERFICIE DEL DESARENADOR*

$$A = \frac{272.6 \text{ m}^3}{1.5 \text{ m}} = 181.7316 \text{ m}^2$$

SE COMPARA LA SUPERFICIE DISPONIBLE CON LA REQUERIDA

$$AR = \frac{575.1974 \text{ l/s}}{8.9 \frac{\text{l}}{\text{s-m}^2}} = 64.62 \text{ m}^2$$

Donde

$$272.59 > 64.62$$

- *DIMENSIONES DE LA ZONA DE SEDIMENTACION*

$$L = 4b$$

$$b = \sqrt{\frac{272.5974}{4}} = 8.25 \text{ m} \approx 8.3 \text{ m}$$

$$L = 4 \times 8.3 = 33.2 \text{ m} \approx 33 \text{ m}$$

- *VERTEDERO DE EXCESO*

$$L = \frac{0.575 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 \times 0.20^{3/2}} = 3.5 \text{ m}$$

- *DISEÑO DE LA PANTALLA DEFLEXTORA*

VELOCIDAD A TRAVES DEL ORIFICIO = 0.20 m/sg (Asumido)

AREA EFECTIVA DE LOS ORIFICIOS

$$Ae = \frac{0.575 \text{ m}^3/\text{s}}{0.20 \text{ m/sg}} = 2.875 \text{ m}^2$$

$$\text{Número de orificios} = 2.875/0.10 \times 0.10 = 287.5$$

Ancho = 8.3 m
Largo = 1 m (asumido)

- VERTEDERO DE SALIDA

$$H = \left[\frac{0.575 \text{ m}^3/\text{sg}}{1.84 \times 8.3 \text{ m}} \right]^{3/2} = 0.1364 \text{ m}$$

- *DISEÑO DE LA ZONA DE ENTRADA*

$b/3 \leq \text{ancho} \leq b/2$

Se asume el ancho = $8.3/2 = 4.15 \text{ m}$

Largo = 3.5 m

Hprofundidad = $1.5/3 = 0.50 \text{ m}$

- *DIMENSION DE LA ZONA DE SALIDA*

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 0.5 \text{ m}}{9.8}} = 0.31 \text{ sg}$$

$$X = 0.20 \text{ m/s} \times 0.31 \text{ sg} = 0.063 \text{ m}$$

$$L = 0.6 \text{ m}$$

$$H = 1.5 + 0.2 = 1.7 \text{ m}$$

- *DISEÑO DE LA ZONA DE LODOS*

Volumen de la tolva = 0.20 volumen sedimentador

Volumen sedimentador = $33 \times 1.5 \times 8.3 = 410.85 \text{ m}^3$

Volumen tolva = $0.20 \times 410.85 = 82.17 \text{ m}^3$

$$V = \frac{33 + 0.5}{2} \times (8.3 \times 0.6) + (0.4 \times 0.5 \times 8.3) = 85.075 \text{ m}^3$$

9.2.2.2.5 Tubería de exceso y lavado

Para la tubería de exceso se recomienda una tubería de 8" para el exceso de la cámara a 20 cm del borde del desarenador. Para la tubería de lavado se recomienda una tubería de 8" y se calcula el tiempo de vaciado.

$$m(\text{cd}) = \frac{0.575 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0377 \sqrt{19.8 \times 2.59}} = 0.8151$$

$$T = \frac{2 \times 181.7316 \sqrt{2.59}}{0.0337 \times 0.8151 \sqrt{19.6}} = 4809.96 \text{ sg} \times \frac{1 \text{ min}}{60} = 80.16 \text{ min}$$

Donde el ras recomienda que no se excedan las 8 horas para vaciado. (RAS , 2000)

