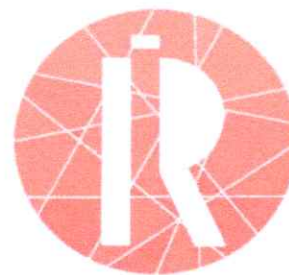


DIAGNOSTICO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS



EMPRESA DE SERVICIOS
PÚBLICOS DE ACACIAS E.S.P

NIT: 822.001.833-5



RÁSTER INGENIERÍA S.A.S
NIT: 901.372.366-4
R/L: ASLEY FERNANDO
ESPEJO

CONSULTORÍA 128 DE 2021

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA BOCATOMA
EN LA QUEBRADA LAS BLANCAS DEL MUNICIPIO DE ACACIAS,
DEPARTAMENTO DEL META”**

VILLAVICENCIO – META, FEBRERO DE 2022


CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
2	DIAGNOSTICO	4
2.1	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	4
2.1.1	ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO	6
2.1.1.1	Organización y división territorial municipal	6
2.1.1.2	Climatología	6
2.1.1.3	Hidrografía	7
2.1.1.4	Actividades económicas	8
2.1.2	COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO	9
2.2	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO	9
2.2.1	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN	10
3	CONDICIONES GENERALES	12
3.1	TIPOS DE CAPTACIONES	12
3.2	UBICACIÓN	14
3.3	CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO	14
3.4	TIPOS DE BOCATOMA A IMPLEMENTAR	16
3.4.1	CAPTACIONES LATERALES	16
3.4.2	CAPTACIONES DE REJILLA O DE FONDO	17
4	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	19
4.1	METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	19
4.2	ALTERNATIVAS DE DISEÑO	21
4.2.1	RECONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA DE FONDO	21
4.2.2	CONSTRUCCIÓN NUEVA DE BOCATOMA LATERAL Y DE FONDO	22
4.3	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	22
5	BIBLIOGRAFÍA	24

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización del municipio	5
Ilustración 2 Zona de intervención	5
Ilustración 3 División territorial	6
Ilustración 4 Hidrografía	8
Ilustración 5 Estructura de captación de fondo existente	10
Ilustración 6 Estado de la estructura bocatoma de fondo actualmente	11
Ilustración 7 Estructura de captación lateral	11
Ilustración 8 Estructura de captación lateral existente	12
Ilustración 9 Captación flotante	13
Ilustración 10 Presa de derivación	14
Ilustración 11 Formas fluviales básicas	15
Ilustración 12 Captación lateral	17
Ilustración 13 Captaciones de rejilla	17
Ilustración 14 Rejilla de captación	18
Ilustración 15 Alternativa de diseño 1	21

REVISIÓN DE DOCUMENTO

ELABORÓ	
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN RECURSOS HÍDRICOS ASLEY FERNANDO ESPEJO DIAZ MP. 25202168297 CND	Firma:
FECHA: 25/02/2022	

CONTROL DE VERSIÓN

VERSIÓN No.	FECHA	ELABORÓ	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN

El proyecto contiene la elaboración de estudios y diseños para la construcción de la estructura de captación del sistema de acueducto del municipio de Acacias – Meta. Actualmente se encuentra una estructura, sin embargo, necesita ser reemplaza por diferentes afectaciones. Por lo tanto, el presente informe tiene como finalidad describir y analizar las condiciones actuales de la estructura y plantear las posibles alternativas con las que se puede lograr un mejoramiento en la funcionalidad del sistema.

Este informe esta dividido en tres secciones, en la primera se realizará un diagnóstico del actual sistema, tanto de su funcionamiento con de las condiciones de la estructura; donde por medio de fotografías se justificará el presente deterioro; incluyendo los aspectos socio-económicos de la población, localización y análisis general del sistema de prestación de servicios.

En la segunda sección se describirá las condiciones generales de los tipos de bocatomas, ubicación y características constructivas.

En la tercera sección se realizará el planteamiento de las posibles alternativas que se consideran, según la viabilidad técnica, económica y funcional, las principales opciones para la correcta operación del sistema de acueducto del municipio.

2 DIAGNOSTICO

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

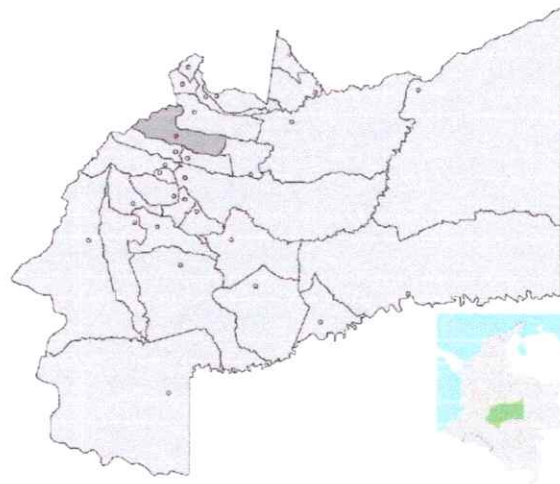
El municipio de Acacias está situado en el Departamento del Meta, en la región centro-oriental del país. Su economía se basa en el sector agropecuario, la explotación petrolera y la prestación de servicios.

El vínculo territorial, social y económico del municipio de Acacias (Meta) está directamente relacionado con la capital del departamento, Villavicencio, de quien lo separa una distancia de 28 Km. Asimismo, el municipio con esta conexión se permite tener otro sin número de relaciones económicas y sociales con Bogotá D.C. y los demás municipios que se conectan a través de la vía nacional Limites del municipio:

- Norte: Dpt. Cundinamarca
 - Sur: Mps. de Castilla la Nueva y Guamal
 - Oriente: Mpio. San Carlos de Guaroa
 - Occidente: Mpio. de Guamal
- Extensión total: 1.169 Km²
- Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 498 s.n.m

