[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ESTUDIO GEOTÉCNICO

SARAVENA, ARAUCA.
JUNIO DE 2026

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

DATOS DEL DOCUMENTO

Título del documento	CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA
Código del documento	ESTUDIO GEOTÉCNICO
Revisión No.	1

Este Documento ha sido revisado y aprobado como se indica abajo. Las modificaciones realizadas se describen a continuación en el índice de modificaciones. Por favor destruir todas las revisiones previas.

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Revisión No.	Fecha	Sección modificada	Observaciones
1			

ELABORACIÓN

Elaboró	Nombre	JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA
	Matrícula Profesional	25202-143899 CND
	Nombre	CARLOS ARTURO AREVALO RODRIGUEZ
	Matrícula Profesional	D-8029

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. ASPECTOS GENERALES 8
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 8
2.2. OBJETIVO 10
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
2.2. ALCANCE 11
2.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11
2.4. JUSTIFICACIÓN 11
2.5. ANTECEDENTES 12
3. METODOLOGÍA 13
3.1. ETAPA 1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA 13
3.2. ETAPA 2 EXPLORACIÓN DE SUELOS 14
3.3. ANÁLISIS GEOTÉCNICO 15
4. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA 16
4.1. GEOLOGÍA REGIONAL 16
4.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 16
4.3. GEOMORFOLOGÍA 16
4.4. GEOLOGÍA LOCAL 17
4.4.1. Depósitos Aluviales Antiguos – Q_1al 17
4.4.2. Depósitos Aluviales Recientes – Q_2al 17
4.4.3. Depósitos de Abanicos Inferiores – Q_1abi 17
4.4.4. Depósitos de Abanicos Superiores – Q_1abs 17
4.4.5. Depósitos de Planicies Aluviales – Q_1pal 17
4.4.6. Formación Caja – N_1c 18

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

4.4.7. Formación la Corneta – Q_1co 18
4.4.8. Serie Río Negro-Une – K_1rnu 18
4.5. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL 19
5. EXPLORACIÓN DE SUELOS 20
5.1. GENERALIDADES 20
5.1. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR 21
5.1. ENSAYOS DE LABORATORIO 22
6. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUELO 23
7. PERFIL ESTRATIGRÁFICO 25
8. PARÁMETROS SISMICOS 26
9. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS 28
10. DISEÑO DEL SISTEMA DEL ENRROCADO DE PROTECCION 29
10.1. Datos de entrada 29
10.2. Estabilidad 29
10.3. Factor de Corrección por Curvatura (Meandro) 30
10.4. Espesor de la Capa de Enrocado (E) 31
10.5. Inclinación del Talud Exterior 31
10.6. Cota y Profundidad de Socavación (Método de Maza-Cruickshank) 31
11. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE EROSIÓN SUPERFICIAL CON MANTOS PERMANENTES (TRM) 32
11.1. Mecanismo de falla y diseño 32
11.2. Control de erosión atmosférica 32
11.3. Longitud de desarrollo del Manto 33
11.4. Selección de la Matriz del Manto 33
11.5. Selección de la Matriz del Manto 33
12. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CON GEOBOLSAS (GEOBAGS) 34

12.1. PARÁMETROS HIDRÁULICOS Y MORFOLÓGICOS DE DISEÑO 34
12.2. PARÁMETROS FÍSICOS Y GEOTÉCNICOS DE LOS MATERIALES..... 34
12.3. Determinación del Tamaño y Peso de la Geobolsa (Estabilidad Hidrodinámica 35
12.4. Análisis de Estabilidad Geotécnica (Muro de Gravedad Flexible)..... 35
13. CONCLUSIONES 38
14. LIMITACIONES 39

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Localización del tramo en estudio 10
Tabla 2. Localización de apiques sistema de coordenadas Magna - Este 21
Tabla 3. Resultados del ensayo de SPT en campo 21
Tabla 4. Resultados de ensayos de clasificaciòn 22
Tabla 5. Potencial de expansión en función de los Límites de Atterberg 23
Tabla 6. Tipo de perfil de suelo 26
Tabla 7. Coeficiente sísmico de diseño 27
Tabla 8. Parámetros de diseño 28
Tabla 9 FICHA TÉCNICA MANTOS PERMANENTES 34

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización meandro de estudio con respecto a la Troncal Villagarzon - Saravena 7
Ilustración 1. Localización general, municipio de Saravena 9
Ilustración 2. Localización especifica de la zona de estudio 10
Ilustración 3. Metodología planteada para la fase del estudio en desarrollo 13
Ilustración 4. Distribución de apiques sobre el margen izquierdo del rio Banadia 15
Ilustración 5 Geología de la cuenca 18
Ilustración 6. Ubicación apiques de exploración 20
Ilustración 8 Sección típica 36

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han presentado procesos de erosión e inundación en las zonas aledañas del río Banadias en su paso por la vereda Barrancones por la laterización rio. Esto ha expuesto a la población a condiciones de riesgo que repercuten en su desarrollo económico y en su cotidianidad. En consecuencia, se ha identificado la necesidad de la construcción de elementos de protección (Enrrocado - Geobolsas) en la margen derecha del río, con el fin de evitar la erosión los taludes que pudiesen comprometen la ruta 6515 (Troncal Villagrazon - Sarvena) .

En el presente informe se presenta el estudio de geología para ingeniería mediante el que se presenta un contexto regional y aspectos locales de geología y geomorfología, a tener en cuenta para el entendimiento de la problemática y las recomendaciones de mitigación adecuadas.

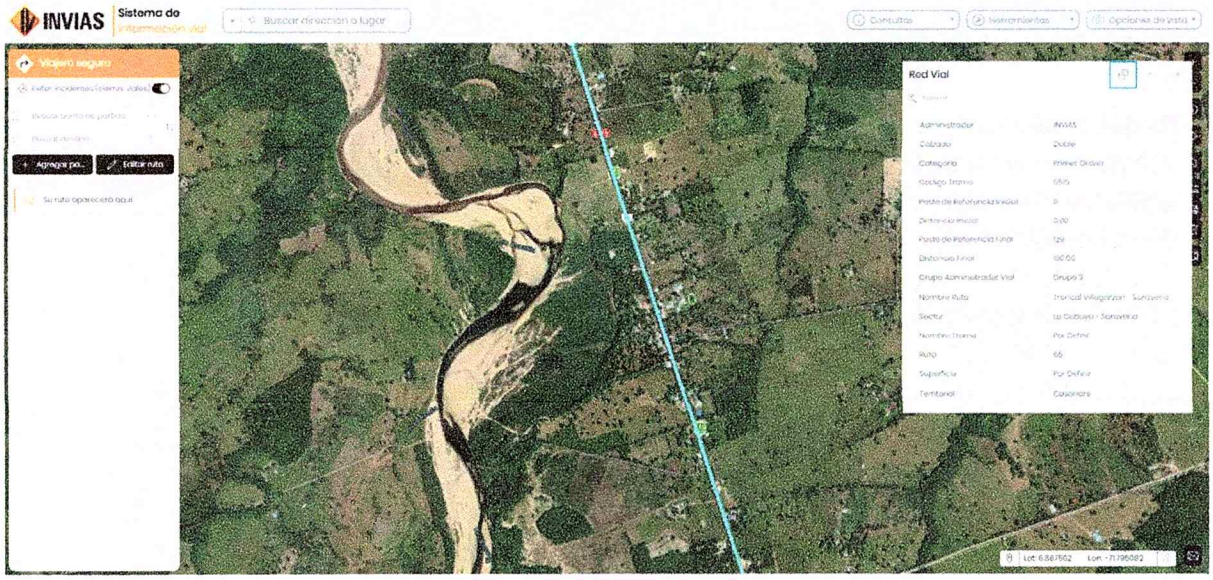


Ilustración 1. Localización meandro de estudio con respecto a la Troncal Villagarzon - Saravena
Fuente: INVIAS