9.2.2.3 Sistemas de información geográfica para la cuenca de la Plata

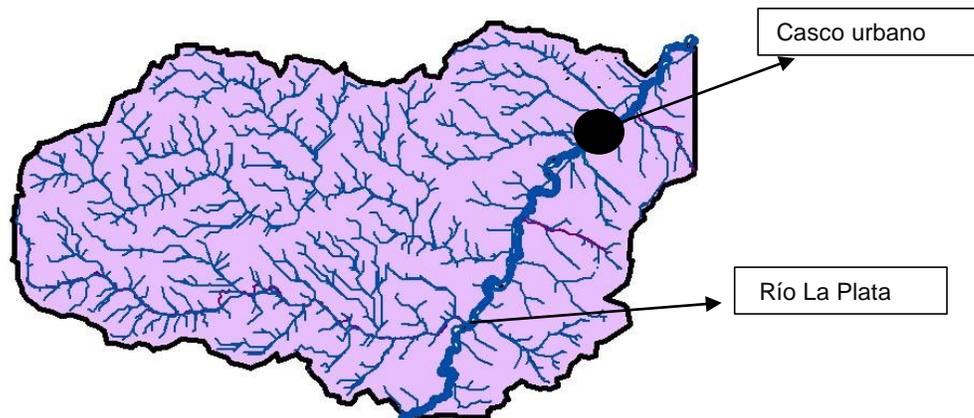


Figura 20. Cuenca La Plata

En la figura 20 se observa toda la cuenca de La Plata con sus afluentes de diferente orden siendo el río La Plata el de mayor concentración de flujo de agua. Se observa la cantidad de redes hídricas que descienden a él y hacen que su flujo aumente a medida que hace su recorrido. Se podría decir que sus factores morfométricos son la suma de todas las microcuencas que posee, más algunas que no son identificadas por no ser de mayor flujo.

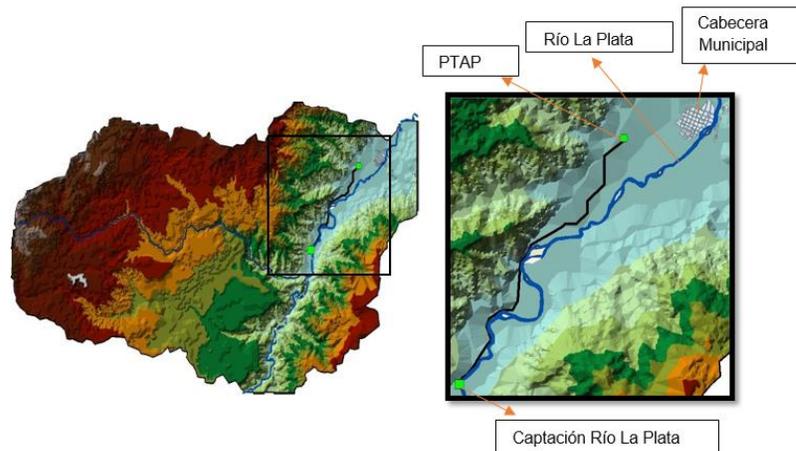


Figura 21. Tubería de captación La Plata.

El trazado para el río La Plata comparte la mayoría de su recorrido con la trazada para la quebrada El Salado ya que su localización se encuentra de paso con esta. Se hizo una unión desde la captación del río La Plata, hasta el lugar más cercano donde recorría la anterior tubería como se muestra en la Figura 21. Siendo así ésta el mejor camino para llegar a su punto de destino. La captación se denomina por su figura de cuadrado verde y su destino el mismo hexágono verde de la otra red, mientras que la tubería se distingue por su color negro que bordea el río La Plata.

