



Ingeniero Civil  
Especialista en Gerencia de Proyectos  
Magíster en Ingeniería

**PROPUESTA TECNICO - ECONOMICA –  
ESTUDIOS DE ZONIFICACIÓN DE  
LA AMENAZA Y RIESGO POR INUNDACION  
BOX CULVERT**

**MUNICIPIO DE RIOSUCIO – CALDAS**

**MAURICIO A. QUICENO CARDONA  
INGENIERO CIVIL**

OCTUBRE- 2020



## JUSTIFICACION Y PROBLEMÁTICA

Los efectos de la variabilidad climática en nuestra región hacen que las temporadas invernales estén acompañadas de eventos extremos cada vez más fuertes y frecuentes; que requieren de mecanismos adecuados para tratar de mitigar los efectos adversos sobre la población.

Los estudios que realiza el componente de Hidrología e Hidráulica requieren consistencia, homogeneidad y robustez en la información, por lo que la recopilación, análisis y procesamiento de la información disponible para el proyecto se convierte en una tarea fundamental, ya que si la calidad y la cantidad de información utilizada para el proyecto es buena los resultados serán igualmente buenos.

La Hidrología Moderna se ha caracterizado por ser una de las ciencias de la tierra que siempre ha impulsado el conocimiento partiendo de diferentes áreas del conocimiento. En términos generales se puede decir que, desde su inicio, el estudio de la Hidrología ha tenido una base más empírica, pero gracias a los avances en el entendimiento de la física de los diferentes procesos hidrológicos y más recientemente debido al uso de computadores y de los Sistemas de Información Geográfica SIG, se dispone hoy día de una Hidrología más completa que representa de forma más realista el comportamiento del ciclo del agua en cuencas hidrográficas.

Los estudios hidráulicos se realizan a partir de los resultados del estudio hidrológico y la topografía detallada del terreno, para este caso particular se modela el tramo estudiado con herramientas de sistemas de información geográfica SIG, más específicamente el HECRAS y/o IBER en el cual se pre procesa toda la información geográfica y de geoforma del cauce, se trazan las secciones y se definen las diferentes estructuras hidráulicas presentes en la zona de estudio; insumos que alimentan el modelo hidráulico HEC-RAS, mundialmente utilizado para este tipo de estudios, permitiendo establecer los niveles de inundación, las velocidades de flujo total en los cauces de estudio en el municipio para los diferentes periodos de retorno.

En términos generales los estudios hidrológicos e hidráulicos, establecen herramientas de apoyo para la solución de problemas ambientales en cauce y cuencas de nuestra región, ya sea mediante la toma de decisiones de protección y preservación, o realizando diseños óptimos de estructuras de mitigación del riesgo.

En la actualidad el municipio de **RIOSUCIO** es atravesado por diferentes fuentes superficiales, canalizadas en su época por medio de ductos de sección abovedada construidas en mampostería, dichas estructuras cuentan ya con más de 50 años.

Debido a la pobre planificación municipal del pasado, se permitió la edificación de algunas viviendas sobre las estructuras hidráulicas (Canales Abovedados – Box Culvert), en el presente dichas estructuras han colapsado en diferentes tramos, comprometiendo y poniendo en alto de riesgo de colapso la mayoría de la infraestructura existente (Vías, Edificaciones de 1,2,3 pisos de altura); se especula en una primera aproximación acerca de las causales y nivel de riesgo de los daños generados recientemente por dichas estructuras que serán materia de estudio y se tienen en evaluación las siguientes consideraciones.

- Longevidad de infraestructura existente
- Propiedades mecánicas de los materiales utilizados
- Sobre carga de las estructuras hidráulicas por llenos y construcciones antrópicas
- Condiciones de flujo a presión y capacidad hidráulica
- Comportamiento hidrológico de las microcuencas.