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

2. ASPECTOS GENERALES

2.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Municipio de Saravena está ubicado en la Orinoquia colombiana, noroccidente del departamento de Arauca. Sus coordenadas geográficas son: Latitud norte entre 6°46′ y 7°00′ y Longitud 71°41′ y 72°06′. Está limitado por el norte con la República de Venezuela desde la desembocadura del río Bojabá en el río Arauca, hasta la inspección de Puerto Lleras; por el sur con el municipio de Fortul; por el este con el municipio de Arauquita y Fortul y por el oeste con el Departamento de Boyacá, sobre la cuenca del río Bojabá.

Código Dane: 81736
Coordenadas: 06°53′″N 71°54′″O
Extensión: 907 Km^2
Altitud: 223 m. s. n. m
Distancia: 196 Km a Arauca
Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 210 msnm
Temperatura media: 27 °C

La ubicación geográfica del municipio de Saravena se encuentra dentro de la Orinoquia araucana, del paisaje andino Orinocense el cual, desde el punto de vista paisajístico, puede dividirse de la siguiente manera:

- Piedemonte andino: Está localizado en la sección baja de la cordillera y conformado por un complejo relieve de materiales acumulados y estribaciones andinas donde sobresalen bajos, áreas de explayamiento, cunas, terrazas, mesetas, mesas, colinas, lomas y serranías. Esta zona estuvo cubierta de selva y está comprendida entre los 200 y 1000 metros sobre el nivel del mar.
- Vertiente cordillerana: Conformada por relieves escalonados descendientes hasta alcanzar los 1.000 metros sobre el nivel del mar. La zona cordillerana está cubierta por completo de selva de gran biodiversidad, riqueza hídrica y de suelos.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

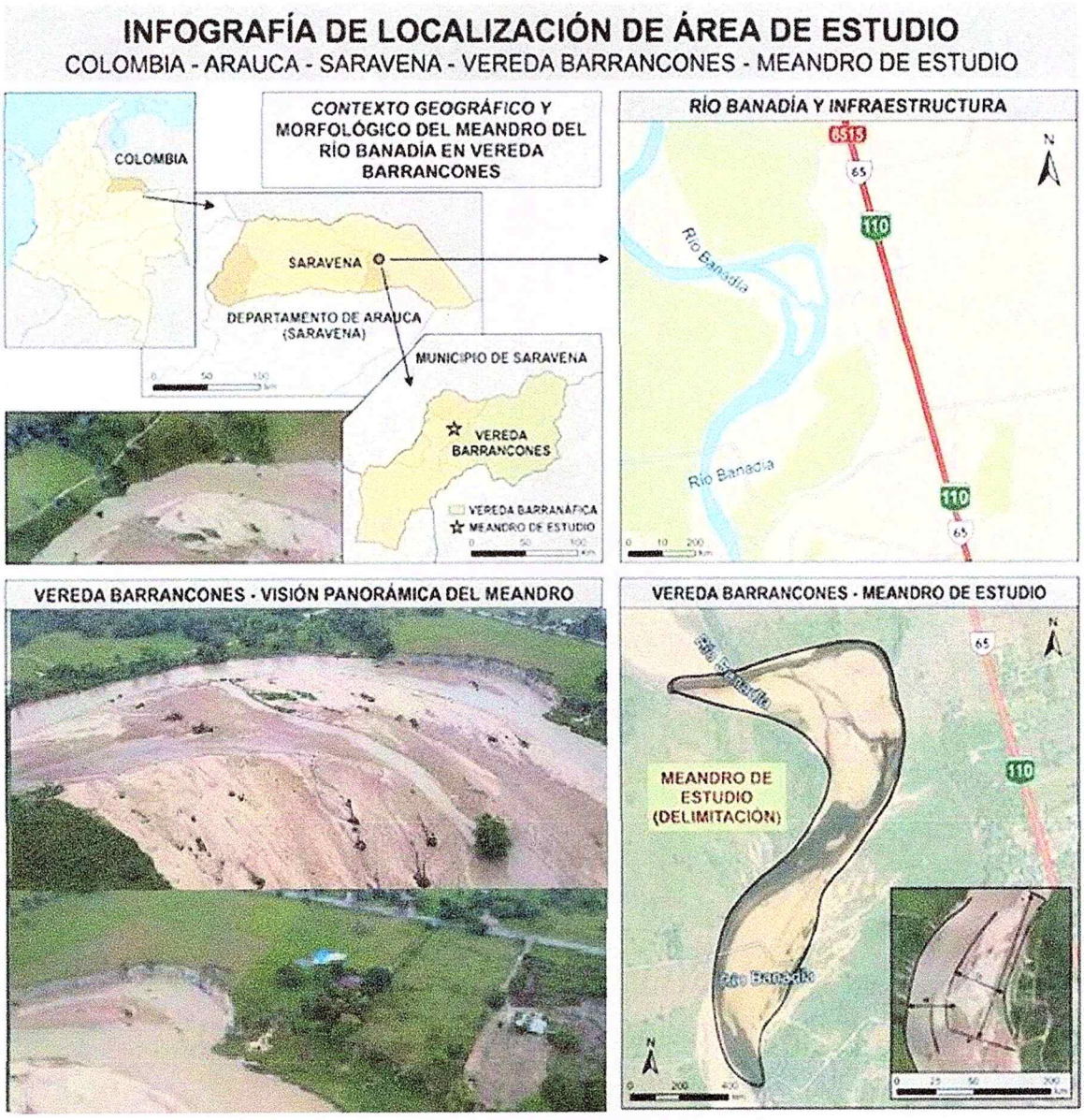


Ilustración 2. Localización general, municipio de Saravena

Para efecto del presente estudio, se analizará un tramo del Río Banadia a la altura de la vereda Barrancones en el municipio de Saravena, el cual se encuentra localizado tomando como puntos de referencia su punto inicial y su punto final, georreferenciado mediante las coordenadas presentadas en la Tabla 1, con origen Magna Sirgas / Origen Este.

.