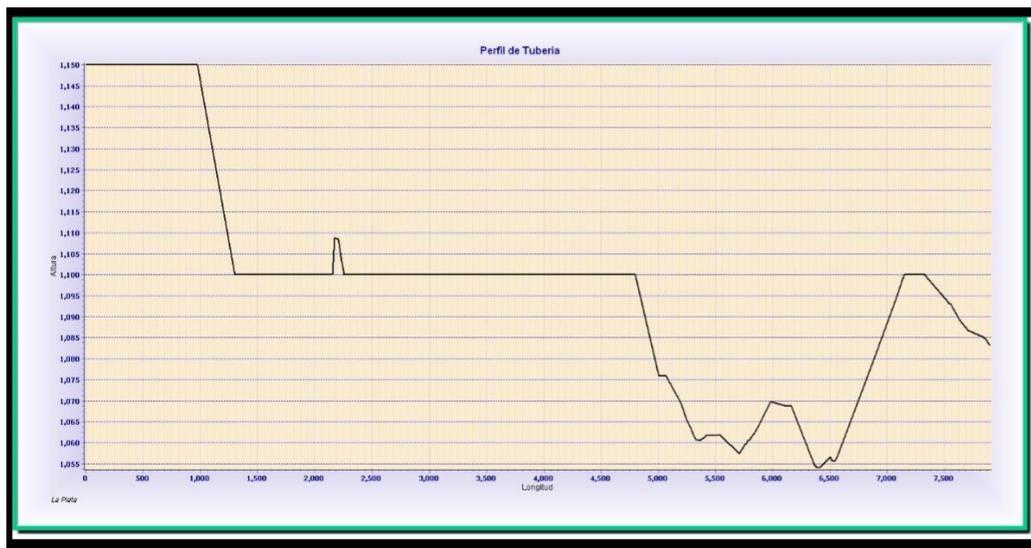


Figura 22. Perfil topográfico de la ruta de conducción para la quebrada La Plata.

Debido a que el recorrido de la tubería de La Plata es básicamente igual a la tubería de El Salado, su perfil topográfico, Figura 22, tiende a ser básicamente igual, su diferencia radica en una menor distancia, ya que se une 4 km después, por lo cual su longitud es menor a la otra trayectoria. Esta diferencia de longitud no disminuye drásticamente su diferencia de energía por su altura así que igualmente facilita su diseño a la hora de sus cálculos.

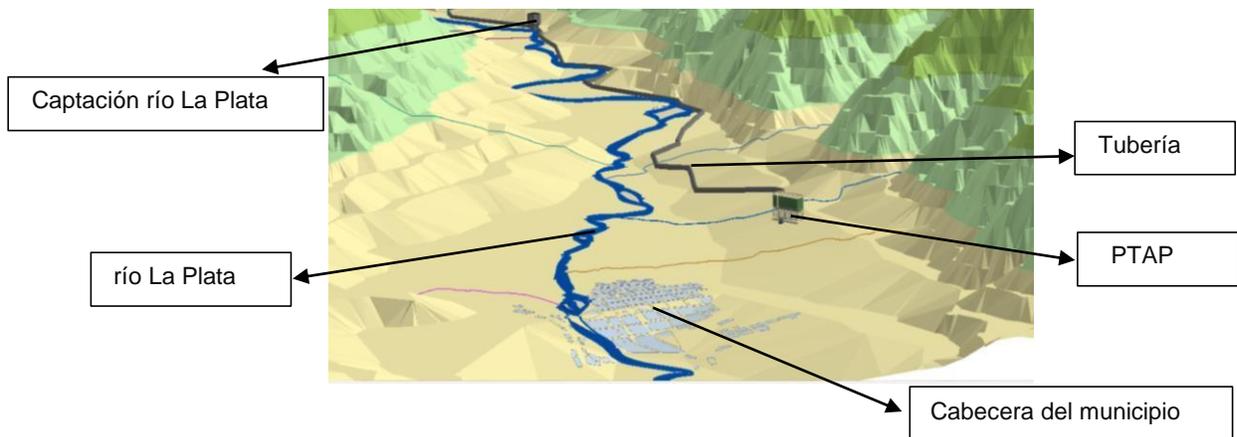
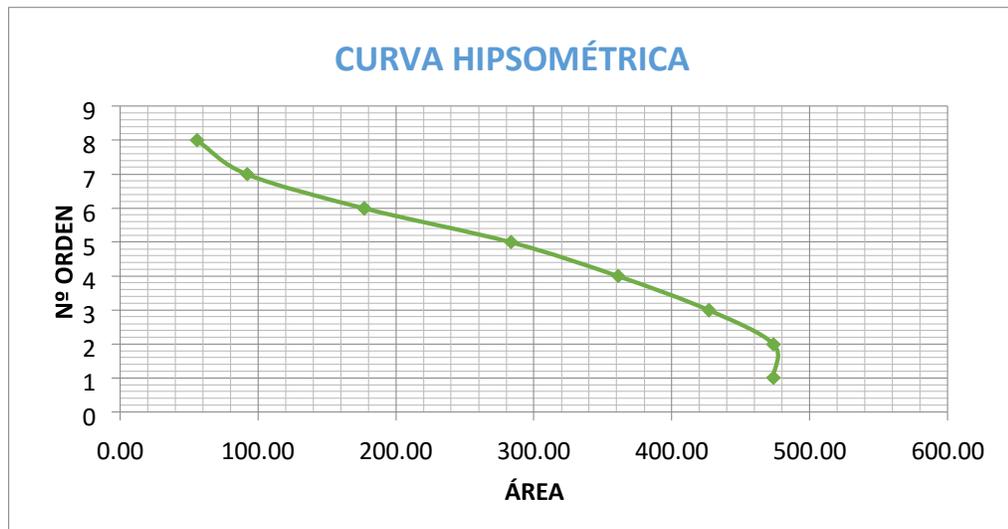