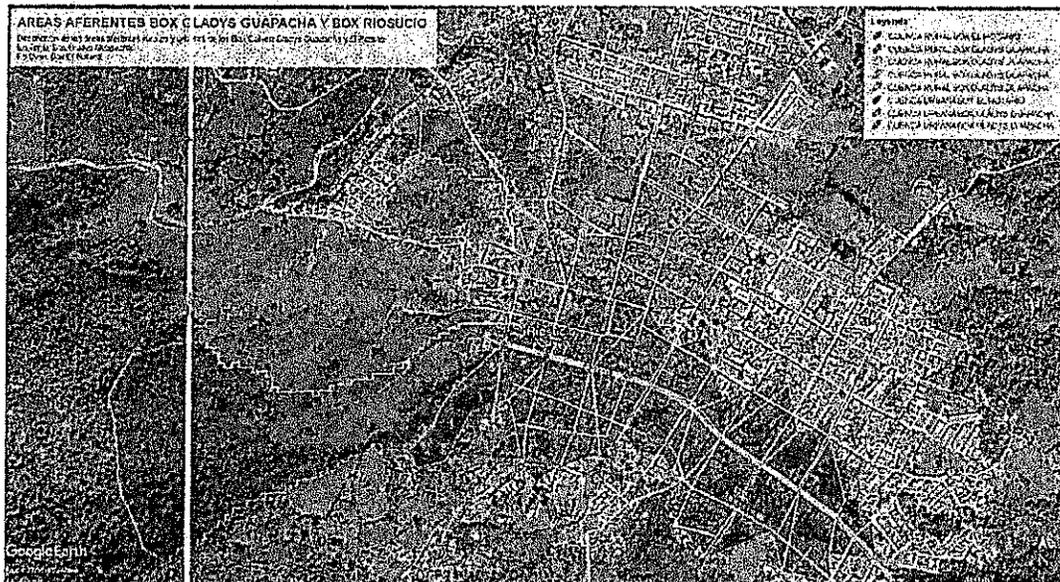
Por lo anteriormente descrito, se evidencia la necesidad de realizar un estudio técnico económico para la rehabilitación del box culvert el ROTARIO 1200m y 170m Box Gladys Guapacha en el municipio de Riosucio, este box protagonizó un fallo por socavación en la CLL6 con CRA8 en el año 2017, llevando más allá de toda duda la necesidad inmediata de realizar los estudios de diagnóstico y optimización de la estructura hidráulica.

#### OBJETIVO:

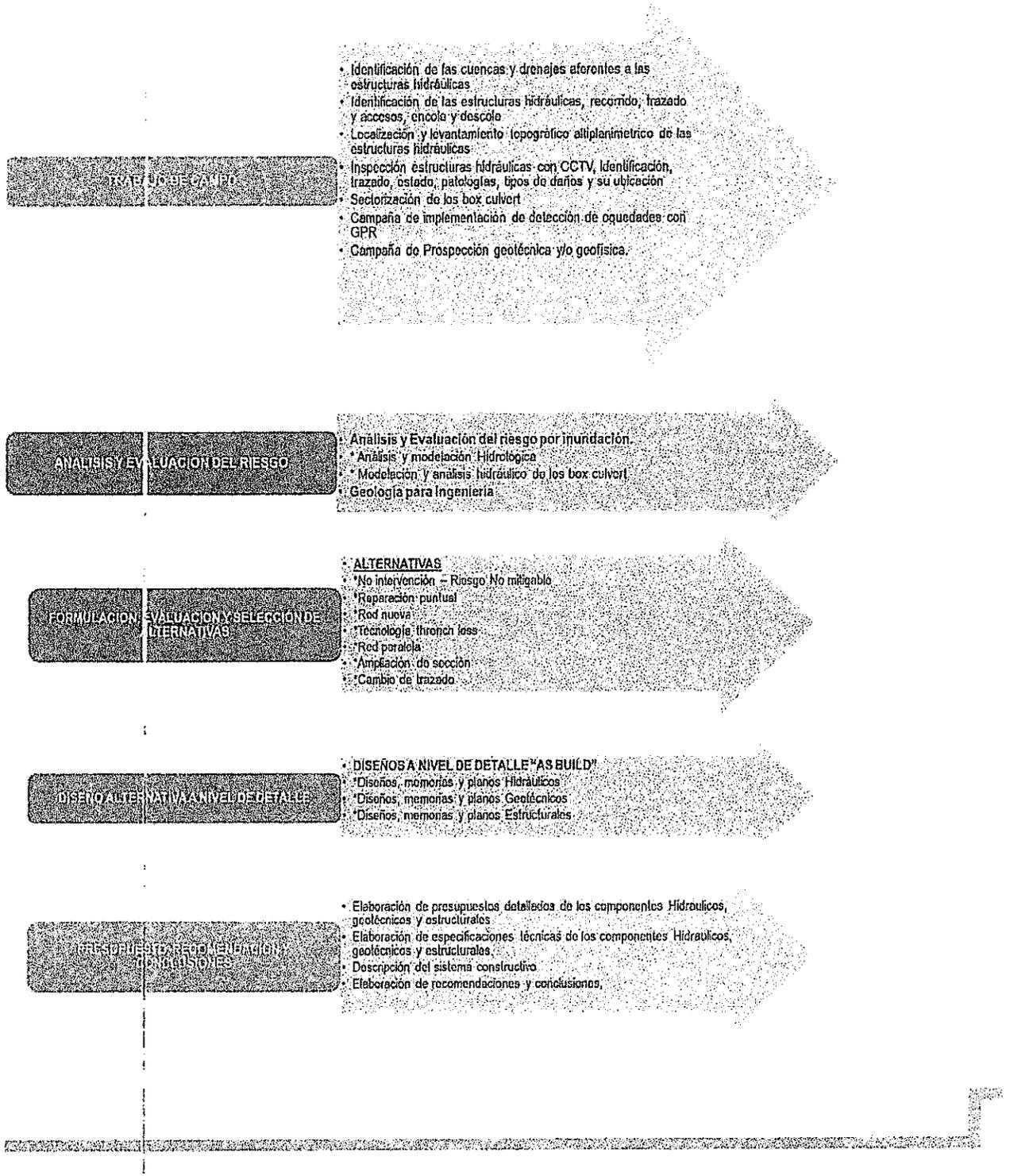
- Realizar los estudios de diagnóstico y diseño de los componentes hidrológicos - hidráulicos, topográficos, estructurales, geotécnicos - geológicos con sus respectivos diseños y recomendaciones para el manejo de aguas lluvias, para la cuenca aferente al Box Culvert quebrada el ROTARIO y los tributarios al Box culvert Gladys Guapacha en el municipio Riosucio, Caldas.