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Tabla 1. Localización del tramo en estudio

Acción	Longitud	Coordenadas			
		Inicio		Fin	
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Enrocado + Geo Bolsas	210	6°51'44.78"N	71°47'56.02"O	6°51'50.79"N	71°47'56.92"O

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2 localización específica del proyecto



Fuente: Google eart pro

2.2. OBJETIVO

Realizar una caracterización geológica regional y local sobre el tramo de estudio sobre el río Banadia, cercanías con la vereda Barrancones del municipio de Saravena, departamento de Arauca, con el fin de generar herramientas para la interpretación de la problemática del sector y posibles obras de mitigación-

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una caracterización geológica regional y local sobre el tramo de estudio sobre el río Banadia, cercanías con la vereda Bajo Banadia del municipio de Saravena, departamento de Arauca.
- Identificar y caracterizar los suelos del tramo objeto de estudio mediante exploración de este y ensayos de laboratorio.
- Caracterizar geotécnicamente los suelos sobre el tramo de estudio en función de los resultados de la exploración en campo y ensayos de laboratorio
- Realizar análisis de estabilidad geotécnica de las obras propuestas en pro de la reducción del riesgo de inundación, determinando el factor de seguridad para los mismos, así como las recomendaciones constructivas necesarias.

2.2. ALCANCE

Partiendo de la necesidad de llevar a cabo los estudios y diseños de la obra de reducción del riesgo por inundación para el sector vereda Bajo Banadia en el municipio de Saravena, se realiza una caracterización geológica sobre el área de estudio cuenca río Banadia a partir de información secundaria; así mismo, se realiza toma de muestras en campo del suelo en estudio con el fin de identificar y caracterizar estos y generar el insumo necesario para el análisis de estabilidad geotécnica requerida, esto bajo condiciones estáticas y dinámicas (sismo).

2.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El deterioro del medio ambiente en el caso específico de la cuenca del río Banadia, está relacionado principalmente con el uso inadecuado de los suelos y la pérdida de bosques primarios y de galería, debido a la falta de conocimiento en el manejo de los suelos, la falta de capacitación y apoyo técnico a los campesinos.

En el caso particular del presente estudio se presenta erosión lateral en las zonas aledañas del río Banadia en su paso por la vereda Barrancones En los últimos años se han generado situaciones relacionadas con pérdida del talud. Esto descrito ha expuesto a la población a condiciones de riesgo que han repercutido en su desarrollo económico y en su cotidianidad.

2.4. JUSTIFICACIÓN

Las intensas lluvias de la temporada invernal actual, sumadas a las históricas de la región, han incrementado el riesgo de erosión en la ribera del río Banadia, a la altura de la vereda Barrancones, municipio de Saravena. Esta situación amenaza la seguridad y el bienestar de la población, así como sus bienes materiales y económicos.

Para mitigar estos riesgos, se propone la construcción de un conjunto de obras de protección en la margen derecha del río Banadia (Realineamiento del Cauce + Enrocado y Geobolsas). La obra evitará la erosión, protegiendo a la población de Barrancones y en particular la vía nacional.

Para el diseño y construcción de la obra de protección, se requiere un estudio geotécnico que determine las características del terreno y las condiciones del río, para lo cual se requiere la ejecución de la recopilación y análisis de la información geológica que permita reconocer la problemática del sector.

2.5. ANTECEDENTES

El municipio de Saravena ha sufrido las consecuencias de los eventos de precipitaciones máximas presentadas en los últimos años. Las pérdidas materiales que ha tenido la población ribereña se enmarcan principalmente en cultivos, ganados, enseres, bienes inmuebles y bienes colectivos, llegando a poner en riesgo de inundación por crecidas del río Banadía a la población del municipio de Saravena.

El evento de inundación que se presentó en el año 2018 afecto alrededor de 400 familias, es decir, un 95% de la población, presentándose niveles de agua que superaron los 20 centímetros, lo cual presenta un alto riesgo para los habitantes de la zona. Se realiza el proceso de revisión documental de la cual no se encuentra ningún registro de estudios realizados anteriormente relacionados con el objeto.

Actualmente es inminente la erosión de los taludes que están comprometen la ruta 6515 (Troncal Villagrazon - Sarvena).

3. METODOLOGÍA

Se presenta a continuación, la descripción detallada del procedimiento seguido para adelantar los estudios objeto del proyecto, desde la búsqueda y recopilación de la documentación e información pertinente, hasta el desarrollo de cada una de las etapas del proyecto.

Para el desarrollo del presente documento, se lleva a cabo la metodología de la Etapa 3 partiendo de los insumos recogidos en las Etapas 1 y 2, como se muestra en la siguiente ilustración:

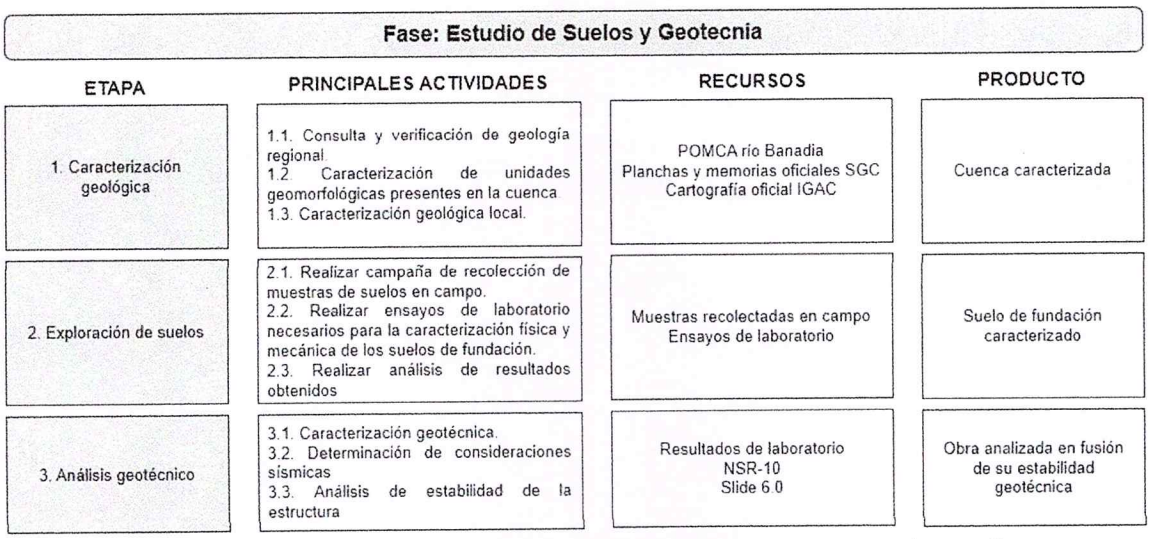


Ilustración 4. Metodología planteada para la fase del estudio en desarrollo

Fuente: Elaboración propia

3.1. ETAPA 1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

Descripción de unidades litoestratigráficas, estructuras geológicas y la historia geológica, que inciden en el proyecto. Se presentará un mapa de localización geológica del área de estudio, con la cual se pueda de manera práctica y sencilla ubicar y tomar decisiones sobre las diferentes formaciones que atraviesa el proyecto. Así mismo, se definirá el comportamiento e influencia de la tectónica, en este caso la geología estructural del sector sobre la obra proyectada.

Por otra parte, se analizará los diferentes elementos geomorfológicos del área de estudio, referentes a morfogénesis, morfología y morfometría. Se caracterizará las geoformas que se identifiquen sobre esta área.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

3.2. ETAPA 2 EXPLORACIÓN DE SUELOS

Por medio de la información secundaria y a partir de los resultados de la exploración geotecnica, se creará un modelo geológico y geomorfológico mediante el que es posible detallar con mayor precisión la problemática del sector.