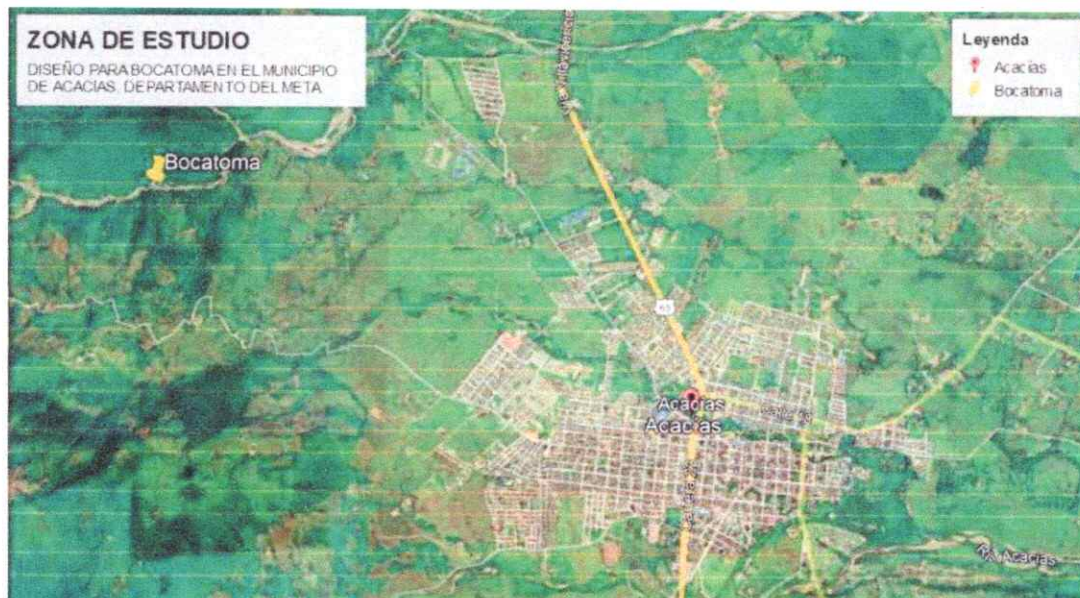
– Temperatura media: 24 Cº C

Ilustración 1 Localización del municipio



El área de estudio es en el sector de la bocatoma existente que geográficamente se ubica en las coordenadas (Latitud: 4° 0'30.52"N longitud: 73°48'30.09"O) sobre la corriente de la Quebrada Las Blancas, a 7 kilómetros aproximadamente de la carrera 23, vía principal que conduce de Acacias a Villavicencio.

Ilustración 2 Zona de intervención



Fuente: Google Earth

2.1.1 ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO

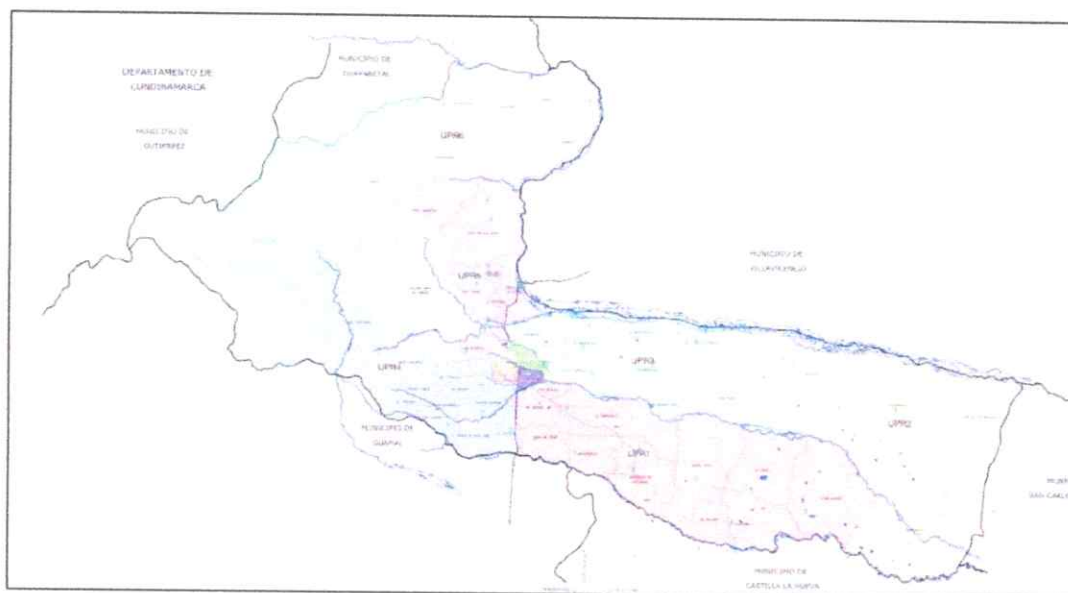
2.1.1.1 Organización y división territorial municipal

De conformidad con el artículo 15 del Acuerdo 184 de 2011 se denomina la Estructura de Producción y Desarrollo, la que se formula y adopta con la finalidad de garantizar el mejoramiento e incremento de los niveles de desarrollo integral sostenible del Municipio, con base en el uso eficiente y equilibrado del suelo. Los elementos que la componen son los siguientes:

1. La cabecera municipal: Compuesta por el área urbana y el área de expansión urbana
2. Los centros poblados rurales:
 - a. Centro Poblado de Chichimene
 - b. Centro Poblado de Dinamarca
 - c. Centro Poblado de Quebraditas
 - d. Centro Poblado de La Cecilita
 - e. Centro Poblado de Santa Rosa
3. Las cuatro (4) Unidades de Planeación Zonal (UPZ)
4. Las seis (6) Unidades de Planeación Rural (UPR)

El municipio de Acacias (Meta), se divide en una cabecera municipal que comprende cuatro (04) Unidades de Planificación Zonal y cuarenta y ocho (48) veredas grupadas en seis (06) Unidades de Planificación Rural y su Cabecera Municipal, zonificada en cuatro Unidades de Planificación Zonal con ciento cuarenta y dos (142) barrios -representados algunos en juntas de acción comunal.

