ESTUDIO DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

"REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCION DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA TOQUILLA SECTOR CENTRO DEL MUNICIPIO DE AQUITANIA BOYACA".

CONTRATO No 004 DE 2023

CONTRATANTE:

MUNICIPIO DE AQUITANIA - NIT: 800.077.545-5
R/L: ÓSCAR DARÍO HURTADO PÉREZ

CONTRATISTA:

AQUACIVIL SAS BIC
NIT: 900.930.173-0
R/L: JULLIET ANGELICA BARRERA SANCHEZ

SUPERVISOR:
ING. DIEGO ALEJANDRO MONTAÑA
Director de la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios

REPUBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
MUNICIPIO DE AQUITANIA
JULIO DE 2025
INFORME FINAL

ESTUDIO DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CÓDIGO:
ADAATOQAQ01

Cargo	Responsable	Firma
Firma Consultoría	**AQUACIVIL SAS BIC**	
Ingeniero Hidráulico	**EDGAR LEONARDO PRECIADO MORALES** Ingeniero Civil – Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental	
Supervisor del contrato	**ING. DIEGO ALEJANDRO MONTAÑA** Director de la Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios	

Yo, **Edgar Leonardo Preciado Morales,** en calidad de profesional responsable de las Alternativas de diseño del sistema de Acueducto.



EDGAR LEONARDO PRECIADO MORALES
Ingeniero Civil
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
T.P. 15202221700BYC

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 5
2. PROBLEMÁTICA 6
3. JUSTIFICACIÓN 7
4. ALTERNATIVAS DE CAPTACIÓN 8
4.1 Captación de Agua 8
4.1.1 Alternativa No 2 13
4.1.2 Alternativa No 3 16
4.1.3 Alternativa No 4 19
4.1.4 Alternativa No 5 22
5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE CAPTACIÓN DE AGUA 25
5.1 Evaluación de las alternativas – Componente Económico 25
5.2 Evaluación de las alternativas – Componente Ambiental 27
5.3 Evaluación de las alternativas – Componente Social 28
5.4 Evaluación de las alternativas – Criterio de Riesgos 30
5.5 Total Puntaje por cada alternativa 31
6. COSTOS DE ALTERNATIVA ESCOGIDA 32
6.1 Costo Operación y Mantenimiento Alternativa No 3 32
7. CONCLUSIONES 35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de la Fuente de captación 10
Tabla 2. Ventajas y desventajas Alternativa No 1 11
Tabla 3. Características de la Fuente de captación 13
Tabla 4. Ventajas y desventajas Alternativa No 2 15
Tabla 5. Características de la Fuente de captación 17
Tabla 6. Ventajas y desventajas Alternativa No 3 18
Tabla 7. Características de la Fuente de captación 20
Tabla 8. Ventajas y desventajas Alternativa No 4 21
Tabla 9. Características de la Fuente de captación 23
Tabla 10. Ventajas y desventajas Alternativa No 5 24
Tabla 11. Evaluación de las alternativas mediante el componente económico 25
Tabla 12. Evaluación de las alternativas mediante el componente ambiental 27
Tabla 13. Evaluación de las alternativas mediante el componente social 28
Tabla 14. Evaluación de las alternativas mediante el criterio de riesgos 30
Tabla 15. Evaluación de las alternativas mediante el criterio de riesgos 31

LISTA DE ILUSTRACIÓNES

Ilustración 1 Alternativas de captación de agua 8
Ilustración 2 Perfil de la línea principal de la red de distribución 9
Ilustración 3 Perfil captación Quebrada Chagua 10
Ilustración 4 Área de la cuenca de la Quebrada Chagua 11
Ilustración 5 Perfil captación río Cusiana 13
Ilustración 6 Area de la cuenca del río Cusiana 14
Ilustración 7 Perfil captación Quebrada El Aliso 16
Ilustración 8 Área de la cuenca de la Quebrada El Aliso 17
Ilustración 9 Perfil captación Quebrada El Palo sector Angostura 19
Ilustración 10 Área de la Cuenca de la Quebrada El Palo sector Angostura 20
Ilustración 11 Perfil captación Quebrada Candelas 22
Ilustración 12 Área de la cuenca de la Quebrada Candelas 23

1. INTRODUCCION

Dadas las necesidades de agua potable del sector centro de la vereda toquilla, se realiza una serie de alternativas en busca de una solución de abastecimiento de agua para poder captar, tratar y suministrar agua potable a los habitantes del sector en estudio.

El presente proyecto contempla buscar una alternativa viable técnica, financiera o económica, ambiental y social para contar con agua potable suministrada de los diferentes sectores o fuentes hídricas disponibles en el sector con el fin de abastecer a sus habitantes para que cuenten con agua potable durante las 24 horas del día, cabe aclarar que la topografía puede impedir que algunos usuarios puedan contar con agua suministrada por gravedad, así mismo se presentan inconvenientes sociales con la sociedad y entre ellos que pueden impedir que algunas alternativas sean viables y la totalidad de usuarios pueda contar con agua potable.

2. PROBLEMÁTICA

El recurso hidráulico es vital para la supervivencia del ser humano, las necesidades diarias requieren contar con agua de buena calidad para garantizar una calidad de vida buena a los habitantes del sector centro de la vereda Toquilla del municipio de Aquitania, por otra parte, contar con este recurso tan valioso garantiza que la población goce de buena salubridad y se evite el incremento de enfermedades que puedan ser generados por falta de agua potable a los habitantes.

El sector cuenta con diferentes alternativas de fuentes hídricas que permite tener una variedad y riqueza en el recurso, sin embargo, se presentan diferentes factores sociales, económicos y ambientales que dificultan el acceso al recurso hídrico y la distribución a los habitantes del sector, por lo cual se busca mediante una matriz identificar una posible o la más viable alternativa para captar agua y suministrar a sus habitantes.

Aparte de la problemática que vive desde hace muchos años el centro poblado de la vereda Toquilla por la falta del suministro de agua potable a sus habitantes, se presentan problemas sociales de algunas personas que no permiten la captación del recurso hídrico, que inclusive se recibieron amenazas a los profesionales y técnicos que realizaron la presente consultoría evitando que se desarrollara con facilidad y acceso a las fuentes hídricas.

3. JUSTIFICACIÓN

Durante el desarrollo de la consultoría se identificaron varias fuentes hídricas posibles para suministrar a la mayor parte de los usuarios del sector centro de la vereda Toquilla, por otra parte, se identificaron aspectos sociales y ambientales para poder seleccionar la fuente hídrica más viable así mismo teniendo en cuenta el aspecto económico para la construcción del sistema de acueducto y la operación y mantenimiento de este.

Algunos habitantes del sector no permiten que se capte agua de algunas fuentes hídricas, lo que impidió el desarrollo continuo de la consultoría, sin embargo por recomendaciones se realizara el presente capitulo para identificar cual es la alternativa más viable técnica, económica, operativa, ambiental y social para que la prestación del servicio se realice a la mayor parte de la población de la vereda Toquilla, así demostrando a los habitantes que el servicio se preste de la manera más adecuada sin que se sobre paguen gastos operativos al sistema proyectado y que la comunidad tenga una mejor calidad de vida, no solo los habitantes si no a la población flotante que se presenta por esta zona al estar localizado en una vía principal de alto desarrollo y alto tránsito vehicular por comunicar al departamento de Boyacá con el departamento de Casanare.

4. ALTERNATIVAS DE CAPTACIÓN

4.1 Captación de Agua

Ilustración 1 Alternativas de captación de agua



Fuente: Estudio

De acuerdo con la anterior ilustración, se presenta en color cian la red principal del acueducto de la vereda de Toquilla, y se presentan 5 alternativas de captación, dentro de las cuales se presenta como Alternativa No 1 la Quebrada Chagua, como Alternativa No 2 El río Cusiana, como Alternativa No 3 La Quebrada El Aliso, como Alternativa No 4 la Quebrada El Palo, y como Alternativa No 5 existen dos quebradas que provienen de unas Lagunas, para lo cual a continuación se presentan las ventajas y desventajas de cada alternativa con el fin de seleccionar la mejor opción para abastecer de agua potable a los habitantes del sector de la vereda Toquilla del municipio de Aquitania.