Figura 23. Tubería Captación La Plata.

La Figura 23 que corresponde a la vista del perfil que permite una vista clara y de un punto de vista donde se puede identificar la cabecera municipal del municipio La Plata, sus diferentes redes hídricas, su planta de tratamiento de agua potable, su captación de agua desde el río y su tubería de conducción.

Tabla 31. Elevaciones y áreas de La Plata

Nº ORDEN	COTA MIN	COTA MAX	Área Parcial (km ²)	Área Acumulada (km ²)	Área que queda sobre la superficie (km ²)	Porcentaje de área entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.
1	1000	1250	46.87	46.87	473.90	9.89%	100.00%
2	1250	1500	46.81	93.68	427.03	9.88%	90.11%
3	1500	1750	65.71	159.39	380.22	13.87%	80.23%
4	1750	2000	77.82	237.20	314.51	16.42%	66.37%
5	2000	2250	106.42	343.62	236.70	22.46%	49.95%
6	2250	2500	84.82	428.44	130.28	17.90%	27.49%
7	2500	2750	36.36	464.81	45.46	7.67%	9.59%
8	2750	3350	9.10	473.90	9.10	1.92%	1.92%
			473.90			100%	



Gráfica 2. Curva Hipsométrica del río La Plata.

La curva mostrada en la Gráfica no. 2 representa un comportamiento **tipo C** lo que significa que la cuenca es altamente erosionable.

9.3 ANALISIS TECNICO-ECONOMICO

Una vez recopilada toda la información de los resultados se identificó que las dos fuentes principales con opción de abastecer el acueducto del municipio son la quebrada El Salado y el río La Plata.