Ilustración 3 División territorial



Fuente: Mapa CG-5 PBOT 2011 - Acacias

2.1.1.2 Climatología

Se obtiene la información de la estación más cercana y del diagnóstico realizado para el Plan Básico de Ordenamiento territorial PBOT del municipio de Acacias. Donde de acuerdo a la zonificación

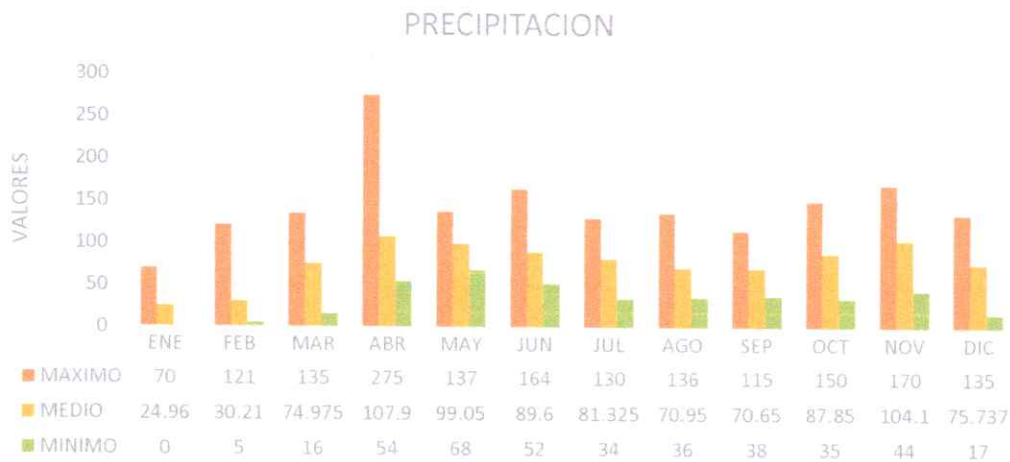
regional Orinoquia, para el municipio de Acacias se han identificado cinco zonas climáticas; la zona de estudio se ubica en la zona climática 8.

La zona 8 hace parte del Piedemonte Llanero, se distribuye regionalmente en las coordenadas geográficas están entre 3.55 y 4.36 de latitud Norte y -74.02 y -73.59 de longitud Oeste. En esta zona es característico el relieve montañoso andino. Su comportamiento está influenciado por procesos de formación de lluvias orográficas como por la actividad de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT).

2.1.1.2.1 Precipitación

En la figura 1 se observa las precipitaciones máximas, medias y mínimas mensuales para la estación empleada. El régimen de lluvias se concentra desde el mes de abril hasta junio, siendo también húmedos los meses de octubre y noviembre. Se presentan una temporada seca desde diciembre hasta febrero, siendo enero el mes más seco del año con una precipitación multianual de 70 mm en el caso más extremo.

Figura 1 Precipitación, estación Acacias 35010020



2.1.1.2.2 Temperatura

El comportamiento de la temperatura durante el año se caracteriza por presentar una leve variabilidad estacional, inversa al comportamiento de la precipitación, es decir, los meses de enero, febrero y marzo se registran las mayores temperaturas, correspondientes a meses menos lluviosos y más despejados, mientras que los valores más bajos en el mes de julio. Las máximas pueden alcanzar 32°C al mediodía, mientras que los valores más bajos de temperaturas son cercanos a 20°C.

2.1.1.3 Hidrografía

El municipio de Acacias cuenta con un sin número de ríos, quebradas y arroyos, pero los principales son: el río Acacias, con sus principales tributarios Acaciñas, Chichimene, Orotoy y todo el sistema de caños y quebradas que los alimentan; el río Guayuriba con sus principales tributarios ríos Sardinata y Manzanares, caño San Luis, quebradas el Engaño y Borrachero y sus zonas aferentes; el río Guamal parte de su nacimiento se encuentra en el municipio de Acacias., nace con el nombre de Caño la Mamona y aguas abajo toma el nombre de río Guamal. Las aguas del río Acacias que luego se

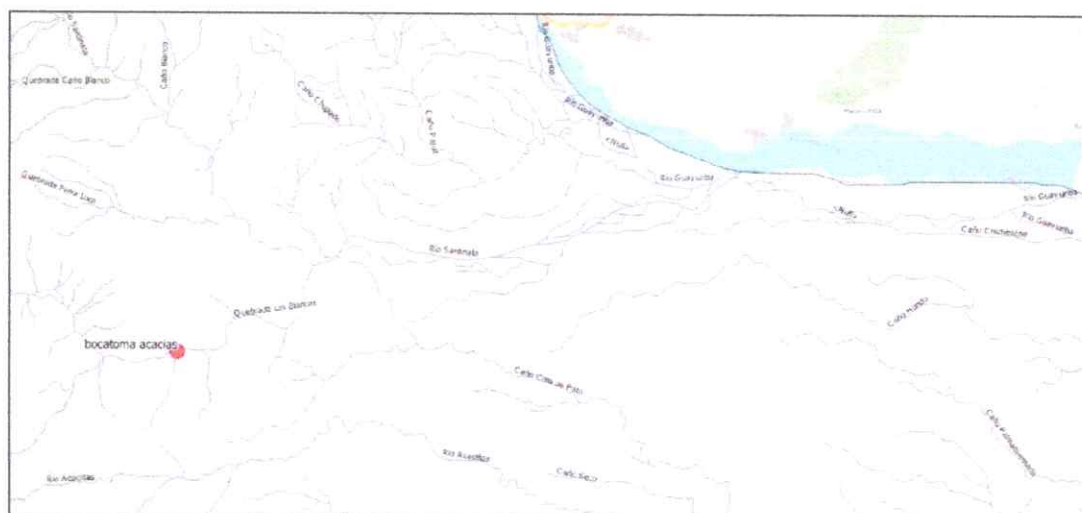
convierte en río Pajure en la confluencia con el río Orotoy, vierte sus aguas a este río antes de la confluencia con el río Guayuriba en donde se forma el Metica.

Finalmente, el río Ariari, en donde parte de su nacimiento se encuentra en el municipio de Acacias, nace con el nombre de río Grande, aguas abajo toma el nombre de río Aguas Claras en el municipio de Guamal y posteriormente el de río Ariari. Estos ríos son de gran interés ecosistémica, ya que generan conectividad dentro de su territorio.

La fuente hídrica de estudio se compone de la siguiente manera:

CUENCA	SUBCUENCA	TRIBUTARIOS	
Meta	Rio Guayuriba	Quebrada del Estado, Q. San Roque, Q. San Jorge, Q. Estoriaque, Q. Las Minas, Q. El Taurete, Q. San Miguel, Q. Quebraditas, Q. Esperanza, Q. Siberia, Q. Florida, Q. Chupadero, Q. El Intendente, Q. Cascabel y Q. Laberinto. Caños (Chupao, La Esperanza, San Luis).	
		Rio Sardinata	Caños (Brochero y Blanco), Quebrada (Las Blancas, Cristalina, Argentina y el Blanco)
		Rio Manzanares	Q. del Caserio y Q. Esperancita, Caño Candelaria, y Las Quebradas, el Diablo, Guayabal, El Playón y La Pedregosa.