Ilustración 2 Perfil de la línea principal de la red de distribución



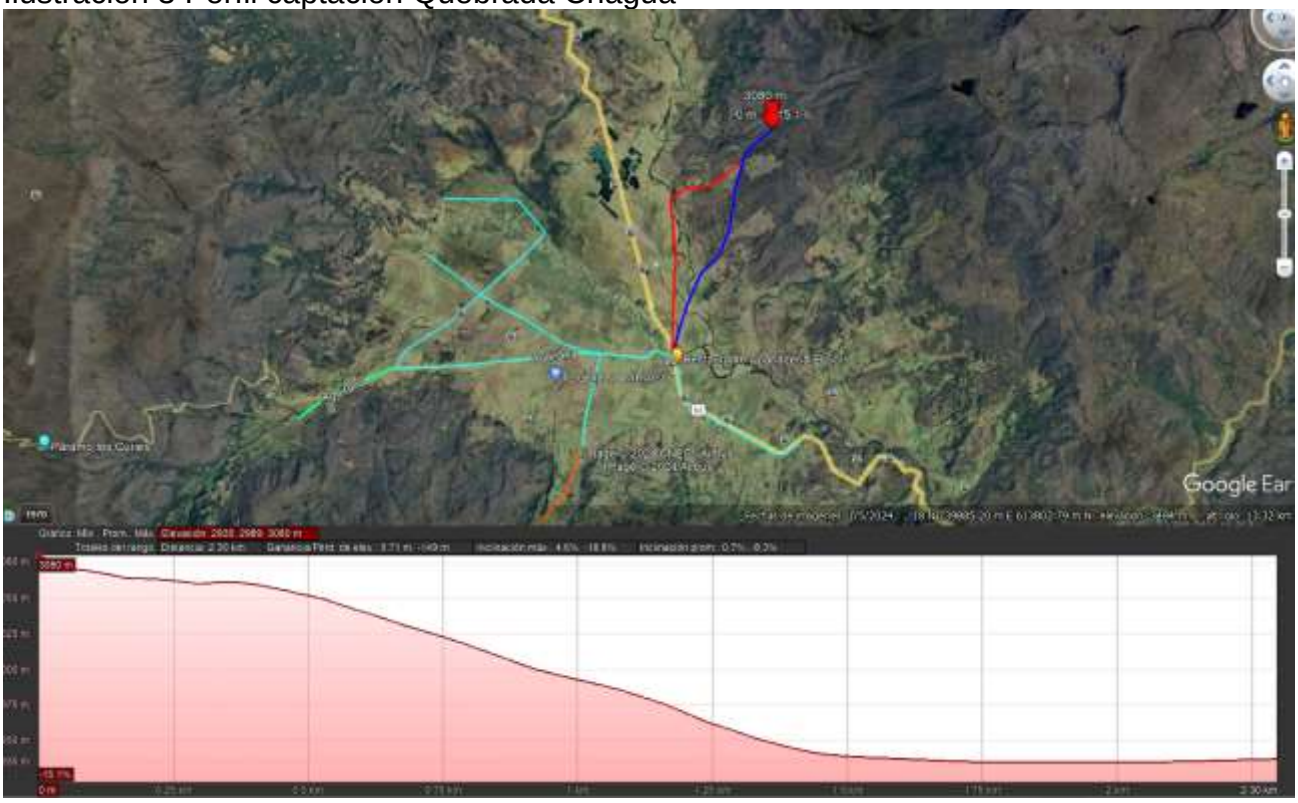
Fuente: Estudio

De acuerdo con la ilustración anterior, el punto mas alto se encuentra en la vivienda ubicada cerca a la captación de la Quebrada El Aliso, y los puntos más bajos son en el punto proyectado de la unión de la red de distribución con las alternativas 1 y 2 (Quebrada Chagua (en color azul) y río Cusiana (en color rojo requiere bombeo)) al sector aguas abajo del rio Cusiana vía Aguazul, por lo que la altura del tanque de almacenamiento proyectado debe superar el punto más alto de la red de distribución.

La captación de las otras alternativas se encuentra más altas que el punto o usuario más alto por lo cual el sistema se realiza por gravedad, la alternativa No 3 de la quebrada el Aliso en color verde y la alternativa No 4 de la quebrada el Palo en color naranja.

Alternativa No 1

Ilustración 3 Perfil captación Quebrada Chagua



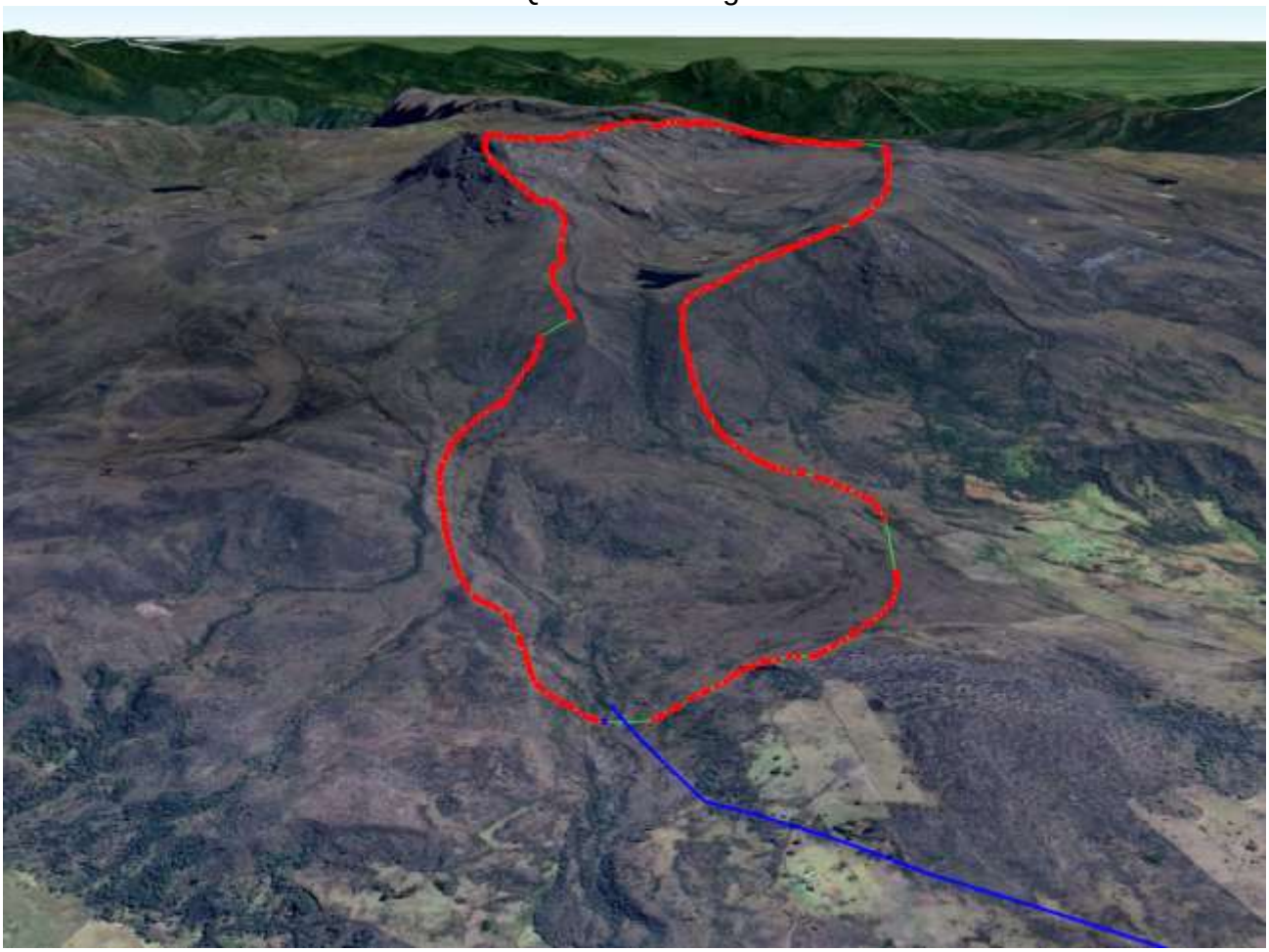
Fuente: estudio

Tabla 1. Características de la Fuente de captación

Fuente	Quebrada Chagua
Altura Aprox.	3080 m.s.n.m.
Longitud a red de distribución	2280 ml
Funcionamiento	Por gravedad
Existe Bocatoma	No
Existe Concesión	No
Existe línea de aducción	No
Existe PTAP	No
Existe Tanque de Almacenamiento	No
Existe línea de conducción	No

Fuente: Estudio

Ilustración 4 Área de la cuenca de la Quebrada Chagua



Fuente: estudio

La cuenca de estudio tiene un área aproximada de 178 Ha en zona de paramo de vegetación de frailejones, zona de protección ambiental de recarga hídrica.