#### ALCANCE:

La zona de estudio está ubicada en el municipio de Riosucio departamento de Caldas, tal y como se observa en la siguiente figura; específicamente para el área aferente del box culvert el rotario y del box Gladys guapacha, así como la misma infraestructura desde su inicio hasta su descole.



## PROPUESTA METODOLOGICA





## 1. DEFINICION DEL TRABAJO DE CAMPO Y COMPONENTE DE TOPOGRAFIA E INSPECCIÓN DE LA ESTRUCTURA HIDRAULICA 1200M BOX CULVERT EL ROTARIO – 900M GLADYS GUAPACHA

En primer lugar, es importante identificar y cuantificar los daños de la red. De acuerdo con la información recibida, se cuenta con varios tramos de box culvert con dimensiones y materiales variables. Por lo tanto, el primer paso hacia la solución es hacer un diagnóstico que permita evaluar a plenitud el grado de deterioro de los mismos y que sirva de herramienta para que los diseñadores o consultores puedan proponer las intervenciones requeridas según el tipo de daños encontrados, los métodos aplicables y las consideraciones hidráulicas y geotécnicas del caso.

Posiblemente, los tramos colapsados, aquellos con amenaza de colapso, con problemas operacionales como filtraciones y los tramos recientemente construidos ameriten acciones diferentes, es decir, no es conveniente considerar de manera preliminar que una sola alternativa sea la que aplique para intervenir todos los tramos del box culvert.

En el trabajo de campo se realizarán las siguientes actividades.

- **LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ALTIPLANIMETRICO**  
Se definirá, localización y levantamiento topográfico exacto del tramo de box culvert en planta y perfil, determinado la longitud de cada segmento, curvas, sección transversal exacta, materiales de construcción, tanto en la superficie como en el interior de la estructura hidráulica.
- **AEROFOTOGRAFIA**  
Vuelos con tecnología **RPAS** (del inglés Remotely Piloted Aircraft System) para recopilar información morfológica de las cuencas aferentes y así misma información del trazado del box Culvert y complementar el estudio topográfico, hidrológico.
- **INSPECCION IN SITU Y DIRECTA**  
Consiste en ingresar personal, con las debidas medidas de protección aquellos sitios donde la sección de la estructura y los niveles de flujo lo permitan
  - Se desarrollará una toma de vídeo en alta definición de la inspección de cada tramo de box culvert que sea accesible.
  - Informe de los daños operacionales y estructurales encontrados en el box culvert inspeccionado y su ubicación.
  - Identificación de dónde están y cómo son los accesos a cada tramo de box culvert.
  - Estado actual estructural y operativo de cada tramo del box culvert.
  - Ubicación de daños, zonas colapsadas.
  - Ingreso de personal al box culvert a través de los accesos disponibles.
  - Inspección CCTV (Cámara de circuito cerrado de televisión).
  - Inspección con personal experto al interior del box culvert para realizar un levantamiento topográfico y una televisación de cada uno de los tramos.
  - Identificación de cruces con otras redes subterráneas en los puntos donde se planten intervenciones.
  - Para el acceso de personal, se contará con un sistema de ventilación forzada, iluminación, radios de comunicación y detectores de gases. Los trabajos deberán realizarse en ausencia de lluvias y serán suspendidos ante la amenaza de lluvia.