Ilustración 4 Hidrografía



Fuente: Mapa PBOT 2011 - Acacias

2.1.1.4 *Actividades económicas*

El departamento del Meta tiene un gran potencial agrícola y pecuario, y es evidente su liderazgo en muchos productos alimenticios a nivel nacional.

Sigue siendo en la región representativo, el renglón de minas y canteras con una participación del 69.4%, y lo siguen los sectores de la construcción con 6.5%, el agropecuario con 5.4%, la industria manufacturera con el 1.7% y los servicios financieros alcanzan 3.4%. (Plan de Desarrollo Municipio de Acacias, pág. 28, 2016).

2.1.2 COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO

El documento técnico diagnóstico PBOT 2015, define los siguientes grupos para la clasificación de suelos municipal

- GRUPO 1: Tierras con capacidad para ser utilizadas en agricultura y ganadería tecnificada de tipo intensivo y semintensivo que comprende la clase de 1 a 4.
- GRUPO 2: Tierras que pueden ser utilizadas, en forma restringida, en actividades agrícolas, ganaderas, agroforestales y/o forestales que comprenden las clases de 5 a 7.
- GRUPO 3: Tierras que deben ser utilizadas sólo en preservación, conservación y ecoturismo, este comprende la clase 8.

La mejor capacidad agrológica se da para las zonas de influencia de los valles menores de inundación.

Las tres coberturas y usos predominantes en el municipio son Bosque denso con 33196 Ha, Pastos limpios con 30.665 Ha y Cultivo de palma con 13.994 Ha.

2.2 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

En el municipio de Acacias existen tres empresas que prestan el servicio de Acueducto, entre las que se encuentra la empresa Municipal y dos empresas Veredales. En la siguiente tabla se presenta la cobertura de la Empresa de Servicios Públicos de Acacias ESPA que cuenta con 3 fuentes superficiales: Quebrada Las Blancas, quebrada El Playón y río Acaciñas.

EMPRESA	TIPO DE EMPRESA	COBERTURA
Empresa de Servicios Públicos de Acacias ESPA	Industrial y Comercial del Municipio	Casco Urbano y Penitenciaria de Mediana Seguridad, centros poblados de Dinamarca y Quebraditas.

Fuente: Diagnostico PBOT 2011 - Acacias

De acuerdo con el diagnóstico realizado en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT de Acacias – Meta. El sistema de acueducto está compuesto por los siguientes componentes: captación, aducción, desarenador, conducción, planta de tratamiento o de potabilización (PTAP), almacenamiento y red de distribución.

El sistema de acueducto urbano de Acacias se abastece de tres fuentes superficiales: Quebrada Las Blancas, quebrada El Playón y río Acaciñas.

En cuanto a la red de distribución, actualmente el suministro de agua se realiza a todo el casco urbano de Acacias desde dos puntos, el primero perteneciente a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Las Blancas y el segundo PTAP Acaciñas. La red de distribución se divide en tres zonas según la ubicación de las bocatoma y las redes de drenaje urbano.

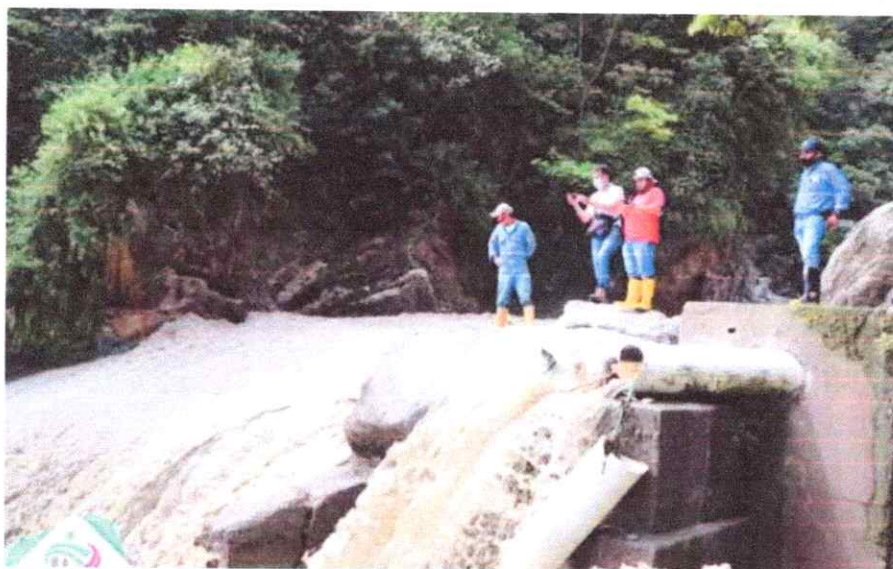
Según consultas realizadas a la ESPA, la cobertura del sistema de acueducto en el área urbana es del 99,18% (diciembre 2020), alcanzando un total de 23.677 usuarios (diciembre 2020).

2.2.1 ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN

Actualmente la captación para la prestación del servicio de acueducto prestado por la Empresa de Servicios Públicos de Acacias ESPA de la fuente superficial Quebrada las Blancas, se realiza mediante una estructura de captación lateral.

En el lugar se encuentra una bocatoma de fondo en desuso la cual incluía un pozo de amortiguación, esta estructura se encuentra en evidente deterioro; además se presenta problemas en el vertedero por erosión excesiva y condiciones de inestabilidad.

Ilustración 5 Estructura de captación de fondo existente



Fuente: Alcaldía de Acacias - Meta

Cuando el caudal de la Quebrada Las Blancas aumenta por las fuertes lluvias en el sector, es evidente la alta presencia de sedimentos que son producidos por erosión de los taludes en la parte alta de la cuenca. El arrastre del material sólido produce socavación en el área de las obras, donde en muchas ocasiones ha causado daños en la línea de aducción y además causo daños en el pozo de amortiguación, en los muros laterales y en el vertedero.