En función de la información disponible en el capítulo de geología, así como de los estudios previos existentes para la formulación del proyecto en ejecución, se realiza una campaña de exploración de suelos en función del objetivo principal de este estudio el cual busca analizar la estabilidad geotécnica de la estructura proyectada.

En ese sentido, se proyectan cuatro (04) apiques distribuidos sobre la margen izquierda donde se proyecta la obra de protección, a una profundidad de 4.0 m, con toma de muestra para los siguientes ensayos:

- Granulometría
- Límites de consistencia
- Humedad natural
- Corte directo (CD)

Es de aclarar que la normatividad que rige a estos ensayos programados es la Norma INVIAS para Ensayos 2013.

La distribución de la exploración se muestra a continuación:

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA



Ilustración 5. Distribución de apiques sobre el margen izquierdo del rio Banadia
Fuente: Propia

3.3. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Para esta etapa, tomando como referencia los resultados de laboratorio de suelos desarrollados, se realiza una caracterización mecánica de los mismo, esto con el fin de proyectar posibles escenarios futuros bajo condiciones estáticas (seco) y dinámicas (saturado y con influencia de sismo) en función de su estabilidad.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

4. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

4.1. GEOLOGÍA REGIONAL

Según el Servicio Geológico Colombiano, en el departamento de Arauca emergen rocas sedimentarias. En el sector occidental, estas rocas exhiben una antigüedad superior, mientras que en el piedemonte se encuentran las más jóvenes. En la zona de piedemonte, se observa la interacción de rocas de diversas edades debido a la acción de importantes fallas de cabalgamiento. En la cuenca del río Banadia, área de estudio, se destaca la presencia de rocas de grano fino, del periodo más reciente generalmente areniscas y lodolitas de las formaciones Rio Negro, Aguardiente, Capacho, La Luna, Colón- Mito Juan, Guayabo y Caja.

En proximidades del rio, se encuentran depósitos de llanura aluvial (Qlal), caracterizados por poco aporte de arenas y gravas y abundante vegetación; y depósitos aluviales recientes (Qal) y de abanico aluvial (Qa) formados por gravas y fragmentos de roca provenientes de las unidades geológicas del piedemonte llanero.

4.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La morfología del departamento de Arauca se define como planicie hasta encontrarse con el sistema de fallas compresionales del Borde Llanero, encontrándose en el área actividad tectónica. Se encuentra la Falla de Chucarima (NW a E) es una falla regional inversa, con un rango de desplazamiento que pone en contacto rocas de Paleozoico inferior (Formación Silgará) con unidades del Paleógeno (Formación Mirador).

Otros sistemas de fallas destacado, es el sistema de falla del Borde Llanero, se observa que esta falla pone en contacto a las formaciones Caja y Corneta del Neógeno con unidades cuaternarias. Este sistema de fallas está constituido por fallas subparalelas en dirección NE-SW.

4.3. GEOMORFOLOGÍA

Se observa un proceso compresivo impulsado por la dinámica de la tierra. La expresión morfológica de este proceso se caracteriza por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades geológicas. Como resultado de esta compresión, en la zona se identificaron las siguientes unidades:

- **Estructural plegado (sp)**
  La zona centro-occidental muestra rocas sedimentarias plegadas de las formaciones Diablo, Caja y La Corneta. La alineación de estas unidades corresponde con la estratificación que es el resultado de los esfuerzos que han actuado en esta región.

- **Estructural plegado denudado (Spd)**
  Relieve de montañas de contraste extremadamente alto, laderas abruptas e inclinadas muy largas y extremadamente largas. Se observa un drenaje dendrítico, pero con tramos alineados debido a los controles estructurales, la densidad de la red de drenaje es moderada y los cauces principales corren por valles en V.

4.4. GEOLOGÍA LOCAL

La caracterización geológica que comprende la cuenca del río Banadia contiene principalmente ocho (8) conjuntos litológicos, los cuales se describen a continuación:

4.4.1. Depósitos Aluviales Antiguos – Q_1al

Presentan una morfología plana y debido a que se encuentran varios metros por encima de los cauces de los ríos Cubara, Bojabá, San Miguel y Calafitas. El perfil de suelo característico está constituido por arenas finas a medias, limos y bajo contenido de arcillas. En algunas partes el relieve es plano y escalonado, producto de la erosión y deposición de antiguas corrientes fluviales, acumuladas en las márgenes por desbordes de los ríos que drenan la llanura.

4.4.2. Depósitos Aluviales Recientes – Q_2al

Corresponden a sedimentos de limos arcillosos, arenosos y arenas finas, asociados a morfología plana a levemente ondulada, producto de la dinámica aluvial de los ríos Arauca, Banadía, Agua Clara, Satocá y sus afluentes menores Caño Claro, Cascarrón, La Colorada, Botadero, La Cabaña, entre otros.

4.4.3. Depósitos de Abanicos Inferiores – Q_1abi

Los depósitos de abanicos están relacionados con las descargas intempestivas y en forma de avalanchas de los ríos Cusay, Cravo Norte y Tame. En general están conformados por bloques, gravas, arenas de formas variadas en una matriz por lo general areno-limosa. Los clastos corresponden principalmente a cuarzo arenitas y conglomerados.

4.4.4. Depósitos de Abanicos Superiores – Q_1abs

Estos depósitos se localizan hacia la parte central del área asociados a la dinámica de los ríos Cusay, Cravo Norte y Tame. Morfológicamente presentan una pendiente aproximada de 3°. Su composición es similar a los depósitos de abanicos inferiores, aunque con un contenido más elevado de bloques, guijos y guijarros de rocas cuarzosas.

4.4.5. Depósitos de Planicies Aluviales – Q_1pal

Presenta un relieve plano con ligeras ondulaciones. El perfil de suelo característico está conformado por arena limosa y en menor proporción limoarcillosa, seguida de una capa más arenosa.

4.4.6. Formación Caja – N_1c

Presenta una morfología de colinas suaves a costillar de picos y valles. Esta unidad presenta una alternancia de arenisca con intercalaciones de rocas de grano fino.

4.4.7. Formación la Corneta – Q_1co

La Formación la Corneta presenta una morfología con relieves suaves y en algunas partes drenaje radial. Esta formación está constituida por conglomerados que incluyen clastos redondeados desde bloques hasta guijos compuestos de areniscas cuarzosas, lodolitas y arcillolitas, en una matriz arenosa gruesa.

4.4.8. Serie Río Negro-Une – K_1rnu

La Serie presenta una morfología escarpada de lomos alargados, separados por zonas con relieve inclinado que por lo general coinciden con pendientes estructurales. Fabre (1985) subdividió la formación Rio Negro en nueve segmentos, diferenciados por la presencia de areniscas cuarzosas, lutitas oscuras.