- **MAPEO SUBTERRANEO CON TECNOLOGIA GPR y METODOS GEOFISICOS**

Se busca obtener información acerca del estado actual del box culvert de manera no invasiva.

Las estructuras en cuestión han estado en funcionamiento por más de 70 años de manera ininterrumpida, por lo que surge la necesidad de realizar estudios que den a conocer un diagnóstico sobre su deterioro a causa de factores como la erosión prolongada por el flujo de agua, contacto permanente con material orgánico, falta de mantenimiento, entre otras causas. Los resultados de este estudio servirán como insumo para posteriormente determinar la alternativa técnica y económica más conveniente para la intervención de dichas estructuras.

Los dos colectores, de sección aproximada 1,5 m \* 1,5 m construidos en mayor medida en mampostería, recorren una longitud total de 1.300 m en el box Rotario y 170 m en el box Guapacha, ambos colectores nacen a partir de dos quebradas en el sector occidental de la cabecera municipal teniendo su descole por fuera del área urbana hacia la quebrada Sipirra.

Se identificarán los sitios de relevancia por la infraestructura superficial donde se escanearán 10 metros a ambos lados del eje del colector, con una profundidad de penetración de 5 metros con eficacia del 90% y de 10 metros con eficacia del 50%.

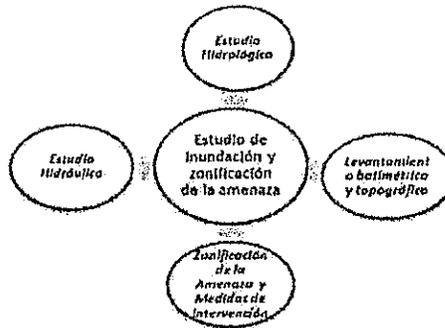
Es de suma importancia conocer con precisión, la ubicación planimétrica y altimétrica de las tuberías cercanas al colector, para evitar riesgos al momento de realizar las respectivas obras civiles, a causa de la destrucción de las mismas. Para lograr obtener un inventario real, de las utilidades confinadas dentro del área de estudio, es necesario emplear diferentes técnicas de rastreo, dependiendo de lo requerido en cada situación, se utilizan tanto equipos electromagnéticos como el geo-radar. Los resultados del rastreo se georreferenciarán mediante GNSS RTK y Fotogrametría GPS para elevar al máximo el nivel de detalles y facilitar al cliente la localización de los elementos encontrados.

- **DEFINICION DEL TRABAJO GEOTECNICO Y ESTRUCTURAL**

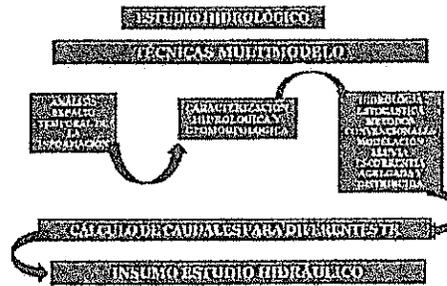
- Se determinará qué tipo de terreno circundante se presenta en el área de influencia con la ayuda de equipos de georadar con diferentes radios de penetración, se chequeará donde se tenga sospecha y evidencia de presencia de cavidades y oquedades, con base a la actividad previa de inspección de la estructura donde se delimitaron e identificaron las zonas de riesgo geotécnico.
- Se realizarán los sondeos y laboratorios de suelos conforme con los establecido en el RAS y así mismo se realizarán sondeos y ensayos de laboratorio para las zonas de interés geotécnico que determine el especialista, y se desarrollarán modelos estratigráficos de estabilidad de las singularidades halladas, para hacer la recuperación del terreno donde fuera necesario.
- Se realizará un estudio del estado estructural de las viviendas o predios en riesgo, al menos donde ya se evidenció desplazamiento del terreno, pues es necesario considerar de qué manera puede afectar a dichos predios, la intervención en el box culvert.
- Se presentará un informe de daños estructurales de la estructura existente de los box, del mismo modo se precisa que no se realicen tomas de muestras o ensayos destructivos e intrusivos.
- El tipo de ensayos, número, profundidad y toma de muestras será definido por el respectivo especialista toda vez se tenga el informe de diagnóstico de campo realizado en una etapa previa. Así mismo se determinarán las áreas que serán sondeada por con equipo GPR