La alta presencia de sedimento ha ocasionado que la frecuencia en el mantenimiento aumente. La población urbana del municipio de acacias se ha visto afectada continuamente, ya que por algunos lapsos de tiempo la demanda del servicio de acueducto no ha sido suplida en su totalidad a causa de los daños que se presentan en la zona de captación.

La estructura del pozo de amortiguación que permite la conversión del flujo sub-critico, ha cumplido su vida útil, dado que estas obras son proyectadas para un periodo de 25 años; el concreto de la bocatoma de fondo fuera de servicio presenta grietas y desprendimiento del material.

Ilustración 6 Estado de la estructura bocatoma de fondo actualmente



Fuente: propia

La captación lateral se realiza mediante una rejilla con dimensiones de 2m de alto x 2.20m de ancho, el agua captada es conducida durante 240 metros hasta el tanque desarenador de 2 módulos, ubicado en la margen izquierda de la fuente hídrica Quebrada las Blancas, desde este punto el agua es conducida en un tramo de 1700 metros por tubería PVC de 18 pulgadas de diámetro hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable – PTAP- localizada en las coordenadas N935142 E1031731, donde se realiza el proceso de floculación, sedimentación, filtración y cloración. Cuando el agua ya es tratada se almacena en tres tanques con capacidades de 1600m³, 1000m³ y 1000m³ de donde se distribuye a los habitantes del municipio de Acacias.

Ilustración 7 Estructura de captación lateral



Fuente: propia

La estructura de captación lateral se construyó con la finalidad de realizar una mejor obtención del caudal, sin embargo, se presentan problemas cuando el caudal de la fuente aumenta ocasionando irregularidades en el servicio; debido a que el nivel de flujo sobrepasa la corona de los muros inundando la cámara de derivación y por consiguiente depositando sedimento.

Además de esto, realizar el mantenimiento y extracción del lodo acumulado en el interior es complejo debido al difícil acceso. Por lo tanto, es necesario un sistema que se adapte a las características del lugar y que requiera menor mantenimiento para su funcionalidad.

Ilustración 8 Estructura de captación lateral existente



Fuente: Alcaldía de Acacias - Meta

3 CONDICIONES GENERALES

3.1 TIPOS DE CAPTACIONES

Los diferentes tipos de captaciones descritos en el título B sistemas de acueducto del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS son los siguientes:

Toma lateral: empleada para ríos caudalosos, con educidas variaciones de nivel a lo largo del periodo hidrológico, la estructura se debe ubicar en la orilla y a una altura conveniente sobre el fondo, teniendo en cuenta que el nivel de aguas mínimo en épocas de estiaje debe permitir captar el caudal de diseño.

Toma sumergida: se implementa en cursos navegables con márgenes muy extendidas.

Captación mixta: Si la fuente tiene variaciones considerables de caudal y además el cauce presenta cambios frecuentes de curso o es inestable, debe estudiarse y analizarse la conveniencia de una captación mixta que opere a la vez como captación sumergida y captación lateral.

Captación flotante con elevación mecánica: empleada cuando la fuente de agua presenta variaciones considerables de nivel y es de gran caudal y se hace inviable una captación por gravedad;

los equipos de bombeo se deben implementar sobre una plataforma móvil, cuyo diseño deberá garantizar la flotabilidad, la estabilidad, la operación y el mantenimiento del sistema.

Ilustración 9 Captación flotante



Fuente: tomas flotantes – Inhisa Hidraulica S.A

Captación móvil con elevación mecánica: En ríos de gran caudal, que tengan variaciones estacionales de nivel importantes durante el período hidrológico, por economía debe proyectarse la captación sobre una plataforma móvil que se apoye en rieles inclinados en la orilla del río y que sea accionada por poleas diferenciales fijas

Toma de rejilla: Este tipo de toma debe utilizarse en el caso de ríos de zonas montañosas, cuando se cuente con una buena cimentación o terreno rocosos y en el caso de variaciones sustanciales del caudal en pequeños cursos de agua. Este tipo de captación consiste en una estructura estable de variadas formas; la más común es la rectangular. La estructura, ya sea en canal o con tubos perforados localizados en el fondo del cauce, debe estar localizada perpendicularmente a la dirección de la corriente y debe estar provista con una rejilla metálica para retener materiales de acarreo de cierto tamaño.

Presa de derivación: Este tipo de captación de aguas superficiales es aconsejable, por razones económicas, en aquellos cursos de agua superficial preferiblemente angostos y cuando se presentan épocas muy prolongadas de niveles de caudal bajo en el río. La presa tiene como objeto elevar el nivel de agua de modo que éste garantice una altura adecuada y constante sobre la bocatoma.



Fuente: Presa derivadora en el río Ranchería en la Guajira, Colombia - Wikiwand

Cámara de toma directa: Este tipo de captación se recomienda para el caso de pequeños ríos de llanura, cuando el nivel de aguas en éstos es estable durante todo el período hidrológico.

Muelle de toma: Esta captación se recomienda en el caso de ríos con variaciones substanciales del nivel del agua y cuando se pueden aprovechar obras costaneras ya existentes, como muelles, puentes, etc.

Para realizar la selección del sistema de captación se debe evaluar y analizar la información recolectada mediante el desarrollo de estudios en el área de intervención, dentro de los cuales se encuentra el levantamiento topográfico, estudio de hidrología y estudio geotécnico; de igual manera tener en cuenta los parámetros y criterios de la normatividad vigente.

3.2 UBICACIÓN

De acuerdo al Título B. sistemas de acueducto del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Las estructuras de captación deben estar ubicadas preferiblemente en los tramos rectos de los ríos con el fin de evitar erosiones y sedimentaciones, embanques o azolves. En el caso que sea imposible ubicar la captación en una zona recta, debe situarse en la orilla externa de una curva en una zona donde no haya evidencias de erosión por causa del curso de agua.