Tabla 2. Ventajas y desventajas Alternativa No 1

Ventajas	Desventajas
Amplia capacidad hidrológica	Requiere permisos ambientales por estar en un parque de páramos
Calidad de la fuente hídrica buena	Requiere permiso de concesión de agua

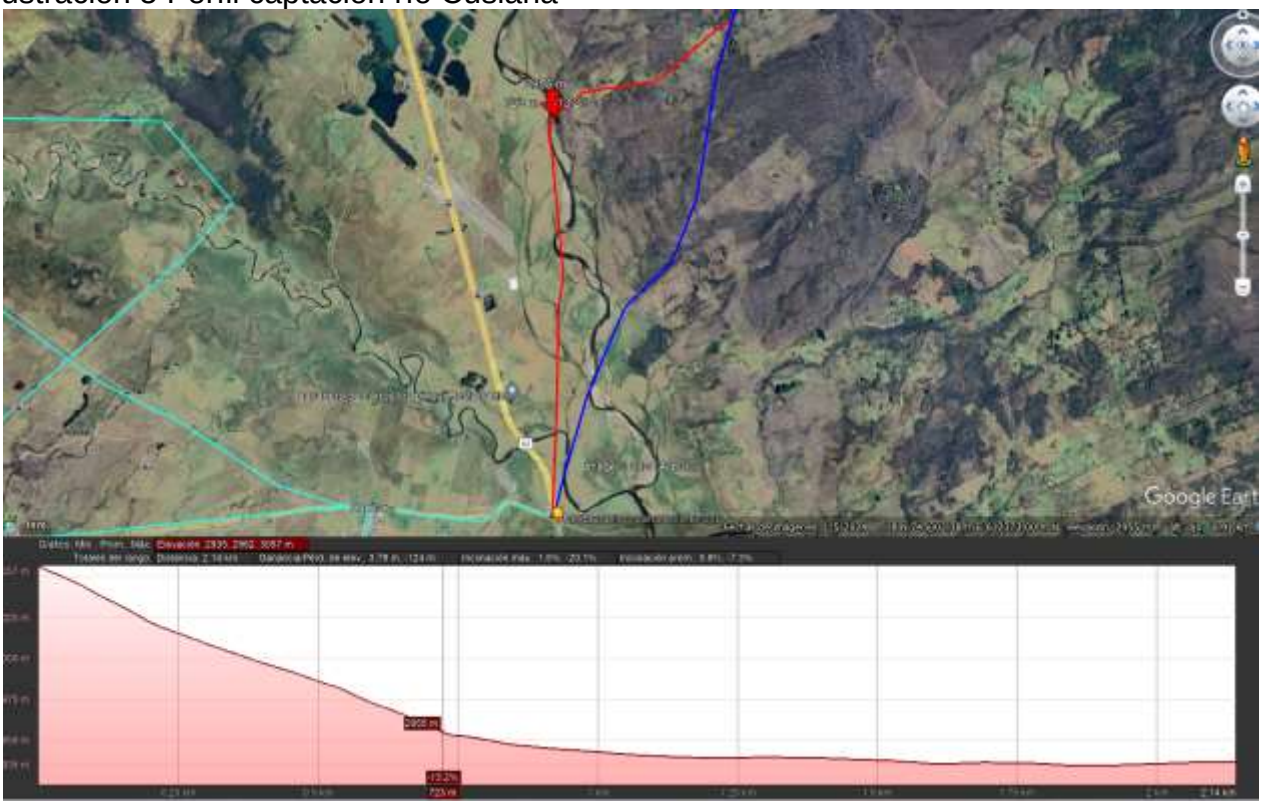
Ventajas	Desventajas
Calidad del agua buena	Requiere permisos de intervención de cauce
El sistema funciona por gravedad	Requiere permisos de servidumbre por un trayecto de más de 2 km
Capacidad de abastecimiento 100%	Requiere transporte de materiales a lomo de mula para la construcción
	El recorrido de operación del fontanero es mayor a 2km y requiere paso por río Cusiana
	Requiere pasos elevados
	Requiere sistemas reductores de presión
	Requiere compra de lotes para construir desarenador, PTAP y Tanque de Almacenamiento

Fuente: Estudio

La Alternativa No 1 tiene una fuente hídrica de buenas condiciones y buena capacidad hidráulica para abastecer a la mayor parte de los usuarios del sector, sin embargo, no cuenta con todos los permisos necesarios para poder realizar la construcción del acueducto y la infraestructura que se requiere exige un presupuesto amplio e ingeniería detallada para que el sistema funcione con la normatividad vigente.

4.1.1 Alternativa No 2

Ilustración 5 Perfil captación río Cusiana



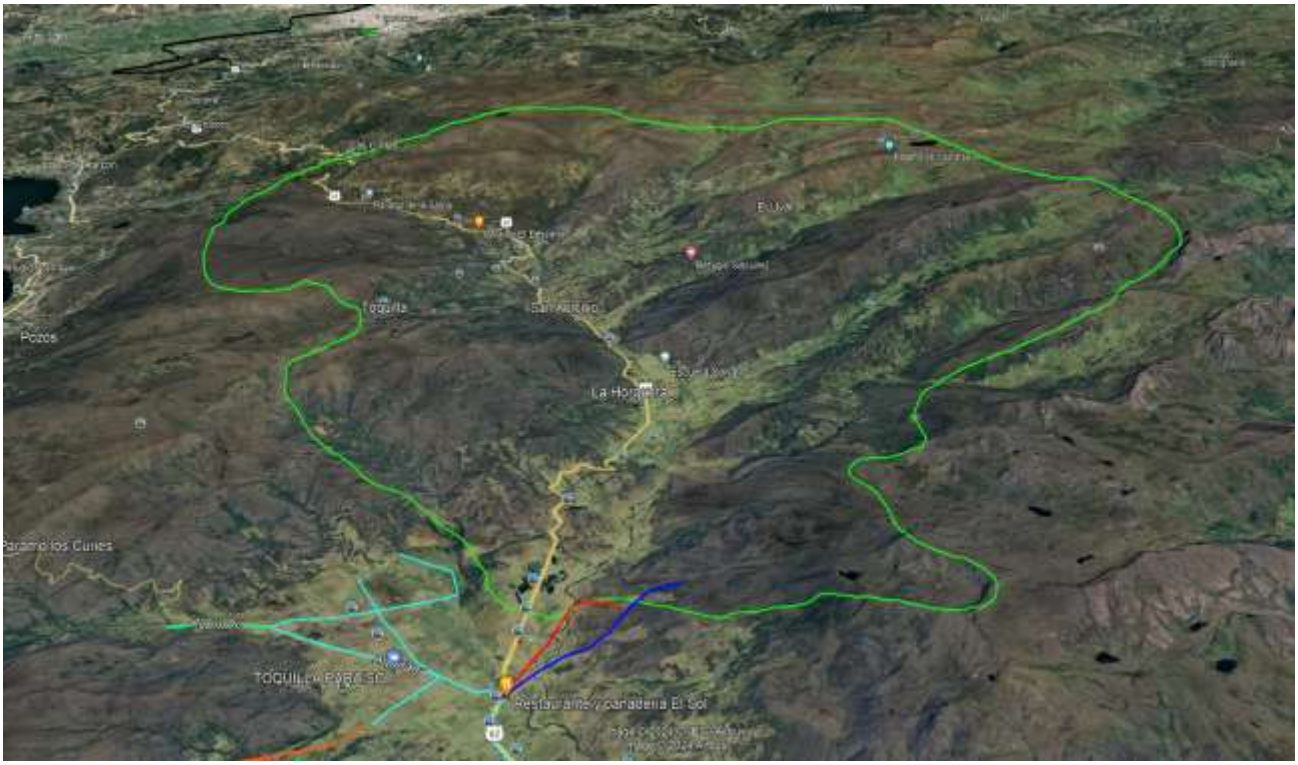
Fuente: estudio

Tabla 3. Características de la Fuente de captación

Fuente	Río Cusiana
Altura Aprox.	2954 m.s.n.m.
Longitud a red de distribución	1898 ml
Funcionamiento	Requiere sistema de Bombeo
Existe Bocatoma	No
Existe Concesión	No
Existe línea de aducción	No
Existe PTAP	No
Existe Tanque de Almacenamiento	No
Existe línea de conducción	No