Desde el punto de vista técnico económico hay que tener en cuenta que la distancia desde la planta de tratamiento de agua potable hasta el punto de captación sobre el río La Plata es mucho menor que la distancia hasta el punto de captación propuesto sobre la quebrada El Salado (Figura 17 y 22), no obstante según los análisis de agua (Tabla 22 y 30), el río La Plata presenta parámetros de calidad menos aptos comparados con los resultados encontrados en la quebrada El Salado lo que conlleva a un tratamiento más costoso. Otro aspecto a considerar es la dimensión del desarenador de la obra correspondiente al río La Plata el cual sobre pasa por 42.92 m³ al desarenador de la quebrada El Salado como se observa en los numerales 9.2.1.3.7 y 9.2.2.2.4 del documento lo que implicaría un nuevo incremento en la implementación de esta obra.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La quebrada El Salado fue escogida entre los 9 cuerpos de agua como primera opción para abastecer la planta de tratamiento del municipio de la plata la cual fue evaluada y comparada bajo estrictos requerimientos técnicos con el fin de satisfacer demandas actuales y futuras, aspectos económicos y soluciones sostenibles; cumpliendo así todos los requisitos y reglamentos establecidos por la ley y encontrando una alternativa factible para el abastecimiento de agua de la comunidad.
- Debido a que cada método para el cálculo de la población futura arroja un valor muy diferente, se hace necesario considerar la opción de un promedio general que acoja todos los métodos y sus resultados para tener una idea de lo que podría ser la población para un sitio de estudio a un determinado periodo.
- Las quebradas La Isla y Moscopán aun teniendo el caudal mínimo suficiente para abastecer una población, se consideran inapropiada por su régimen de intermitencia.
- El parámetro de pH mostrado en la tabla 17 muestra un indicio acerca de aquellos valores cercanos a los límites de acidez los cuales están relacionados con problemas de toxicidad y contaminación por elementos como el aluminio o el sodio los cuales por el contrario no son muy frecuentes en cauces con pH alcalinos.
- De acuerdo a los resultados sobre calidad de aguas arrojados en las tablas 22 y 30, se concluye que, aun habiendo parámetros con valores muy cercanos como el valor de aluminio, que para el río de La Plata es 0.09 mg/l y para la quebrada el salado 0.02 en mg/l, existe una gran diferencia entre estos valores debido a que los parámetros estarán sujetos al caudal correspondiente a la fuente hídrica. Esto significa que aun siendo iguales los valores, un cauce con más caudal arrastrará más partículas, en el caso del aluminio se tiene que el río La Plata podría arrastrar muchas más cantidades en toneladas por ser su cauce más extenso la quebrada El Salado.
- Con la herramienta informática del ArcGIS se puede mejorar significativamente el estudio de una cuenca hidrológica y el desarrollo de cualquier obra que se quiere hacer sobre ella como lo es en este caso la

implementación de un sistema de acueducto, permitiéndole al usuario encontrar parámetros hidrológicos con mayor facilidad y de manera diferente a la metodología antigua o escrita.

11 Bibliografía

CORCHO, F. (1993). *ACUEDUCTO TEORÍA Y DISEÑO*. Bogota: Universidad medellin.

Domingue., Jenson S. K. and J. O. (1988). Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.

Henao, J. E. (1998). *Introduccion al Manejo de Cuencas Hidrográficas*. bogota: universidad santo tomas .

LÓPEZ, R. A. (2003). *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS*. Bogota: Escuela colombiana de ingeniería.

Meike, H. (2003). *HydroTools 1.0 for ArcView 3.x. Hydrological analysis of small and large watersheds*. Institute of Applied Geosciences Technical University of Darmstadt.

Puerta, R., Trigozo, J. R., & Bravo, N. F. (2013). *Manual de ArGIS 10 Nivel Intermedio*. Tingo María.

RAS . (2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS - 2000*. Bogota.

Reyes Trujillo, A., Barrosa, F., & Carvajal Escobar, Y. (2010). *guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*. Bogota : Universidad del Valle.

SÁENZ, G. M. (1999). *HIDROLOGIA EN LA INGENIERIA* . Bogota: Escuela colombiana de ingeniería .

Sanchez, L. (2004). *Tipos de Coordenadas Manejadas en Colombia*. bogota.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC. Planchas cartográficas 366-I-A, 366-I-C, 365-II-D, 365-II-B, 365-II-C y 365-II-B.

CONSORCIO INGENIERÍA – FUNDISPROS ESTUDIOS Y DISEÑOS,
“DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS DE PEQUEÑA ESCALA DE
LAS VEREDAS LA ESMERALDA, LAS BRISAS, LAURELES, LA PALMA,
VILLACOLOMBIA, SAN VICENTE Y MOSCOPAN (ASOPRIREPALA)”,
PROYECTO HUILA 2014.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA,
DANE, censo municipal de la plata 2005.

12 ANEXOS

ANEXO A. Resoluciones y estudios para la concesión de agua.

	RESOLUCIÓN LICENCIA Y/O PERMISOS	Código: F-CAM-110
		Versión: 1
		Fecha: 14 Ago 07

12" hasta la Planta de tratamiento de agua potable en una longitud de 850 metros aproximadamente.

La Planta de tratamiento de agua potable cuenta con una capacidad mejorada de 150 Lit/seg, la cual cuenta con una canaleta Parshall para la lectura del caudal de entrada y demás procesos de floculación, sedimentación, filtración y desinfección mediante cloro gaseoso y sus respectivos tanque de almacenamiento que alimentan a la red de distribución conformada por tuberías de diámetros de 1" hasta 12".