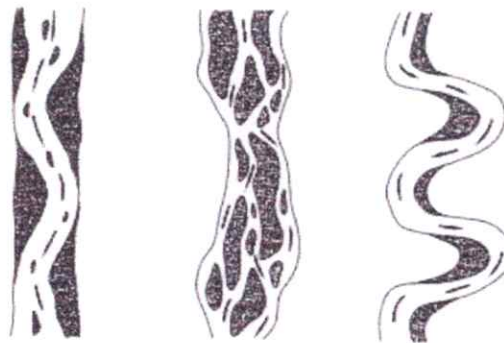
3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO

La Fluviomorfología estudia las formas fluviales y el mecanismo mediante el cual el río ha llegado a ellas. De acá se puede inferir el comportamiento futuro del río. Las formas que puede adoptar un río pueden originarse en su propio comportamiento, ser una consecuencia de determinadas acciones externas, principalmente humanas, o una combinación de dichas posibilidades. (FELICES)

La morfología fluvial estudia la forma de los ríos, es decir como estos son vistos desde el aire; dentro de las cuales se consideran 3 formas fundamentales.

- Ríos rectos
- Ríos entrelazados
- Ríos a meandros

Ilustración 11 Formas fluviales básicas



RÍO RECTO RÍO ENTRELAZADO RÍO A MEANDROS

Tabla 1 Parámetros morfológicos de la cuenca

Parámetros morfológicos de la cuenca			
Área	longitud	pendiente	Diámetro equivalente
33.07 km ²	9170.7 m	3.490 %	06.49 km

Tabla 2 Coeficientes de forma para la cuenca

nombre	Coeficiente de compacidad		Coeficiente de forma		Índice de alargamiento		Índice asimétrico	
	valor	clasificación	Valor	clasificación	valor	clasificación	valor	clasificación
Quebrada las Blancas	1.12	Forma oval-oblonga	0.59	Tiende ser achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas	1.39	Cuenca alargada	1.87	Cauce principal bastante recargado a una de las vertientes

Fuente: UT Guayuriba sostenible, 2017 – POMCA Rio Guayuriba

Tabla 3 Caracterización de la red de drenaje de la cuenca

Nombre	Índice de sinuosidad	Clasificación según sinuosidad	Densidad de drenaje (km/km ²)	Clasificación según densidad de drenaje	Patrón de drenaje
Quebrada las Blancas	1.24	Canal transicional	2.00	drenado	Drenaje transicional

Fuente: UT Guayuriba sostenible, 2017 – POMCA Rio Guayuriba

Con respecto a la clasificación de sinuosidad planteada por Schumm (1963) mediante la cual es clasificado el alineamiento de acuerdo a la relación entre la longitud del cauce principal y la longitud del valle que drena o longitud de cuenca que da cuenta del trazado o patrón de alineamiento.

La Quebrada las Blancas se clasifica:

- Tipo de canal: canal transicional
- Caracterización: baja sinuosidad

3.4 TIPOS DE BOCATOMA A IMPLEMENTAR

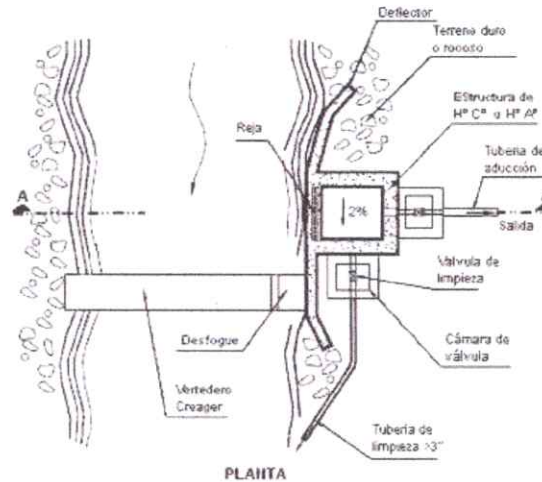
De acuerdo a las características de la cuenca abastecedora sería recomendable utilizar los siguientes tipos de captaciones que contienen los siguientes aspectos según el Título B. sistemas de acueducto del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

3.4.1 CAPTACIONES LATERALES

Para una captación lateral se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Un muro normal o inclinado con respecto a la dirección de la corriente para asegurar un nivel mínimo de las aguas en la rejilla.
- Un muro lateral para proteger y acondicionar la entrada de agua al conducto o canal que conforme la aducción y para colocar los dispositivos necesarios que controlen el flujo e impidan la entrada de materiales extraños.
- La bocatoma debe estar ubicada por debajo del nivel de aguas mínimas y por encima del probable nivel de sedimentación del fondo
- La obra debe tener un canal o conducto de entrada provisto de rejilla que impida el acceso de elementos flotantes y peces. En el caso que aguas abajo exista un canal o un conducto, se conducirán las aguas captadas a un pozo receptor ubicado más adelante.
- El agua del río circulará por gravedad hacia el pozo, desde donde será conducida, ya sea por bombeo o por gravedad, al desarenador y posteriormente a la planta de tratamiento.
- La bocatoma debe estar provista de una rejilla, que tendrá una separación entre barrotes de 20 mm a 25 mm, cuya finalidad es impedir el acceso de elementos gruesos o flotantes.
- Inmediatamente después de la rejilla debe instalarse una compuerta que permita la realización de las operaciones de limpieza y mantenimiento, y que en lo posible permita el aforo de caudales como función de la apertura de la misma.

Ilustración 12 Captación lateral

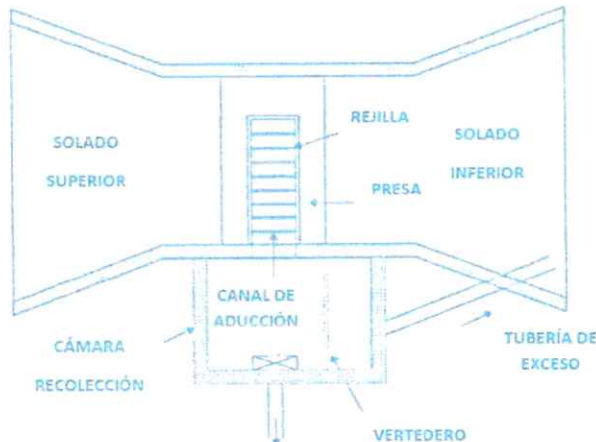


3.4.2 CAPTACIONES DE REJILLA O DE FONDO

En caso que la obra de captación de agua para el sistema de acueducto involucre una toma de rejilla, el diseño debe cumplir con los siguientes requisitos:

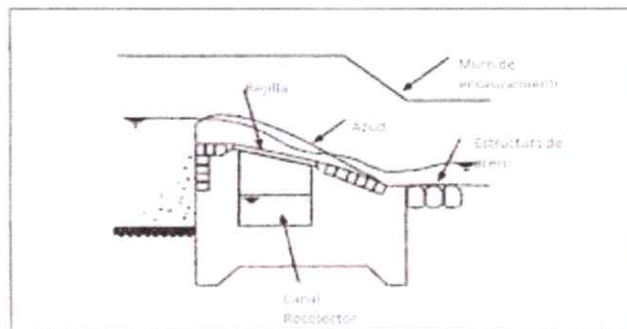
- La toma de rejilla debe ser un pequeño muro transversal a la corriente, con una rejilla superior de captación que permita el ingreso de aguas y limite la entrada de materiales sólidos.
- La bocatoma debe estar constituida por los siguientes elementos:
 - a. Una rejilla de captación dispuesta transversalmente a la dirección de la corriente.
 - b. Un canal de captación.
 - c. Una tubería o canal de conducción.
 - d. Una compuerta que permita la regulación de caudales.
 - e. Una cámara desarenadora.

Ilustración 13 Captaciones de rejilla



- La bocatoma de rejilla debe incluir adicionalmente un camino para peces, con el fin de permitir los pasos migratorios de estos, sin que la rejilla los interfiera. El diseño del camino de peces debe basarse en los correspondientes estudios ictiológicos.
- Se proyectará un muro de encauzamiento transversal que oriente las líneas de corriente hacia la rejilla en épocas de estiaje.
- El agua del río será captada a través de la rejilla y conducida por gravedad a lo largo del canal de captación, en cuyo tramo final debe colocarse una compuerta que permitirá la regulación de caudales hacia la tubería o el canal de conducción, y descargar luego las aguas en el desarenador. Desde allí continúa la aducción hasta la planta de tratamiento.
- Las rejillas y el canal de recolección se calcularán para un caudal equivalente a la capacidad de diseño de la estructura de captación.
- La velocidad a través de la rejilla será inferior a 0.15 m/s, para reducir a un mínimo el arrastre de materiales flotantes.
- La rejilla será de hierro fundido preferiblemente con perfiles o en su defecto con barras paralelas entre sí y colocadas en el sentido de la corriente.
- La separación libre entre perfiles o barras será de 20 mm a 50 mm.
- La rejilla estará formada por secciones removibles con el fin de facilitar su limpieza. No se aceptará la colocación de mallas por la dificultad para la limpieza.

Ilustración 14 Rejilla de captación



- El canal de captación debe tener una pendiente alta, capaz de impedir la sedimentación de las arenas y el material de arrastre que ingrese a través de la rejilla. El dimensionamiento de dicho canal permitirá conducir la totalidad del agua captada en toda la longitud de la rejilla.
- El cálculo debe realizarse con base en los lineamientos clásicos para las conducciones a superficie libre.
- El ancho de la base del fondo del canal debe permitir las operaciones de limpieza mediante elementos manuales.
- Aguas arriba y aguas abajo del canal de captación debe construirse un enrocamiento en toda su longitud, con un ancho no menor de 3 m y una profundidad media de 0.6 m como protección contra la acción erosiva de la corriente.
- La tubería o el canal de conducción tendrá por finalidad servir de enlace entre el canal de captación y el desarenador. Esta tubería puede ser proyectada enterrada o a cielo abierto, dependiendo de la topografía de la zona de captación.

4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

4.1 METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En el caso específico de la presente investigación, para la definición de los objetivos, criterios e indicadores, se tomaron como referencia los estudios realizados por Makropoulos *et al.*, (2008), por Galarza (2011) y por Benzerra *et. al.*, (2012), logrando consolidar el conjunto de objetivos e indicadores enunciados a continuación:

Tabla 4 Criterios de Selección de Alternativa

OBJETIVO	CRITERIOS
AMBIENTAL	C1 Maximizar el aprovechamiento de fuentes alternas de suministro de agua en el territorio
	C2 Minimizar el consumo de energía eléctrica
	C3 Minimizar el impacto ambiental asociado al uso del recurso
ECONÓMICO	C4 Minimizar los costos de sostenibilidad (operación y mantenimiento)
	C5 Maximizar la rentabilidad financiera
SOCIAL	C6 Minimizar contaminación de la fuente de abastecimiento
	C7 Minimizar edad del Estado de la red de distribución
TÉCNICO	C9 Maximizar la continuidad del servicio
	C10 Maximizar la frecuencia de mantenimiento
TECNOLÓGICO	C11 Maximizar Disponibilidad de agua en la fuente de suministro
	C12 Minimizar Probabilidad de fallo de las tecnologías

Una vez establecidos los objetivos, se debe proceder a la asignación de factores de ponderación para cada uno de los mismos, considerando las características y estructuras de preferencias del centro decisor.

Tabla 5 Ponderación de Criterios de evaluación

OBJETIVO	CRITERIOS	CALIFICACIÓN
AMBIENTAL	C1 Maximizar el aprovechamiento de fuentes alternas de suministro de agua en el territorio	
	Fuente Existente	1
	Fuente Alterna	10
	C2 Minimizar el consumo de energía eléctrica	
	Bajo Consumo	10
	Medio Consumo	5
	Alto Consumo	1

OBJETIVO	CRITERIOS	CALIFICACIÓN
	C3 Minimizar el impacto ambiental asociado al uso del recurso	
	Bajo Impacto	10
	Medio Impacto	5
	Alto Impacto	1
ECONÓMICO	C4 Minimizar los costos de sostenibilidad (operación y mantenimiento)	
	Bajo Impacto	10
	Medio Impacto	5
	Alto Impacto	1
	C5 Maximizar la rentabilidad financiera	
	Bajo Impacto	10
	Medio Impacto	5
	Alto Impacto	1
SOCIAL	C6 Minimizar contaminación de la fuente de abastecimiento	
	Aguas negras	1
	Agua superficial de calidad deficiente	2
	Agua de mar	4
	Aguas subterráneas urbanas	4
	Aguas lluvias	6
	Agua superficial con calidad natural	8
	Acueducto municipal	10
	C7 Minimizar edad del Estado de la red de distribución	
	Red de distribución con presencia recurrente de fugas de agua potable (3 ó más fugas promedio año).	2
	Red con edad de operación superior a 30 años	6
	Red con edad entre 10 a 30 años de operación	8
	Red con edad menor a 10 años	10
TÉCNICO	C9 Maximizar la continuidad del servicio	
	Continuidad a Largo Plazo	10
	Continuidad a Mediano Plazo	5
	Continuidad a Corto Plazo	1
	C10 Maximizar la frecuencia de mantenimiento	
	Mantenimiento a Largo Plazo	10
	Mantenimiento a Mediano Plazo	5
	Mantenimiento a Corto Plazo	1
TECNOLÓGICO	C11 Maximizar Disponibilidad de agua en la fuente de suministro	
	Agua de mar	10
	Aguas subterráneas urbanas	8
	Aguas lluvias	4