Fuente: Estudio

Ilustración 6 Área de la cuenca del río Cusiana



Fuente: estudio

La cuenca de estudio tiene un área aproximada de 12.210 Ha cuyo nacimiento se encuentra desde el páramo de Siscunsí, Las 5.942 hectáreas de páramo de Sogamoso se encuentran en la vereda de Las Cintas, Las Cañas y El Mortiñal, el hermoso páramo del Siscunsí, presentan las mejores alternativas de ecoturismo, por encontrar allí amplias zonas de frailejones, cascadas naturales, humedales y la Laguna del Siscunsí. Por ser zona de páramo y llegar hasta altitudes de 3.850 m.s.n.m. la producción y almacenamiento de agua son factores fundamentales que se deben tener en cuenta para el desarrollo de la región y del municipio. Del páramo de Siscunsí se derivan una serie de acueductos y tomas de regadío que sustentan el agua para trabajar la mayoría de los habitantes de la región y para el desarrollo agropecuario e industrial. La vegetación de páramo que allí hay, contiene la diversidad más rica y abundante de las altas cumbres tropicales, como frailejones, pajonales, arbustos y vegetación acuática. Su fauna está compuesta por anfibios, insectos, mamíferos (tinajos, curíes, liebres, etc.). Es muy representativa la Avifauna conformada por: Mirlas, perdices, el pato zambullidor y el majestuoso cóndor de los Andes, este último hace parte de un programa de repoblamiento único en Sur América con 10 cóndores.

Tabla 4. Ventajas y desventajas Alternativa No 2

Ventajas	Desventajas
Amplia capacidad hidrológica	Requiere permisos ambientales
Calidad de la fuente hídrica buena a Regular (existe agricultura y piscicultura aguas arriba)	Requiere permiso de concesión de agua
Calidad del agua buena - regular (existe agricultura y piscicultura aguas arriba)	Requiere permisos de intervención de cauce
Capacidad de abastecimiento 100%	El sistema funciona por sistema de bombeo
	Requiere permisos de servidumbre por un trayecto de aproximadamente 2 km
	Requiere transporte de materiales a lomo de mula para la construcción
	El recorrido de operación del fontanero es mayor a 2km y requiere paso por río Cusiana
	Requiere pasos elevados
	Requiere compra de lotes para construir desarenador, PTAP y Tanque de Almacenamiento

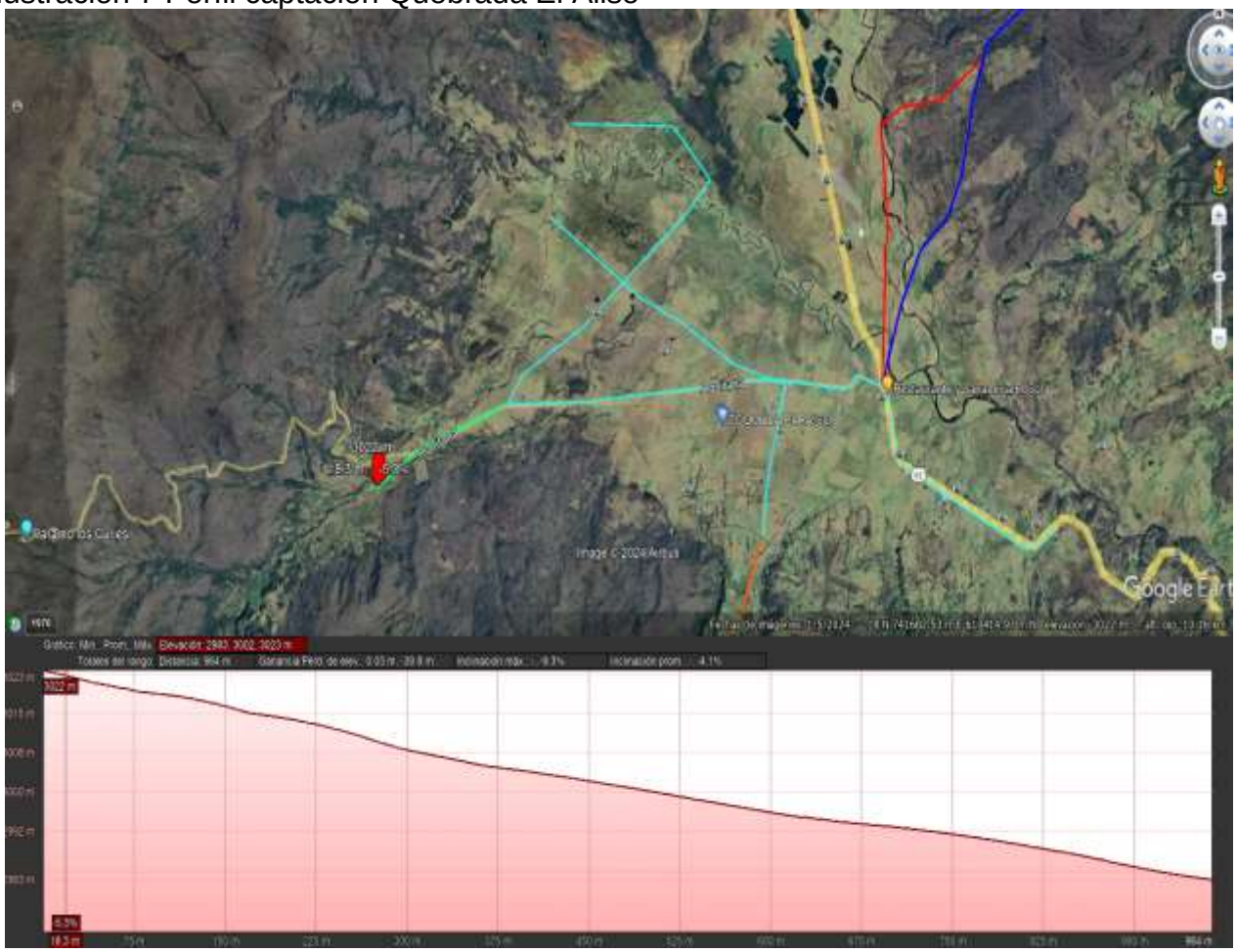
Fuente: Estudio

La Alternativa No 2 es sobre el río Cusiana, pero por su topografía requiere un sistema de bombeo por lo que cuenta con una desventaja en el sistema de operación y mantenimiento

por el incremento de los costos, por lo que puede afectar el costo tarifario de los usuarios, la fuente hídrica tiene una gran capacidad de abastecimiento en época de verano e invierno, la calidad del agua se ve afectada por actividades agrícolas y de piscicultura aguas arriba sin embargo, no cuenta con todos los permisos necesarios para poder realizar la construcción del acueducto y la infraestructura que se requiere exige un presupuesto amplio e ingeniería detallada para que el sistema funcione con la normatividad vigente.

4.1.2 Alternativa No 3

Ilustración 7 Perfil captación Quebrada El Aliso



Fuente: estudio

Tabla 5. Características de la Fuente de captación

Fuente	Quebrada El Aliso
Altura Aprox.	3023 m.s.n.m.
Longitud a red de distribución	964 ml
Funcionamiento	Por gravedad
Existe Bocatoma	Si
Existe Concesión	Si
Existe línea de aducción	Si
Existe PTAP	No
Existe Tanque de Almacenamiento	No
Existe línea de conducción	Si en regular estado

Fuente: Estudio

Ilustración 8 Área de la cuenca de la Quebrada El Aliso



Fuente: Estudio

La cuenca de estudio tiene un área aproximada de 2.170 Ha en zona de paramo de vegetación de frailejones.