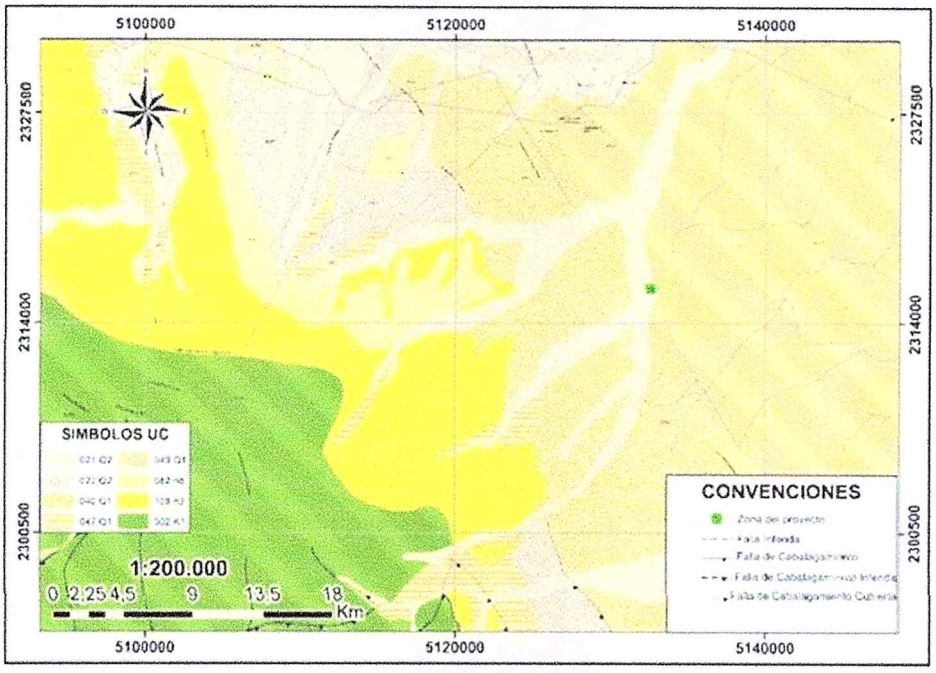


Ilustración 6 Geología de la cuenca
Fuente: Adaptación autor (Servicio Geológico Colombiano)

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

4.5. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Fisiográficamente el área de estudio corresponde a zonas de transición entre la cordillera oriental y los llanos orientales, por lo cual se genera un contraste de topografía que forma unidades geomorfológicas diferentes.

Dentro de la información cartográfica recolectada se identificaron 3 ambientes morfogenéticos; dentro de los cuales los ambientes estructural y fluvial son los que predominan y en menor proporción el ambiente glaciar.

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

5. EXPLORACIÓN DE SUELOS

5.1. GENERALIDADES

Para conocer el perfil estratigráfico, las propiedades geomecánicas de las capas, la posición de cada una de ellas y el nivel freático, se realizaron cuatro (4) apiques manuales con apoyo mecánico, esto hasta alcanzar una profundidad de exploración de 4,00 m para la totalidad de los apiques. De estos apiques se recuperaron muestras representativas alteradas de los diferentes estratos encontrados, registrando los datos de campo para su posterior clasificación por medio de ensayos de laboratorio y obtener un perfil del subsuelo.

Para cada uno de los apiques se consideraron:

- Análisis Granulométrico
- Límites de consistencia (determinación del límite líquido, límite plástico e límite de plasticidad).
- Ensayo de Humedad natural
- Ensayo de corte directo



Ilustración 7. Ubicación apiques de exploración
Fuente: Elaboración propia

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Tabla 2. Localización de apiques sistema de coordenadas Magna - Este

Sondeo No.	Zona	Latitud	Longitud
1	Margen derecha río	6°51'52.66"N	71°47'59.86"O
2	Margen derecha río	6°51'52.07"N	71°47'58.33"O
3	Lecho río	6°51'50.82"N	71°47'57.53"O
4	Lecho río	6°51'48.39"N	71°47'56.94"O

Fuente: Elaboración propia

5.1. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

Simultáneamente al desarrollo de los apiques, se adelantó el ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR. *Corresponde al método in situ más simple para tener una idea sobre las características de la resistencia de un suelo.* Consiste en contar el número de golpes necesario para hincar un muestreador o cuchara partida, 30 cm en el terreno con un martillo de peso determinado y una altura de caída fija.

Como método exploratorio preliminar arroja información útil, además permite el muestreo del suelo, proporcionando muestras alteradas representativas del suelo que sirven para determinar características tales como límites de consistencia, humedad, etc.

De acuerdo con las correlaciones de Terzaghi (1948) y Hunt (1984) es posible asignar una calificación de resistencia preliminar, que para el caso de estudio se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Resultados del ensayo de SPT en campo

Sondeo No.	Nivel freático (m)	Penetración SPT		Consistencia (Terzaghi, 1948) Compacidad (Hunt,1984)
		Profundidad (m)	N_{campo}	
1		0.0-1.5	5	Consistencia blanda
	2.00	1.5 - 2.5	10	Compacidad suelta
		2.5 – 3.5	11	Compacidad suelta
2		0.0-1.5	6	Consistencia medio blanda
	2.00	1.5 - 2.5	12	Compacidad medio suelta
		2.5 - 3.5	18	Compacidad medio suelta
3	0.50	0.0 - 1.0	4	Compacidad suelta
		1.0 2.0	6	Compacidad suelta
		2.0 - 3.0	10	Compacidad suelta

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Sondeo No.	Nivel freático (m)	Penetración SPT		Consistencia (Terzaghi, 1948) Compacidad (Hunt,1984)
		Profundidad (m)	N_{campo}	
4	0.40	0.0 – 1.0	4	Compacidad suelta
		1.0 – 2.0	6	Compacidad suelta
		2.0 – 3.0	12	Compacidad suelta

Fuente: Elaboración propia

5.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

Por medio de este ensayo se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una cantidad de muestra determinada según tamaño máximo del material, por separación a través de una serie de tamices de diferentes aberturas, los cuales van ordenados de mayor a menor abertura de la malla. Con el resultado obtenido de este ensayo, se permite la clasificación del material determinado si son gravas, arenas o materiales tipo limo o arcilla.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los resultados de laboratorio efectuados en las muestras extraídas de los apiques:

Tabla 4. Resultados de ensayos de clasificaciòn

APIQUE/ MUESTRA	Profundidad (m)	Wn (%)	LIMITES DE CONSISTENCIA (%)			GRANULOMETRIA (%)			USCS
			LL	LP	IP	F	A	G	
A1-M1	0.0 – 2.0	12.8	21.0	15.4	5.6	59,4	40,6	0	CL-ML
A1-M2	2.0 – 4.0	4.6	NL	NP	NP	3,6	96,4	0	SP-SM
A2-M1	0,0 - 0,8	13,1	21	15,4	5,6	21,5	78,5	0	CL-ML
A2-M2	0,8 - 2,0	4,2	NL	NP	NP	2,4	97,6	0	SP
A2-M3	2,0 - 4,0	18,3	NL	NP	NP	22,8	77,2	0	SM
A3-M1	0,0 - 1,0	13,8	NL	NP	NP	4,3	95,4	0,3	SP
A3-M2	1,0 - 4,0	14,3	NL	NP	NP	5,6	94,4	0	SP
A4-M1	0,0 - 2,0	15,1	NL	NP	NP	5,1	94,7	0,2	SP
A4-M2	2,0 - 4,0	19,4	NL	NP	NP	5,1	94,9	0	SP

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se adelantó un ensayo de Corte Directo en condición Consolidada Drenada, en la muestra 2, localizada entre los 0.8m y 2.0m del Apique 2 que dio como resultado un valor de Cohesión de 0.1kPa y 28.2° de ángulo de fricción.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

6. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUELO

LICUACIÓN

La condición mas desfavorable para los suelos encontrados en el sitio corresponde a su alto potencial de licuación descrita en la NSR-10 como sigue:

"Los suelos granulares tienen una tendencia natural a densificarse bajo carga, ya sea ésta monotónica o cíclica. Cuando el suelo está saturado y el drenaje es lento o totalmente inexistente, esta tendencia a la densificación causa el crecimiento de la presión de poros, en exceso de su estado estático, y el decrecimiento correlativo del esfuerzo efectivo hasta que sobreviene la flotación de las partículas, lo que ha recibido el nombre genérico de licuación.