Aguas arriba de la captación se presentan varias captaciones individuales de agua principalmente para consumo doméstico de las fincas aledañas. Aguas abajo de la captación se identificaron dos usuarios que derivan agua para consumo domestico, abrevadero de ganado y riego de pastos.

Aforos de la Fuente: El día de la visita se hizo aforo mediante objeto flotante de la fuente quebrada Barbillas aguas arriba del sitio de captación encontrándose un caudal de 188,9 Lit/seg, correspondiente a una época de verano moderado. Históricamente, se cuenta con los siguientes datos de aforos de caudal:

FECHA	TIPO DE AFORO	CAUDAL Lts/Seg.
04/11/2005	Obj. Flotante	412
04/09/2006	Obj. Flotante	251
07/10/2007	Obj. Flotante	274
07/04/2008	Obj. Flotante	455
18/09/2009	Obj. Flotante	187
21/09/2009	Obj. Flotante	185
27/10/2009	Micromolinetete	168,22
21/12/2009	Obj. Flotante	188,9
Caudal promedio		265,14
Caudal Máximo		455
Caudal Mínimo		168,22

REQUERIMIENTOS DE AGUA

Considerando los requerimientos de agua y de acuerdo a la información suministrada por la Empresa de Servicios Públicos del municipio de La Plata, el agua es utilizada es para consumo humano y uso doméstico de 5.575 suscriptores con una población servida de 22.300 usuarios del acueducto municipal. Proyectando la población a 20 años con una tasa de crecimiento anual de 3% se tiene una población futura de 40.276 habitantes. Según el RAS-2000, considerando un nivel de complejidad Medio-Alto y haciendo los ajustes de la dotación neta con un 20% máximo admisible de pérdidas técnicas, se tiene una dotación de 285,7 Lit/Habitante-día, se tiene los siguientes requerimientos:

USOS	CANT	MODULO	Caudal (lts/seg)
Consumo humano y uso Doméstico	40.276 Hab.	285,7 lts/Hab-día	133,2
TOTAL REQUERIDO			133,2

ANEXO B. Mediciones de Caudal de la Planta de Tratamiento de Agua Potable



Empresa de Servicios Públicos
Del Municipio de La Plata
Nit. 813002781-2

CONTABILIZACION AGUA TRATADA		
Año 2015		
MES	MACRO-MEDICION M3	CAUDALDE ENTRADA Lts/seg
	ENERO	268,511
FEBRERO	238,036	115.00
MARZO	261,141	121.40
ABRIL	258,434	117.70
MAYO	262,899	109.70
JUNIO	265,635	118.20
JULIO	284,538	119.60
AGOSTO	282,860	126.30
SEPTIEMBRE	248,198	112.40
OCTUBRE	234,667	105.70
NOVIEMBRE	229,982	113.50
DICIEMBRE	215,410	98.40
TOTAL	3,050,311	1,380
PROMEDIO	254,192.55	114.97

*micromedico
facturado
to*

*3304503
657184*

ANEXO C. Caudales y cursos de agua para los cuerpos de agua del municipio.



EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS
DEL MUNICIPIO DE LA PLATA HUILA
Nit: 813.002.781-2

INFORME ACERCA DE LOS CAUDALES Y CURSOS DE AGUA DE LOS CUERPOS DE AGUA CERCANOS
AL MUNICIPIO DE LA PLATA.

CUERPO DE AGUA	CAUDAL	CURSO DE AGUA
Quebrada la isla	1.03	Intermitente
Quebrada moscopan	1.05	permanente
Quebrada barbillas	0.95	permanente
Quebrada el salado	1.13	permanente
Quebrada perico	0.84	permanente
Quebrada la zapatera	0.76	Intermitente
Quebrada cuchayaco	0.69	intermitente
Quebrada casa blanca	0.57	intermitente
Quebrada el avispero	0.73	intermitente
Río de la plata	14.17	permanente