Tabla 6. Ventajas y desventajas Alternativa No 3

Ventajas	Desventajas
Buena capacidad hidrológica	Requiere sistemas reductores de presión
Calidad de la fuente hídrica buena	Requiere compra de lotes para construir desarenador, PTAP y Tanque de Almacenamiento
Calidad del agua buena	Existen inconvenientes sociales con usuarios que captan agua para uso industrial - comercial
El sistema funciona por gravedad	
Capacidad de abastecimiento 80%	
No Requiere permisos ambientales	
No requiere permiso de intervención de cauce	
Requiere Actualización de la concesión de agua	
Cuenta con permisos de servidumbre	
El recorrido de operación del fontanero es aproximadamente de 1km	

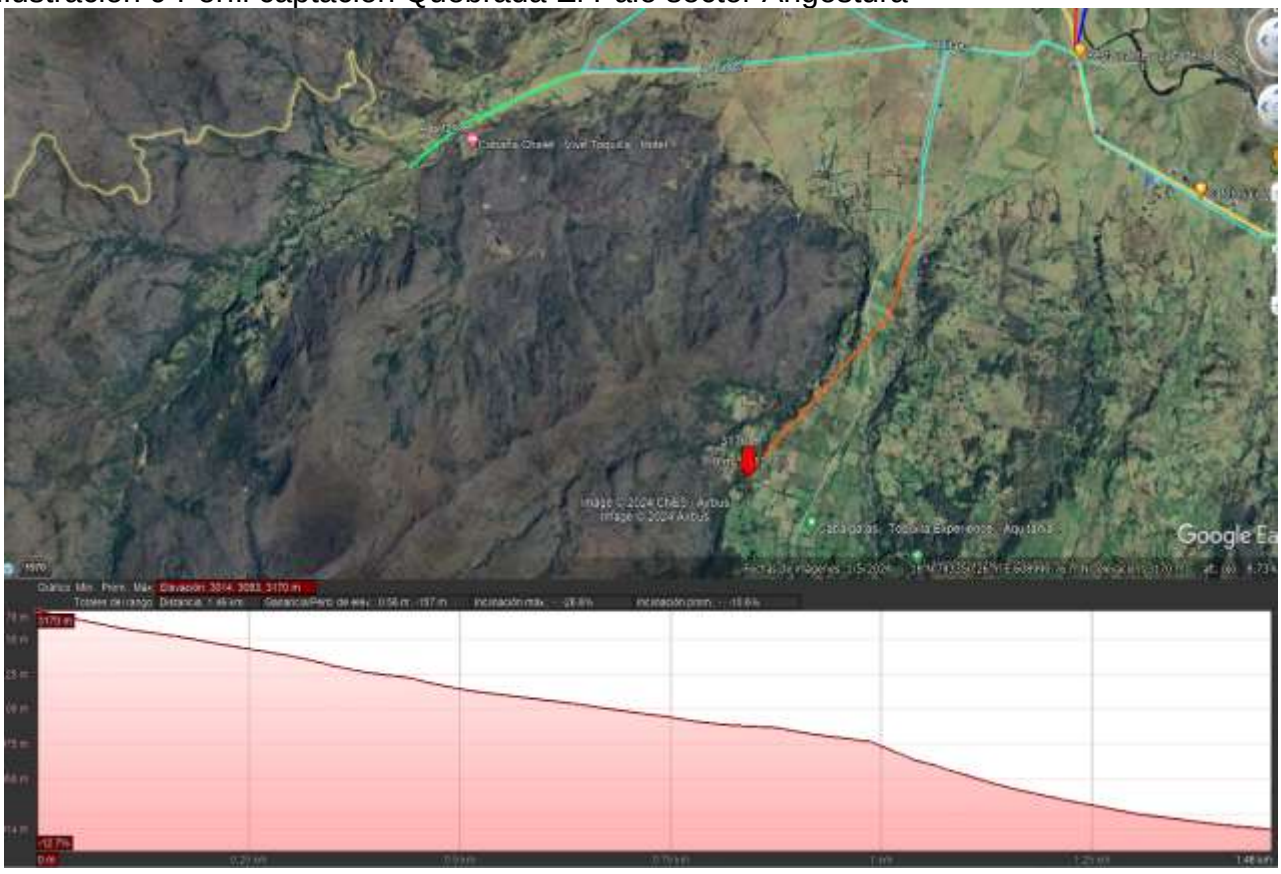
Fuente: Estudio

La Alternativa No 3 es una buena alternativa, la fuente hídrica cuenta con la capacidad de abastecimiento suficiente, sobre esta alternativa existe un sistema de acueducto que cuenta con Junta de Acción para la prestación del servicio, cuenta con concesión que requiere ser actualizada para ampliar el caudal en aproximadamente 2.5 LPS, existe una red que por su material y por el paso del tiempo requiere reposición, esta alternativa cuenta con un predio disponible para el sistema de tratamiento de agua potable y el sistema de almacenamiento de agua, las redes principales se proyectan por vías y caminos de servidumbre que no requieren permisos adicionales en predios privados, el sistema proyectado puede funcionar por gravedad para lo cual disminuye significativamente costos en su operación y mantenimiento de lo contrario a las alternativas 1 y 2, que sus costos operativos y de mantenimiento son mayores, por otro lado la calidad del agua es buena por lo que disminuye

los costos en el sistema de tratamiento y puede funcionar por gravedad a excepción del suministro de químicos que requiere la planta para sus procesos de tratamiento, por ultimo existe un inconveniente con personas que se dedican a actividades agrícolas y piscícolas que no están de acuerdo con captar el recurso hídrico de esta quebrada, aun cuando tiene la capacidad suficiente y es una de las mejores alternativas.

4.1.3 Alternativa No 4

Ilustración 9 Perfil captación Quebrada El Palo sector Angostura



Fuente: estudio

Tabla 7. Características de la Fuente de captación

Fuente	Quebrada El Palo sector Angostura
Altura Aprox.	3177 m.s.n.m.
Longitud a red de distribución	2290 ml
Funcionamiento	Por gravedad
Existe Bocatoma	No
Existe Concesión	No
Existe línea de aducción	No
Existe PTAP	No
Existe Tanque de Almacenamiento	No
Existe línea de conducción	existe tubería para 10 usuarios aprox. (privada)

Fuente: Estudio

Ilustración 10 Área de la Cuenca de la Quebrada El Palo sector Angostura



Fuente: estudio

La cuenca de estudio tiene un área aproximada de 767 Ha en zona de paramo de vegetación de frailejones.

Tabla 8. Ventajas y desventajas Alternativa No 4

Ventajas	Desventajas
Regular a mala capacidad hidrológica en época de verano	Requiere sistemas reductores de presión
Calidad de la fuente hídrica buena (cuencas con vegetación)	Requiere compra de lotes para construir desarenador, PTAP y Tanque de Almacenamiento
Calidad del agua buena	Existen inconvenientes sociales con usuarios que captan agua para uso industrial - comercial
El sistema funciona por gravedad	Requiere permiso de intervención de cauce
Capacidad de abastecimiento 90%	Requiere permiso de intervención de cauce
No Requiere permisos ambientales	Requiere permisos de servidumbre
	El recorrido de operación del fontanero es aproximadamente de 2 km