Considerando esta condición, se deberán adoptar medidas a la estabilización o densificación del terreno, selección de tipos de cimentaciones a profundidades apropiadas o selección de obras que se acomoden a los desplazamientos y fuerzas anticipadas, o alguna combinación de estas medidas.

POTENCIAL EXPANSIVO

El potencial expansivo esta asociado a los valores de los límites de Atterberg, como se muestra en la siguiente tabla. Puede observarse que los valores de LL e IP de las muestras de suelo del proyecto, presentan un potencial de expansión Bajo.

Tabla 5. Potencial de expansión en función de los Límites de Atterberg

POTENCIAL DE EXPANSIÓN	LÍMITE LÍQUIDO LL, EN (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD IP, EN (%)
Muy Alto	> 63	> 32
Alto	50 - 63	23 - 45
Medio	39 - 50	12 - 34
Bajo	< 39	< 20

POTENCIAL DE COLAPSO

El potencial de colapso puede estimarse a partir de su peso especifico seco. Para el proyecto, se adelantó un ensayo de Corte Directo donde se estableción el valor de la Gravedad Especifica de los materiales siendo en promedio 2.63gr/cm3 y un peso especifico seco promedio de 1.79gr/cm3. De acuerdo con el siguiente criterio de evaluación, se obtiene que el suelo es estable.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

$$\frac{\gamma d}{\gamma dcrit} > 1 \; el \; suelo \; es \; estable \; o \; expansivo$$

$$\frac{\gamma d}{\gamma dcrit} \leq 1 \; el \; suelo \; es \; colapsable$$

Donde

$$\gamma dcrit = \frac{\gamma w}{\left(\frac{1}{Gs}\right) + Wl}$$

Se tiene:

Yw	1,00
Gs	2,63
Wl	21,00
Ydcrit	0,05
Yd	1,79
Yd / Ydcrit	38,27

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

7. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

De acuerdo con los perfiles registrados durante las exploraciones y las propiedades de compactación y propiedades físicas, se definieron cuatro tipos de estratos diferentes en el área correspondiente a la margen izquierda del río Banadia a la altura de la vereda Barrancones en el municipio de Saravena – Arauca.

En la zona del proyecto que abarca el apique número 1 y numero 2, se obtienen de dos estratos a tres estratos, considerando la profundidad de evaluación de 4.00 m, los materiales presentes en la zona se distribuyen de la siguiente manera:

0.00m a ± 2.00m: Arcilla limosa a limo de baja plasticidad.
±2.00m a 4.00m: Arena mal gradada

Sobre el lecho del rio, se ejecutaron los apiques 3 y 4. En ellos se evidenció la predominancia de un estrato:

0.00m a 4.00m: Arena mal gradada.

El nivel freático encontrado varía de acuerdo con la proximidad del rio Banadia; en los apiques 1 y 2 que se realizan al margen izquierdo se encuentra un nivel freático a 2.00 m de profundidad, mientras que los apiques 3 y 4 realizados en el lecho del rio entre 0.50 m y 0.40 m de profundidad. Es evidente que este nivel cambia con las condiciones climáticas y de las características de los materiales, en el caso donde se presenta nivel freático a 0.40 m de profundidad se encuentra arena mal gradada con limos color gris claro.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

8. PARÁMETROS SISMICOS

El Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10, clasifica el área de estudio dentro de una zona de amenaza sísmica ALTA, para los que espera un coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva (Aa) igual a 0.30g y Coeficiente de aceleración vertial (Av) 0.25.

El perfil de suelo se define según el numeral A.2.4.3.2 del NSR-10, mediante el método del cálculo del Nmedio, que corresponde al promedio ponderado del número de golpes promedio del Ensayo de Penetración Estándar de los primeros 30m de profundidad, según la siguiente formulación:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{N_i}}$$

di = espesor del estrato i, localizado dentro de los 30m superiores del perfil

Ni = número de golpes por pie obtenido en el ensayo de penetración estándar, realizado in situ de acuerdo con la norma ASTM D1586, haciendo corrección por energía N60, correspondiente al estrato i. El Valor de Ni a emplear para obtener el valor medio, no debe exceder 100.

$\bar{N}$ = Nmedio: número de golpes promedio del Ensayo de Penetración estándar (SPT) en golpes/pie, (Norma ASTM D1586) para los 30m superiores del perfil del suelo.

En el Anexo Memorias de Cálculo, se presentan los cálculos que dan lugar a los siguientes resultados:

Tabla 6. Tipo de perfil de suelo

PERFORACIÓN	NMEDIO	PERFIL DE SUELO
Apique 1	7.75	E
Apique 2	12.09	E
Apique 3	6.99	E
Apique 4	8.18	E
PROMEDIO	**8.75**	**E**

Partiendo de los criterios establecidos en el NSR-10, se definieron los parámetros requeridos para el diseño sísmico, considerando los parámetros de caracterización para cada los tipos de suelo encontrados, como se muestra en la siguiente tabla. Para el coeficiente sísmico vertical se utilizará 10% de $a_{máx}$.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Tabla 7. Coeficiente sísmico de diseño

Aa	0.30
Fa	1.2
I	1
KST/a_{max}	0.67
a_{max}=KST*Aa*Fa*I	0.24

Fuente: Elaboración propia a partir del NSR-10

Donde:

Aa: Coeficiente de aceleración símica horizontal (Apéndice A-4 NSR-10)

Fa: Coeficiente para la zona de periodos cortos del espectro (Tabla A.2.4-3 NSR-10)

I: Coeficiente de Importancia (Tabla A.2.5-1 NSR-10)

KST: Coeficiente sísmico de diseño para análisis seudoestático de taludes (Tabla H.5.2-1 NSR-10)

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

9. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS

A partir de la exploración directa y la interpretación geológica, se definió el perfil estratigráfico sobre el que se construirán las obras de mitigación, y que se indica a continuación:

0.00m a 4.00m: Arena mal gradada.

A partir del ensayo de Corte Directo ejecutado en una de las muestras de suelo, se pudo determinar los parámetros geomecánicos que se utilizarán para los diseños de ingeniería. Los parámetros de los materiales de relleno, se han definido a partir de bibliografía técnica. A continuación, el resumen de los materiales que hacen parte del modelo de análisis:

Tabla 8. Parámetros de diseño

MATERIAL	PESO UNITARIO (KN/m^3)	COHESIÓN (KPa)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)
Arena mal gradada	17.96	0.1	28.2
Arena Limosa	23.87	5	30.9
Geobolsa	26	20	40
Relleno	21.24	4	32.6

Fuente: Elaboración propia.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

10. DISEÑO DEL SISTEMA DEL ENRROCADO DE PROTECCION

A continuación, se desarrolla la **Memoria de Cálculo para el Diseño Hidráulico del Enrocado de Protección** en las márgenes del río Banadías (Sector Barrancones), utilizando el caudal extraído del estudio hidráulico y los parámetros morfológicos de la cuenca.