- DEFINICION DEL TRABAJO HIDROLOGICO – HIDRAULICO y DE ZONIFICACION DE LA AMENAZA

Un estudio de inundación y la zonificación de la amenaza asociada comprenden la realización de unas actividades y/o estudios que sirvan de insumo para la obtención de resultados óptimos que reflejen el comportamiento real de la dinámica fluvial del río en el tramo de estudio. Los insumos bases son: a) estudio hidrológico, b) levantamiento topográfico y batimétrico, c) estudio hidráulico que requiere de los dos anteriores para su implementación, d) zonificación de la amenaza por inundación, la Figura muestra el esquema metodológico para la realización de este tipo de estudios.



Los estudios hidrológicos a su vez pueden ser abordados por diferentes metodologías que dependen del grado de complejidad de la cuenca y la información disponible de la zona en la siguiente figura, se muestra el marco metodológico de los estudios hidrológicos para estimación de caudales de crecientes en diferentes periodos de retorno.

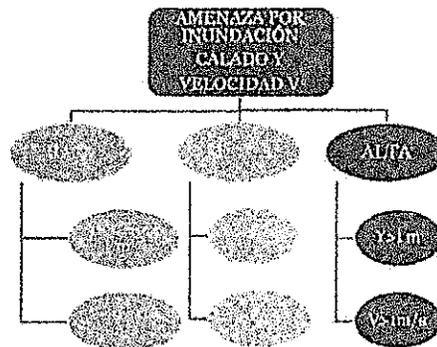


- Realizar el estudio hidrológico de las cuencas de estudio en el municipio de Riosucio, mediante modelos hidrológicos, para diferentes periodos de retorno.
- Recopilar y analizar la información hidrológica de la zona de estudio
- Creación de un modelo hidrológico en HEC - HMS

- Establecer los parámetros geomorfológicos e hidráulicos necesarios para aplicar modelación hidrológica e hidráulica en las cuencas de estudio en el municipio de Riosucio, Caldas.
- Calcular el tiempo de concentración de las cuencas de estudio en el municipio de Riosucio por diferentes metodologías.
- Realizar el estudio hidráulico de las corrientes asociadas a las cuencas de estudio en el municipio de Riosucio, mediante el modelo HEC-RAS.



- Realizar el estudio hidráulico de las estructuras hidráulicas actuales asociadas al box culverts de las cuencas de estudio en el municipio de Riosucio, mediante el modelo HEC-RAS y/o EPA SWMM
- Proponer obras que mitigan la problemática presente en cada zona de estudio.
- Realizar el estudio hidráulico de las estructuras hidráulicas proyectadas y diseñadas asociadas a box culverts de las cuencas de estudio en el municipio de Riosucio, mediante el modelo HEC-RAS y/o EPA SWMM. Esto permitirá establecer hasta qué punto puede reducirse o aumentarse el diámetro hidráulico o la capacidad de un tramo específico del box culvert por un eventual cambio de material.
- Realizar informe con sus respectivas memorias de cálculo y planos de detalle.
- La zonificación final de la amenaza se realiza en función de los resultados del estudio hidráulico que determina velocidades de flujo y calados o niveles de inundación que permiten zonificar la amenaza dentro de la zona en estudio. La siguiente Figura, muestra los valores de zonificación de amenaza por inundación en función de la velocidad y el calado.





- **ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Se realizará un análisis de las diferentes alternativas de tecnología sin zanja que puedan ser aplicadas al proyecto en estudio, mediante una matriz de selección multicriterio, donde se identificarán las tecnologías que pueden ser técnicamente viables para el proyecto y el descarte de las tecnologías que definitivamente no se ajustan técnicamente a las necesidades del proyecto.