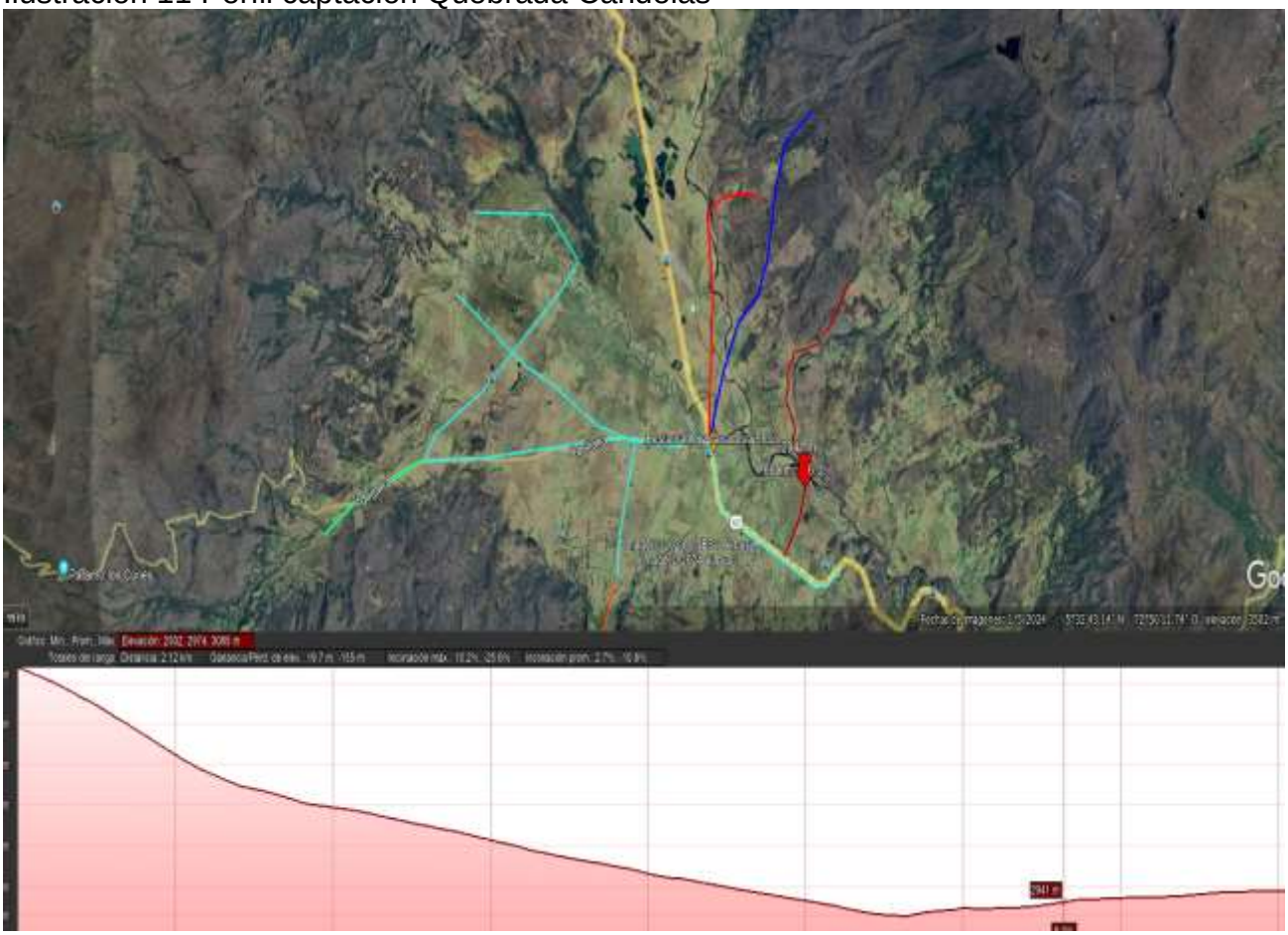
Fuente: Estudio

La Alternativa No 4 se encuentra localizada en una quebrada que cuenta con la altura suficiente para abastecer de agua a los habitantes del sector de la vereda Toquilla, sin embargo la cuenca de la quebrada El Palo no es suficiente para captar el agua y por lo tanto no cuenta con la capacidad de agua suficiente en época de verano, , la fuente hídrica cuenta con la capacidad de abastecimiento suficiente, sobre esta alternativa existe un sistema de acueducto que cuenta con Junta de Acción para la prestación del servicio, cuenta con concesión que requiere ser actualizada para ampliar el caudal en aproximadamente 2.5 LPS, existe una red que por su material y por el paso del tiempo requiere reposición, esta alternativa cuenta con un predio disponible para el sistema de tratamiento de agua potable y el sistema de almacenamiento de agua, las redes principales se proyectan por vías y caminos de servidumbre que no requieren permisos adicionales en predios privados, el sistema proyectado puede funcionar por gravedad para lo cual disminuye significativamente costos en su operación y mantenimiento de lo contrario a las alternativas 1 y 2, que sus costos operativos y de mantenimiento son mayores, por otro lado la calidad del agua es buena por lo que disminuye los costos en el sistema de tratamiento y puede funcionar por gravedad a excepción del suministro de químicos que requiere la planta para sus procesos

de tratamiento, por ultimo existe un inconveniente con personas que se dedican a actividades agrícolas y piscícolas que no están de acuerdo con captar el recurso hídrico de esta quebrada, aun cuando tiene la capacidad suficiente y es una de las mejores alternativas.

4.1.4 Alternativa No 5

Ilustración 11 Perfil captación Quebrada Candelas



Fuente: estudio

Tabla 9. Características de la Fuente de captación

Fuente	Quebrada Candelas
Altura Aprox	3090 m.s.n.m.
Longitud a red de distribución	2106 ml
Funcionamiento	Por gravedad
Existe Bocatoma	No
Existe Concesión	No
Existe línea de aducción	No
Existe PTAP	No
Existe Tanque de Almacenamiento	No
Existe línea de conducción	No

Fuente: Estudio

Ilustración 12 Área de la cuenca de la Quebrada Candelas



Fuente: estudio

La cuenca de estudio tiene un área aproximada de 175 Ha en zona de paramo de vegetación de frailejones, zona de protección ambiental de recarga hídrica.

Tabla 10. Ventajas y desventajas Alternativa No 5

Ventajas	Desventajas
Amplia capacidad hidrológica	Requiere permisos ambientales por estar en un parque de páramos
Calidad de la fuente hídrica buena	Requiere permiso de concesión de agua
Calidad del agua buena	Requiere permisos de intervención de cauce
El sistema funciona por gravedad	Requiere permisos de servidumbre por un trayecto de más de 2 km
Capacidad de abastecimiento 95%	Requiere transporte de materiales a lomo de mula para la construcción
	El recorrido de operación del fontanero es mayor a 2km y requiere paso por río Cusiana
	Requiere pasos elevados
	Requiere sistemas reductores de presión
	Requiere compra de lotes para construir desarenador, PTAP y Tanque de Almacenamiento

Fuente: Estudio

La Alternativa No 5 tiene una fuente hídrica de buenas condiciones y buena capacidad hidráulica para abastecer a la mayor parte de los usuarios del sector, sin embargo, no cuenta con todos los permisos necesarios para poder realizar la construcción del acueducto y la infraestructura que se requiere exige un presupuesto amplio e ingeniería detallada para que el sistema funcione con la normatividad vigente.

5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE CAPTACIÓN DE AGUA

Para la evaluación de las alternativas del sistema de acueducto de la vereda Toquilla, municipio de Aquitania, se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

Económico: Costo de construcción, costo de operación y costo de mantenimiento

Ambiental: Permisos necesarios para la construcción de la bocatoma y la red de aducción y conducción hasta la PTAP proyectada, así como la red de distribución requerida para abastecer a la mayor parte de los usuarios o viviendas que existen en el corregimiento de Toquilla.

Social: Permisos de servidumbre, compra de terrenos y conflictos de interés por parte de la comunidad.

5.1 Evaluación de las alternativas – Componente Económico

Para la evaluación de las alternativas por el componente económico, se da el puntaje máximo de 10 puntos a la alternativa más económica, y se sigue el puntaje de acuerdo con el valor de construcción, al costo de mantenimiento anual y consto de operación anual, de acuerdo con lo anterior se presenta la siguiente tabla.

Tabla 11. Evaluación de las alternativas mediante el componente económico

Alternativas	**1 (Q. La Chagua)**	**2 (Río Cusiana)**	**3 (Q. El Aliso)**	**4 (Q. El Palo)**	**5 (Q. de Laguna)**
Costo de construcción	(El costo no incluye AIU)				
Captación - Desarenador	$ 30.000.000	$ 90.000.000	$ 30.000.000	$ 30.000.000	$ 30.000.000
Sistema de Bombeo		$ 70.673.179			
Cuarto Eléctrico		$ 10.763.746			
Impulsión		$ 104.384.288			
PTAP y obras complementarias	$ 193.099.299	$ 193.099.299	$ 193.099.299	$ 193.099.299	$ 193.099.299
Tanque de Almacenamiento	$ 144.941.689	$ 144.941.689	$ 144.941.689	$ 144.941.689	$ 144.941.689
Aducción - Conducción	$ 176.865.605	$ 150.634.473	$ 24.187.299	$ 177.561.396	$ 164.907.788
Red de Distribución	$ 786.533.725	$ 786.533.725	$ 786.533.725	$ 786.533.725	$ 786.533.725

Alternativas	1 (Q. La Chagua)	2 (Río Cusiana)	3 (Q. El Aliso)	4 (Q. El Palo)	5 (Q. de Laguna)
Subtotal	$ 1.331.440.317	$ 1.551.030.398	$ 1.178.762.011	$ 1.332.136.108	$ 1.319.482.500
PUNTOS	8,85	7,60	10,00	8,85	8,93
Costo de mantenimiento anual	(El costo no incluye AIU)				
Captación	$ 2.000.000	$ 2.000.000	$ 3.800.000	$ 2.000.000	$ 2.000.000
Sistema de Bombeo		$ 7.067.318			
Cuarto Eléctrico		$ 1.614.562			
Impulsión		$ 12.000.000			
PTAP y obras complementarias	$ 35.600.000	$ 35.600.000	$ 35.600.000	$ 35.600.000	$ 35.600.000
Tanque de Almacenamiento	$ 5.000.000	$ 5.000.000	$ 5.000.000	$ 5.000.000	$ 5.000.000
Aducción - Conducción	$ 8.843.280	$ 7.531.724	$ 1.209.365	$ 8.878.070	$ 8.245.389
Red de Distribución	$ 3.932.669	$ 3.932.669	$ 3.932.669	$ 3.932.669	$ 3.932.669
Subtotal	$ 55.375.949	$ 74.746.272	$ 49.542.034	$ 55.410.738	$ 54.778.058
PUNTOS	8,95	6,63	10,00	8,94	9,04
Costo de Operación anual	(El costo no incluye AIU)				
Captación	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000
Sistema de Bombeo		$ 2.652.000			
Cuarto Eléctrico		$ 2.652.000			
Impulsión		$ 2.652.000			
PTAP y obras complementarias	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000
Tanque de Almacenamiento	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000
Aducción - Conducción	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000