Para garantizar la estabilidad hidrodinámica de los bloques que conformarán el enrrocado o pantalla exterior (riprap), se adopta la metodología combinada del **Manual de Ingeniería de Costas y el USACE (Ecuación de Maynord / Isbash)**, la cual evalúa el tamaño de la roca capaz de resistir el esfuerzo cortante inducido por el flujo turbulento

10.1. Datos de entrada

Caudal de Diseño (Q): 1190.43 m^3/s
Pendiente Longitudinal del Cauce (S0): 0.101% = 0.00101 m/m.
Condición Morfológica: Tramo en curva (Meandro dinámico de alta energía afectando la margen derecha).
Alineamiento Estructural Interior: Talud compuesto por geobolsas de suelo/arena.

10.2. Estabilidad

Se garantiza la estabilidad hidrodinámica de los bloques que conformarán el enrrocado o pantalla exterior (riprap), se adopta la metodología combinada del **Manual de Ingeniería de Costas y el USACE (Ecuación de Maynord / Isbash)**, la cual evalúa el tamaño de la roca capaz de resistir el esfuerzo cortante inducido por el flujo turbulento.

Ecuación de Isbash (Velocidad Crítica)
El tamaño mínimo del bloque (D50) se relaciona directamente con la velocidad local del flujo mediante la siguiente expresión:

$$D_{50} = \frac{V^2}{2g \cdot C^2 \cdot \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}}$$

Donde:

- V: Velocidad local de la corriente actuando directamente sobre la margen (3.0 m/s).
- g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2).
- C: Coeficiente de Isbash (Para alta turbulencia o flujo altamente inestable en curvas meándricas, se adopta C = 0.86).
- γ_s: Peso específico de la roca competente a utilizar (2.650 kg/m^3).
- γ_w : Peso específico del agua (1000 kg/m^3).

$$D_{50} = \frac{3.0^2}{14.511 \cdot 1.65} = \frac{9.0}{23.943} \approx \mathbf{0.376}\ \text{m}$$

Diámetro Medio Mínimo de la Roca (D50): 0.38 m (38 cm). Se recomienda una gradación comercial sana y angulosa con un D50 real en obra de 0.40 m para mayor seguridad hidráulica.

10.3. Factor de Corrección por Curvatura (Meandro)

Para estimar el comportamiento hidrodinámico en curvas, el eje de máxima velocidad (*talweg*) se recuesta sobre la banca exterior debido a la fuerza centrífuga. Con base en la información técnica de los perfiles hidráulicos del proyecto, la sección cuenta con un **Radio de Curvatura (Rc) establecido de 225 m**

La relación geométrica de curvatura es:

$$\frac{B}{R_c} = \frac{90\ \text{m}}{225\ \text{m}} = 0.40$$

Multiplicamos esta relación por el coeficiente morfológico regional para lechos aluviales activos (Cm = 0.50):

$$C_m \cdot \left(\frac{B}{R_c}\right) = 0.50 \cdot 0.40 = 0.20$$

Factor amplificador = 1+0.20=1.20

La fuerza centrífuga en las curvas de los ríos recuesta las máximas velocidades hacia la banca exterior. Para simular este fenómeno de manera hidrodinámica, la velocidad de aproximación o local provista (V = 2.5 m/s – tomada de la modelación hidráulica) se afecta por un **Factor Amplificador de Curvatura** para obtener la velocidad local de diseño de la corriente corregida ($V_{diseño}$):

- **Velocidad de aproximación local (V):** 2.5 m/s
- **Factor Amplificador por Meandro:** 1.20

$$V_{\text{diseño}} = V \cdot \text{Factor Amplificador}$$

$$V_{\text{diseño}} = 2.5\ \text{m/s} \cdot 1.20 = \mathbf{3.0}\ \text{m/s}$$

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

10.4. Espesor de la Capa de Enrocado (E)

Siguiendo las normativas de la FHWA y los criterios de Geotecnología S.A.S., el espesor mínimo de la escollera exterior no debe ser inferior al mayor de los siguientes valores:

- $E = 1.5D_{50}$
- $E = D_{100}$ (Diámetro máximo de los bloques de roca).
- Mínimo constructivo físico: E = 0.80 m para ríos de piedemonte.

10.5. Inclinación del Talud Exterior

El enrocado suelto acomodados mecánicamente sobre geobolsas, la pendiente del talud exterior no debe superar la relación **2H:1V** (26.5°) para evitar fallas por deslizamiento planar de los bloques bajo condiciones de desembalse rápido (bajada súbita del río).

10.6. Cota y Profundidad de Socavación (Método de Maza-Cruickshank)

El método de **Maza-Cruickshank** evalúa la socavación máxima esperada en la curva exterior de un meandro dinámico bajo condiciones hidrodinámicas extremas. De acuerdo con los análisis técnicos de la sección:

- **Tirante medio de aproximación (y):** 7.0 m
- **Tirante máximo erosionado en la curva (ys):** 8.40 m

A partir de estos niveles, la **Profundidad Neta de Socavación (ds)** por debajo del lecho original del río se calcula mediante la diferencia de tirantes:

$$d_s = y_s - y$$

$$d_s = 8.40\ \text{m} - 7.0\ \text{m} = \mathbf{1.40\ m}$$

En este orden de ideas el fondo original del lecho del río sufrirá un descenso vertical de **1.40 m** debido a los esfuerzos cortantes del flujo helicoidal en el meandro. Por lo tanto, la uña de empotramiento basal del enrocado debe profundizarse como mínimo hasta esta cota para evitar que el flujo desestabilice el pie de la estructura

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

11. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE EROSIÓN SUPERFICIAL CON MANTOS PERMANENTES (TRM)

El mecanismo de falla identificado en la banca es de **origen gravitacional (inestabilidad de talud por pérdida de soporte basal)**, detonado por la erosión subsuperficial y el socavamiento que el río genera en la base de la estructura. Dado que esta amenaza hidrodinámica basal será controlada de forma independiente mediante un sistema rígido/flexible de alta energía (Enrocado o Geoestructuras en Geobolsas), la misión prioritaria del manto permanente tipo TRM (*Turf Reinforcement Mat*) de PAVCO será la **mitigación del riesgo por erosión pluvial (escorrentía superficial) y eólica**, evitando la degradación micro-estructural del suelo arenoso y garantizando el establecimiento permanente de la cobertura vegetal.

11.1. Mecanismo de falla y diseño

El talud posee una altura crítica (H = 9.0m) y un suelo de matriz arenosa (Suelo Tipo E) altamente erosivo ante la presencia de agua. El proceso de desestabilización responde a un fenómeno combinado:

1. **Falla Basal (Hidrodinámica):** El río ataca el pie del talud, lavando las arenas y generando una pérdida de confinamiento inferior. Al quedar el pie descalzado, el peso propio del bloque de suelo superior excede la resistencia al corte planar $(\tau_f = \sigma' \cdot \tan\phi')$ desencadenando deslizamientos gravitacionales sucesivos.
2. **Falla Superficial (Pluvial):** El impacto directo de las gotas de lluvia (*efecto splash*) y el flujo de detritos por escorrentía generan cárcavas profundas que aceleran el retroceso de la banca.