OBJETIVO	CRITERIOS	CALIFICACIÓN
	Agua superficial con calidad natural	6
	Acueducto municipal	10
	C12 Minimizar Probabilidad de fallo de las tecnologías	
	Tecnología Mecánica	2
	Tecnología Electromecánica	6
	Tecnología Electrónica	8

4.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

4.2.1 RECONSTRUCCIÓN DE LA BOCATOMA DE FONDO

Se plantea la posibilidad de realizar la reconstrucción de una bocatoma de fondo donde actualmente se encuentran las obras, para que funcione de manera mixta con la bocatoma lateral existente. Sin embargo, se analizan las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Aprovechamiento de la estructura existente como la línea de aducción.

Desventajas:

- Mayores costos en la operación y mantenimiento de las estructuras
- Menor viabilidad técnica
- Fallas en la continuidad de la prestación del servicio.
- Daño en la estructura debido a la falta del control del material solido

Ilustración 15 Alternativa de diseño 1



Como ya se mencionó en el diagnóstico realizado en el capítulo anterior; la estructura lateral existente no cumple con los parámetros de diseño adecuados para su funcionamiento; hidráulicamente se ha visto afectada por las fuertes lluvias que ha ocasionado intermitencias en el servicio de acueducto. Debido a que el nivel de flujo sobrepasa la corona de los muros inundando la cámara de derivación y por consiguiente depositando sedimento.

Esto ha ocasionado que se tenga que realizar mantenimientos con periodos más cortos y que mientras estos se realizan, la población a la cual se le es prestado el servicio no pueda abastecerse de agua potable.

4.2.2 CONSTRUCCIÓN NUEVA DE BOCATOMA LATERAL Y DE FONDO

En esta alternativa se plantea la construcción de una bocatoma de fondo ubicada aguas arriba del punto actual de la bocatoma existente. Ya que por la topografía del lugar se considera que su ubicación es más viable técnicamente, mejorando así la captación del caudal y evitando en lo posible los procesos de erosión y socavación que se presentan en la bocatoma actual.

Además, a esto se plantea la adecuación de la bocatoma lateral de apoyo, considerando las afectaciones actuales, por lo tanto, adicional a la estructura de captación se plantea un azud que permitirá que, cuando el cauce de la Quebrada Las Blancas aumente por las fuertes lluvias, se pueda desviar y disminuir la velocidad del mismo y así la captación lateral no presentará problemas de sedimentación por inundación. Asimismo, un pozo de amortiguación para el control del flujo que se presenta en el afluente. Se analizan las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas

- Aprovechamiento de la estructura existente como la línea de aducción.
- Mayor viabilidad técnica
- Prestación continua del servicio de acueducto
- Menores costos en la operación y mantenimiento del sistema.
- Mayor seguridad ante el daño de las estructuras

Desventajas

- Dificultad acceso para la construcción de la bocatoma de fondo.

4.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

La evaluación de las alternativas se observa a continuación:

		ALTERNATIVAS	
OBJETIVO	CRITERIOS	1	2
AMBIENTAL	C1 Maximizar el aprovechamiento de fuentes alternas de suministro de agua en el territorio	10	10
	C2 Minimizar el consumo de energía eléctrica	10	10
	C3 Minimizar el impacto ambiental asociado al uso del recurso	5	10
ECONÓMICO	C4 Minimizar los costos de sostenibilidad (operación y mantenimiento)	1	10
	C5 Maximizar la rentabilidad financiera	1	5
SOCIAL	C6 Minimizar contaminación de la fuente de abastecimiento	10	10
	C7 Minimizar edad del Estado de la red de distribución	8	8
TÉCNICO	C9 Maximizar la continuidad del servicio	1	10
	C10 Maximizar la frecuencia de mantenimiento	1	10
TECNOLÓGICO	C11 Maximizar Disponibilidad de agua en la fuente de suministro	6	6
	C12 Minimizar Probabilidad de fallo de las tecnologías	2	2
CALIFICACIÓN PROMEDIO		55	91

Una vez identificadas las ventajas y desventajas de las alternativas enunciadas anteriormente se selecciona como alternativa de diseño la numero 2. CONSTRUCCIÓN NUEVA DE BOCATOMA LATERAL Y DE FONDO, por ser la que contiene más factores favorables y mejora la prestación del servicio de acueducto del municipio.

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. 2010. Título B. Sistemas de Acueducto - Reglamento Técnico Del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS.
- Waters, SubChow, Ven Te. 1994. Hidrología Aplicada
- Minvivienda. 2017. "Resolución 0330 de 2017." Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. República de Colombia. 182.
- Felices, Arturo Rocha. n.d. "La Morfología Fluvial y Su Incidencia En La Estabilidad de Las Obras Viales." 1-17.
- Morfología de cauces: condicionantes, movilidad y tipología de los cauces aluviales. n.d. "4.3. Morfología de Cauces: Condicionantes, Movilidad y Tipología de Los Cauces Aluviales.
- CORMACARENA. Bogotá D.C. 2018. POMCA Rio Guayuriba: capítulo 8 Morfometría.
- CORMACARENA. Bogotá D.C. 2018. POMCA Rio Guayuriba: capítulo 9 Hidrología, oferta y demanda de agua.
- Castro, Carlos Alberto. "Propuesta de metodología para selección del tipo de bocatoma (lateral y de fondo) mediante el análisis de casos de estudios". Bogotá D.C. 2021.
- Gonzalez, José María. El análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio hidrografico. Pag. 170
- Alcaldía de Acacias, Meta. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Documento de Diagnostico. Pag. 8, 90, 137-153.