Alternativas	1 (Q. La Chagua)	2 (Río Cusiana)	3 (Q. El Aliso)	4 (Q. El Palo)	5 (Q. de Laguna)
Red de Distribución	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000	$ 4.420.000
Subtotal	$ 22.100.000	$ 30.056.000	$ 22.100.000	$ 22.100.000	$ 22.100.000
PUNTOS	10,00	7,35	10,00	10,00	10,00

TOTAL costo	$ 1.408.916.266	$ 1.655.832.670	$ 1.250.404.045	$ 1.409.646.846	$ 1.396.360.558
PUNTOS	**27,80**	**21,58**	**30,00**	**27,79**	**27,98**

Fuente: Estudio

5.2 Evaluación de las alternativas – Componente Ambiental

Para la evaluación ambiental de las alternativas se da un puntaje al componente que requiere intervención o algún tipo de permiso, teniendo en cuenta que el sector es un páramo protegido y existen especies como el frailejón que son protegidos ambientalmente algún componente de construcción puede requerir la intervención ambiental o afectar el ecosistema, por ello la alternativa que menos puntaje tenga es la más viable pues requiere menor intervención ambiental y menos permisos ambientales.

Tabla 12. Evaluación de las alternativas mediante el componente ambiental

Alternativas	1 (Q. La Chagua)	2 (Río Cusiana)	3 (Q. El Aliso)	4 (Q. El Palo)	5 (Q. Candelas)
Ambiental - afectaciones Prediales	(El costo no incluye AIU)				
Concesión de agua	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Ocupación de cauce	1.00	2.00	0.00	0.00	1.00
Punto Eléctrico	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Predio cuarto eléctrico	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Servidumbre impulsión	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Predio PTAP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Predio Tanque de Almacenamiento	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Alternativas	1 (Q. La Chagua)	2 (Río Cusiana)	3 (Q. El Aliso)	4 (Q. El Palo)	5 (Q. Candelas)
Servidumbres aducción conducción	10.00	10.00	0.00	8.00	10.00
Afectación zonas protegidas	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Capacidad hidráulica en tiempo seco	2.00	1.00	3.00	5.00	2.00
Subtotal	17.00	20.00	5.00	16.00	17.00
PUNTOS	2.94	2.50	10.00	3.13	2.94

TOTAL, puntos negativos	17.00	20.00	5.00	16.00	17.00
PUNTOS	**2.94**	**2.50**	**10.00**	**3.13**	**2.94**

Fuente: Estudio

5.3 Evaluación de las alternativas – Componente Social

Para el componente social se dan puntos negativos a los posibles problemas sociales que se pueden presentar en cada actividad a desarrollar, para lo cual la alternativa que tenga menos puntos negativos se asigna un puntaje máximo de 10 puntos a favor de la alternativa, y se afectan de acuerdo con la cantidad de puntuación negativa que presente cada alternativa, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 13. Evaluación de las alternativas mediante el componente social

Alternativas	1 (Q. La Chagua)	2 (Río Cusiana)	3 (Q. El Aliso)	4 (Q. El Palo)	5 (Q. Candelas)
Social - Predial permisos de servidumbre	(El costo no incluye AIU)				
Concesión de agua - conflictos con comunidad	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Ocupación de cauce - conflictos con comunidad	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00

Alternativas	1 (Q. La Chagua)	2 (Río Cusiana)	3 (Q. El Aliso)	4 (Q. El Palo)	5 (Q. Candelas)
Punto Eléctrico - extensión de cableado	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Predio cuarto eléctrico - dificultad en compra de predios	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
dificultad en permisos de servidumbre impulsión	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Predio PTAP - dificultad en compra de predios	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Predio Tanque de Almacenamiento - dificultad en compra de predios	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Servidumbres aducción conducción - dificultad en permisos de servidumbre	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Afectación zonas protegidas - Permisos con entidades correspondientes	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Subtotal	4.00	8.00	5.00	4.00	4.00
PUNTOS	**10.00**	**5.00**	**8.00**	**10.00**	**10.00**

TOTAL, puntos negativos	4.00	8.00	5.00	4.00	4.00
PUNTOS	**10.00**	**5.00**	**8.00**	**10.00**	**10.00**

Fuente: Estudio

5.4 Evaluación de las alternativas – Criterio de Riesgos

Para el componente por criterio de riesgos se dan puntos negativos a los posibles riesgos que se pueden presentar en cada actividad a desarrollar, para lo cual la alternativa que tenga menos puntos negativos se asigna un puntaje máximo de 10 puntos a favor de la alternativa, y se afectan de acuerdo con la cantidad de puntuación negativa que presente cada alternativa, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 14. Evaluación de las alternativas mediante el criterio de riesgos

Alternativas	**1 (Q. La Chagua)**	**2 (Río Cusiana)**	**3 (Q. El Aliso)**	**4 (Q. El Palo)**	**5 (Q. Candelas)**
Componente	(puntaje depende de la dificultad de la construcción y el riesgo por la ubicación de cada componente, a menor puntaje mayor el riesgo)				
Construcción de Captación	2.00	5.00	0.00	2.00	3.00
Construcción de Sistema de Bombeo	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
Construcción de Cuarto Eléctrico	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
Construcción de Impulsión	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
Construcción de PTAP y obras complementarias	2.00	3.00	2.00	2.00	3.00
Construcción de Tanque de Almacenamiento	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00
Construcción de Aducción - Conducción	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Construcción de Red de Distribución	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Subtotal	10.00	30.00	7.00	9.00	12.00
PUNTOS	7.00	2.33	10.00	7.78	5.83

Fuente: Estudio

5.5 Total Puntaje por cada alternativa

La alternativa con mayor puntaje es la escogida para el diseño final de la alternativa, teniendo en cuenta los factores económicos de construcción, mantenimiento y operación, la evaluación ambiental, social y los riesgos en la etapa de construcción de cada alternativa.