- Se plantean algunas alternativas a evaluar.
  - \*Reparación puntual con medidas estructurales y no estructurales
  - \*Red nueva con cambio de trazado y alineamiento.
  - \*Alivios al sistema de alcantarillado
  - \*Aplicación de Tecnología trench less
  - \*Red paralela
  - \*Ampliación de sección con medidas estructurales y no estructurales

Una vez analizada y recopilada la información fruto de las diferentes actividades anteriormente expuestas, se procederá a formular alternativas de intervención dependiendo de caso en particular, se analizarán desde técnicas mineras de antaño hasta tecnologías tipo TRENCHLESS

Posteriormente se realizará una evaluación cuantitativa y cualitativa mediante la implementación de un método matricial multinivel, basado en los parámetros como: seguridad, durabilidad, operatividad, equipos, costo mínimo, características mecánicas y geométricas de cada proposición.

Finalmente se seleccionará la alternativa ganadora y a esta se le desarrollaran los respectivos diseños a nivel de detalle.





## PRODUCTOS Y ENTREGABLES.

- Carteras topográficas amarradas al sistema de coordenadas Magna Sirgas
- Planos topográficos planta, perfil y secciones de los box culverts en formato CAD, shp, kml
- Orthomosaico de los vuelos realizados por el dron.
- Videos en alta definición de la inspección de cada tramo de box culvert que sea accesible.
- Informe de los daños operacionales y estructurales encontrados en el box culvert inspeccionado y su ubicación, generados en software especializado.
- Informe de campo reportado por el equipo de georradar
- Estudios de suelos y perfiles estratigráficos debidamente georeferenciados
- Modelaciones geotécnicas, tratamiento de cárcavas y oquedades
- Diseños geotécnicos a nivel de detalle
- Evaluaciones y modelaciones estructurales
- Diseños estructurales a nivel de detalle
- Estudios y modelaciones hidrológicas de las microcuencas en estudio
- Estudios y modelaciones a nivel de diagnóstico de las estructuras hidráulicas en estudio
- Estudios y modelaciones a nivel de diseño de las estructuras hidráulicas respectivas
- Planos hidráulicos a nivel de detalle.
- Formulación, Análisis, selección y evaluación de alternativas
- Planos "as build" de los componentes Hidráulicos, estructurales y geotécnicos.
- Especificaciones técnicas completas
- Cantidades de obra
- Presupuesto y APU
- Cronograma de obra

## OBSERVACIONES:

- Se considera que los Box Culvert a inspeccionar tienen aproximadamente 1,60m de altura y permiten el paso de personas.
- La presente oferta no incluye manejo de aguas, lavado o limpieza ni levantamiento en zonas con colapsos o empozamiento de aguas que impidan el paso de los equipos o el personal.
- Los trabajos de inspección deben hacerse en tiempo seco.
- No incluye manejo de aguas ni herramientas especiales para remoción de raíces, retiro de sedimentos cementados u otras.
- El CLIENTE será el responsable de la obtención de todos los permisos, licencias, y la gestión e implementación de los planes de manejo de tránsito que se requieran, así como la señalización y el cerramiento de obra.
- Se advierte que las zonas que representen un peligro inminente de colapso y las ya colapsadas no deben ser inspeccionadas por el personal.
- No incluye diseños eléctricos, mecánicos, prediales.
- No incluye catastro de redes que no generen interferencia con el proyecto.
- No incluye modelaciones hidráulicas del sistema de acueducto.



Cabe aclarar que los precios con los que será formulado el presupuesto serán precios de lista de acuerdo a los costos actuales durante la elaboración del presupuesto.

No será responsabilidad del consultor la elaboración de la formulación del proyecto para ser presentado ante ventanillas únicas regionales u otros mecanismos de viabilización, así como elaboración de anexo técnico y fichas MGA y EBI. De igual manera, el consultor no realizará socializaciones con la comunidad.

Con respecto a la normatividad para la elaboración de estudios y diseños, se hará con respecto a las normas y códigos vigentes a momento de la firma del contrato de consultoría y no será responsabilidad del consultor la actualización de dichos estudios y diseños en caso de que éstas cambien después de la entrega final de los productos.

El consultor recibirá las observaciones que tenga el contratante sobre el diseño hasta por un plazo de 6 meses después de la entrega inicial de los productos y realizará las correcciones correspondientes y en una única oportunidad. Cualquier otra reformulación de los estudios y diseños después de la respuesta de las observaciones deberá ser pactada económicamente entre el contratante y el consultor.

No será responsabilidad del consultor la negociación de los predios necesarios para el desarrollo de las obras.

No será responsabilidad del consultor la elaboración ni la participación en el Plan de Manejo Ambiental, ni la solicitud de permisos ambientales ante la corporación autónoma local o gestión documental para la elaboración de los mismos.

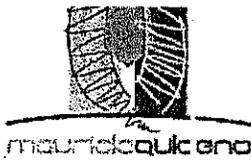
#### **PLAZO**

Las actividades de consultoría tendrán una duración de 6 meses calendario a partir de la entrega de los insumos necesarios para los estudios y diseños que sean responsabilidad del contratante.

#### **FORMA DE PAGO**

Actas parciales de igual porcentaje

- Primera acta 25% se pactará a la entrega a satisfacción de las labores de inspección y topografía
- Segunda acta 25% se pactará a la entrega a satisfacción del informe de diagnóstico de las cámaras CCTV y del personal respectivo
- Tercera acta 20% se pactará a la entrega a satisfacción de la modelación hidrológica – Hidráulica de los sistemas existentes actuales.
- Cuarta acta 15% Formulación, Análisis, selección y evaluación de alternativas
- Quinta acta 15% Entrega final a satisfacción.



**PROPUESTA ECC NOMICA**

ITEM	DESCRIPCION ACTIVIDAD	VALOR PARCIAL	VALOR CAPITULO
<b>1</b>	<b>TRABAJO DE CAMPO</b>		<b>\$ 150.377.417</b>
1.1	TOPOGRAFIA Y ORTOFOTOS	\$ 5.400.000	
1.2	GEORADAR Y MAPEO SUBTERRANEO	\$ 54.012.417	
1.3	INSPECCION CON UNIDAD DE DIAGNOSTICO CCTV	\$ 81.700.000	
1.4	REPORTE E INSPECCION DE PUNTOS CRITICOS	\$ 9.265.000	
<b>2</b>	<b>PROSPECCIONES GEOTECNICAS</b>		<b>\$ 22.650.000</b>
2.1	TOMA DE MUESTRAS 0 - 6m	\$ 6.150.000	
2.2	LABORATORIOS Y ENSAYOS	\$ 2.500.000	
2.3	ESP GEOTECNIA - ASESOR SIN ZANJA	\$ 14.000.000	
<b>3</b>	<b>COMPONENTE HIDRAULICO - HIDROLOGICO</b>		<b>\$ 9.000.000</b>
3.1	ESTUDIO HIDROLOGICO	\$ 4.500.000	
3.2	ESTUDIO HIDRAULICO	\$ 4.500.000	
<b>4</b>	<b>COMPONENTE ESTRUCTURAL</b>		<b>\$ 11.000.000</b>
4.1	ESP ESTRUCTURAL	\$ 11.000.000	
<b>5</b>	<b>DIGITALIZACION Y PLANOS</b>		<b>\$ 2.700.000</b>
5.1	TECNICO EN DIBUJO 2D Y 3D	\$ 2.700.000	
<b>6</b>	<b>PRESUPUESTO, CANT Y ESPECIFICACIONES</b>		<b>\$ 2.700.000</b>
6.1	ING CIVIL	\$ 2.700.000	
<b>7</b>	<b>COSTOS DE OFICINA Y VIATICOS</b>		<b>\$ 6.000.000</b>
7.1	OFICINA Y EQUIPOS DE COMPUTO	\$ 2.000.000	
7.2	PAPELERIA	\$ 1.500.000	
7.3	VIATICOS	\$ 2.500.000	
<b>VALOR ANTES DE IVA</b>			<b>\$ 204.427.417</b>
<b>IVA 19%</b>			<b>\$ 38.841.209</b>
<b>TOTAL PROPUESTA</b>			<b>\$ 243.268.626</b>

**HONORARIOS**

El valor de los estudios y diseños para las obras planteadas será de DOSCIENTOS CUARENTA Y TRES MILLONES DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS VEINTISEIS PESOS M/CTE (\$ 243'268.626).



Ingeniero Civil  
Especialista en Gerencia de Proyectos  
Magíster en Ingeniería

### VIGENCIA DE LA OFERTA

La presente cotización tiene una validez de 30 días calendario. Esta propuesta es para uso exclusivo del contratante y no puede ser reproducida o divulgada a terceros sin la autorización del consultor.

Atentamente;



---

MAURICIO A. QUICENO CARBONA  
CC. 75.090.632 de Manizales  
INGENIERO CIVIL