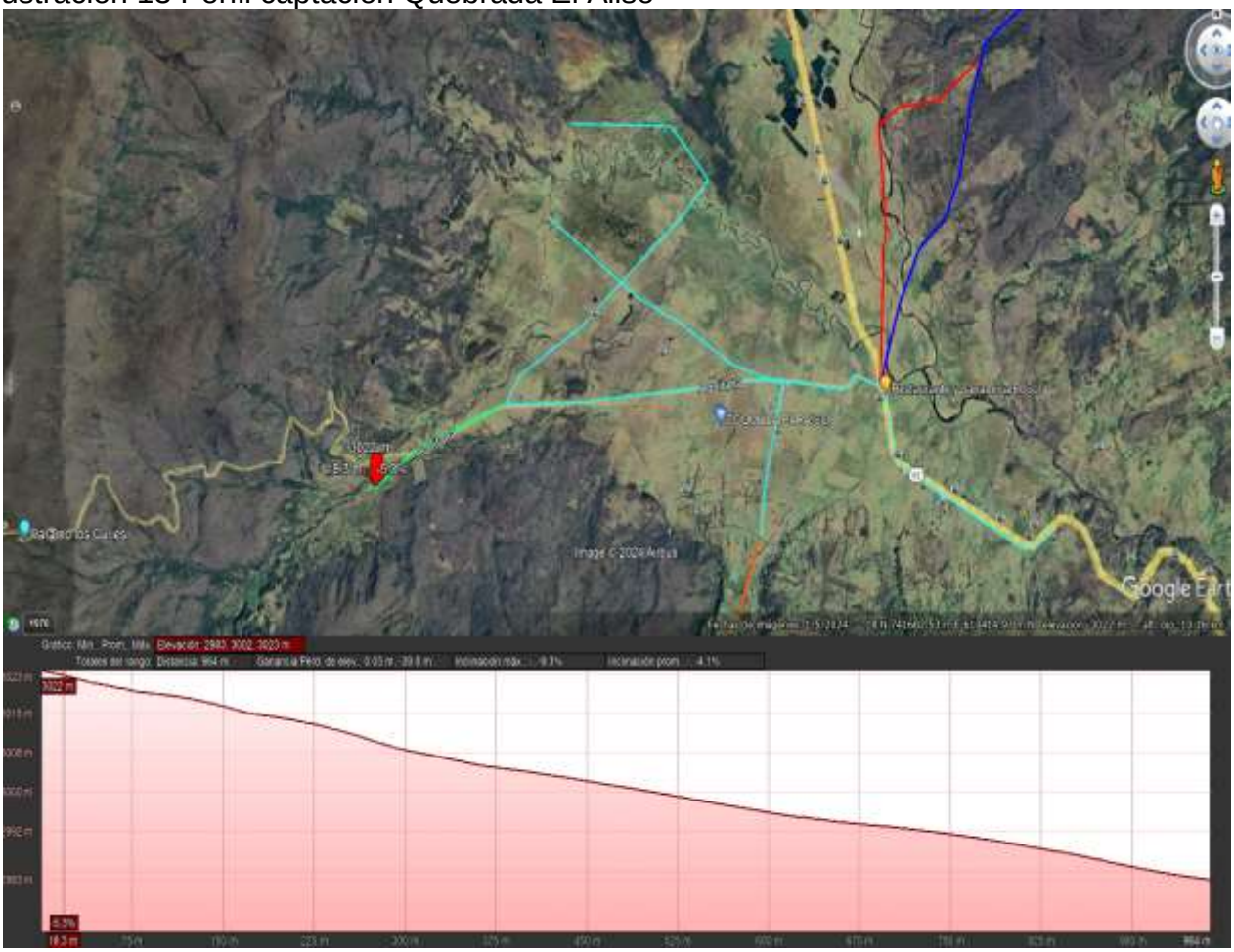
Tabla 15. Evaluación de las alternativas mediante el criterio de riesgos

Alternativas	**1 (Q. La Chagua)**	**2 (Río Cusiana)**	**3 (Q. El Aliso)**	**4 (Q. El Palo)**	**5 (Q. de Laguna)**
Económico	27,80	21,58	30,00	27,79	27,98
Ambiental	2,94	2,50	10,00	3,13	2,94
Social	10,00	5,00	8,00	10,00	10,00
TOTAL PUNTOS	40,74	29,08	48,00	40,91	40,92
ORDEN DE LAS ALTERNATIVAS	**4**	**5**	**1**	**3**	**2**

6. COSTOS DE ALTERNATIVA ESCOGIDA

6.1 Costo Operación y Mantenimiento Alternativa No 3

Ilustración 13 Perfil captación Quebrada El Aliso



Fuente: estudio

La Alternativa Noúltimola alternativa seleccionada, la fuente hídrica cuenta con la capacidad de abastecimiento suficiente, sobre esta alternativa existe un sistema de acueducto que cuenta con Junta de Acción para la prestación del servicio, cuenta con concesión que requiere ser actualizada para ampliar el caudal en aproximadamente 2.5 LPS, existe una red que por su material y por el paso del tiempo requiere reposición, esta alternativa cuenta con un predio disponible para el sistema de tratamiento de agua potable y el sistema de almacenamiento de agua, las redes principales se proyectan por vías y caminos de servidumbre que no requieren permisos adicionales en predios privados, el sistema proyectado puede funcionar por gravedad para lo cual disminuye significativamente costos en su operación y mantenimiento, por otro lado la calidad del agua es buena por lo que

disminuye los costos en el sistema de tratamiento y puede funcionar por gravedad a excepción del suministro de químicos que requiere la planta para sus procesos de tratamiento, por ultimo existe un inconveniente con personas que se dedican a actividades agrícolas y piscícolas que no están de acuerdo con captar el recurso hídrico de esta quebrada, aun cuando tiene la capacidad suficiente y es una de las mejores alternativas.

Sistema de Acueducto Q. El Aliso	**Recurso Humano**	**Insumos**	**Herramienta menor**	**Total $ Anual**
Salario Minimo año 2025	$ 1.423.500			
Auxilio de Transporte 2025	$ 200.000			
Parafiscales	$ 1.110.330			
Costo de Operación anual				
Rejilla	$ 820.149		$ 120.000	$ 940.149
Captación	$ 820.149		$ 120.000	$ 940.149
Linea de Aducción y Conducción	$ 820.149	$ 500.000	$ 120.000	$ 1.440.149
Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP	$ 4.100.745	$ 1.500.000	$ 300.000	$ 5.900.745
Caseta de Operación	$ 1.640.298	$ 300.000	$ 120.000	$ 2.060.298
Sistema Electrico Solar	$ 1.640.298	$ 500.000	$ 500.000	$ 2.640.298
Tanque de Almacenamiento	$ 820.149	$ 300.000	$ 120.000	$ 1.240.149
Red de Distribución	$ 3.280.596	$ 1.500.000	$ 300.000	$ 5.080.596
Valvulas de control	$ 820.149	$ 300.000	$ 120.000	$ 1.240.149
Válvulas Reductoras de Presión	$ 1.640.298	$ 300.000	$ 120.000	$ 2.060.298
TOTAL COSTO OPERACIÓN ANUAL				**$ 23.542.980**
Costo de mantenimiento anual				
Rejilla	$ 820.149		$ 120.000	$ 940.149
Captación	$ 820.149		$ 120.000	$ 940.149
Linea de Aducción y Conducción	$ 820.149		$ 120.000	$ 940.149
Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP	$ 4.100.745		$ 300.000	$ 4.400.745
Caseta de Operación	$ 1.640.298		$ 120.000	$ 1.760.298
Sistema Electrico Solar	$ 1.640.298		$ 500.000	$ 2.140.298
Tanque de Almacenamiento	$ 820.149		$ 120.000	$ 940.149

Sistema de Acueducto Q. El Aliso	Recurso Humano	Insumos	Herramienta menor	Total $ Anual
Red de Distribución	$ 3.280.596		$ 300.000	$ 3.580.596
Valvulas de control	$ 820.149		$ 120.000	$ 940.149
Válvulas Reductoras de Presión	$ 1.640.298		$ 120.000	$ 1.760.298
TTOTAL COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL				**$ 18.342.980**
TOTAL COSTO OP Y MANT.				**$ 41.885.960**

7. CONCLUSIONES

De acuerdo con las alternativas que se presentaron en el presente informe la alternativa más costosa es la del rio Cusiana toda vez que requiere un sistema de bombeo para poder llevar el recurso a los usuarios de la vereda Toquilla.

Existe un sistema de acueducto que cuenta con junta administradora del acueducto y una concesión que debe ser actualizada sobre la Quebrada El Aliso (Alternativa 3), cuenta con una captación mediante un tubo de 3", cuenta con una aducción en tubería PVC de 3" y un tanque en concreto de 20m3 en regular estado, además de una red de distribución en tubería de baja presión.

La alternativa No 3 de la Quebrada el Aliso cuenta con un problema en la zona de captación a causa de personas externas que no permiten el ingreso ni desean que el proyecto se realice por lo tanto es importante que en la ejecución del proyecto existan las garantías suficientes y exista la presencia de las autoridades competentes como Corpoboyacá, municipal y de seguridad.

Las alternativas 1, 4 y 5 son buenas alternativas en cuanto a capacidad hidráulica de las fuentes de abastecimiento, sin embargo, no se cuentan con predios disponibles para la construcción de bocatoma – desarenador – PTAP – Tanque de almacenamiento, ni se cuentan con permisos de servidumbre para la construcción de las redes de aducción y conducción hasta la red de distribución.

Por lo tanto, la presente consultoría recomienda que se realice la ampliación del acueducto aprovechando los recursos disponibles e infraestructura existente para ampliar la cobertura del suministro de acueducto a la vereda Toquilla (Alternativa No 3).

Una vez se cuente con el sistema de acueducto construido es necesario que la junta administradora del acueducto realice un estudio tarifario con el fin de garantizar los recursos para la operación y mantenimiento del sistema del acueducto, aso como la parte administrativa de la junta administradora del acueducto.

Los precios aproximados del presente estudio pueden variar de acuerdo con los precios del mercado vigentes, es necesario tener en cuenta el año de inicio del proyecto y los precios vigentes.

EDGAR LEONARDO PRECIADO MORALES
Ingeniero Civil
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
T.P. 15202221700BYC