El diseño plantea un esquema de **Mitigación Integrada**. El ataque del río se confina en el pie mediante una obra de protección basal en el cauce (Enrocado/Geobolsas). Una vez garantizada la estabilidad global y el soporte en la base, la superficie descubierta del talud de 9 m es peinada y protegida hidrológicamente contra los agentes atmosféricos mediante el Manto Permanente de Alto Desempeño TRM de PAVCO.

11.2. Control de erosión atmosférica

Para evitar fallas estáticas de origen gravitacional en la superficie del talud, la inclinación de diseño (β) debe cumplir estrictamente con el criterio de talud infinito para arenas secas o con flujo paralelo:

$$FS = \frac{\tan\phi'}{\tan\beta}$$

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Para garantizar un Factor de Seguridad mínimo de FS>= 1.25 ante lluvia intensa sobre la cara del talud, despejamos la inclinación máxima admisible:

$$\tan\beta \leq \frac{\tan(29^\circ)}{1.25} = \frac{0.5543}{1.25} = 0.4434 \implies \beta \leq 23.9^\circ$$

Se define una geometría de perfilado del talud con una relación **H:V = 2.5:1** (β=21.8°) o en su defecto un valor extremo de **H:V = 2:1** (β=26.5!) apoyado firmemente sobre la berma de confinamiento basal de las geobolsas.

11.3. Longitud de desarrollo del Manto

Para un talud de H = 9.0 m con inclinación 2.5:1:

$$L_{talud} = \sqrt{9.0^2 + (9.0 \times 2.5)^2} = \sqrt{81 + 506.25} = 24.22 \text{ m}$$

Sumando 1.0 m para el anclaje en la corona y 0.8 m para la entrega en la transición basal, el desarrollo por sección transversal es de **26.0 m**.

11.4. Selección de la Matriz del Manto

Considerando la altura del talud (9 m), la susceptibilidad al arrastre del viento en llanuras abiertas y las altas precipitaciones del piedemonte araucano, se requiere una manta tridimensional con alta resistencia a la tracción mecánica para soportar el peso de la hidrosiembra húmeda antes de germinar.

De acuerdo con la ficha técnica de Pavco (*FT-PW-MANTOS PERMANENTES*), se selecciona el **TRM 1000**está matriz proveen una estructura de polipropileno resistente a los rayos UV con una elongación controlada del 40% y resistencias a la tensión longitudinal sumamente robustas:

11.5. Selección de la Matriz del Manto

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Tabla 9 FICHA TÉCNICA MANTOS PERMANENTES

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	TRM 500	TRM 550	TRM 700	TRM 1000
Resistencia a la tensión [1]						
Elongación longitudinal	ASTM D6818	%	40.0	40.0	40.0	40.0
Elongación transversal	ASTM D6818	%	40.0	40.0	40.0	40.0
Sentido longitudinal	ASTM D6818	kN/m	3.3	5.3	45.0	60.0
Sentido transversal	ASTM D6818	kN/m	2.6	4.4	30.0	45.0
Resiliencia [1]	ASTM D6524	%	-	-	60.0	60.0
PROPIEDADES FÍSICAS	**NORMA**	**UNIDAD**	**TRM 500**	**TRM 550**	**TRM 700**	**TRM 1000**
Masa por unidad de área [1]	ASTM D6566	g/m2	310 ± 5%	320 ± 5%	271	340
Espesor [1]	ASTM D6525	mm	10.0	11.0	7.0	10.0
Penetración de la luz [1]	ASTM D6567	%	10.0	7.0	35.0	30.0
Estructura	-	-	-	-	3D Rectangular	3D Rectangular
Color	-	-	Verde	Verde	Verde	Verde
PROPIEDADES DE DESEMPEÑO	**NORMA**	**UNIDAD**	**TRM 500**	**TRM 550**	**TRM 700**	**TRM 1000**
Resistencia al esfuerzo Cortante [2,3]	Gran escala	Pa	386	480	575	766
Velocidad admisible [2,3]	Gran escala	m/s	4.5	5.0	6.1	7.6
Coeficiente de rugosidad de Manning (n) profundidad de flujo entre 0.15m – 0.6m	Calculado	-	0.03-0.018	0.03-0.018	0.028	0.028
Germinación de las semillas [3]	ASTM D 7322	-	470	470	200-220	255-296
DURABILIDAD	**NORMA**	**UNIDAD**	**TRM 500**	**TRM 550**	**TRM 700**	**TRM 1000**
Resistencia UV (% Retenido @ 1000hr)	ASTM D4355	%	90	90	90	-
Resistencia UV (% Retenido @ 3000hr)	ASTM D4355	%	-	-	90	90
Resistencia UV (% Retenido @ 6000hr)	ASTM D4355	%	-	-	-	90
PRESENTACIÓN DEL ROLLO	**NORMA**	**UNIDAD**	**TRM 500**	**TRM 550**	**TRM 700**	**TRM 1000**
Ancho	Medido	m	2.0	2.0	3.4	3.4
Largo	Medido	m	25	25	50	50
Área	Calculado	m²	50	50	170	170

Fuente: Elaboración propia.

12. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CON GEOBOLSAS (GEOBAGS)

12.1. PARÁMETROS HIDRÁULICOS Y MORFOLÓGICOS DE DISEÑO

Los parámetros de contorno que rigen las solicitaciones sobre la estructura son los siguientes:

- **Caudal de Diseño (Q):** 1190.43 m^3/s
- **Pendiente Longitudinal del Cauce (S_0):** 0.101 = 0.00101 m/m
- **Lámina Máxima de Agua (h):** 2.0 m
- **Velocidad Crítica del Flujo Horizontal (Ucr):** 3.0 m/s
- **Cota de Socavación Estimada:** 1.4 m por debajo del lecho.
- **Condición Morfológica y Flujo:** Corriente brusca en tramo curvo (meandro dinámico). Debido a esta morfología, se adopta un **Factor de Turbulencia (KT) de 1.5**, correspondiente a zonas de alta turbulencia en curvas de ríos.

12.2. PARÁMETROS FÍSICOS Y GEOTÉCNICOS DE LOS MATERIALES

Para garantizar la estabilidad gravitacional de las geobolsas frente a la fuerza tractiva del flujo, se definen los siguientes parámetros físicos de los materiales de relleno y del entorno:

- **Densidad del agua (ρ_w):** 1000 kg/m^3
- **Densidad específica del suelo de lleno (ρ_s):** 2650 kg/m^3
- **Densidad aparente del suelo compactado dentro de la Geobag (ρ):** kg/m^3

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

- **Porosidad del suelo de lleno (n):** 0.4
- **Ángulo de fricción en la interfaz Geobag - Suelo local (Δ):** 28.2°
- **Aceleración de la gravedad (g):** 9.81 m/s²

12.3. Determinación del Tamaño y Peso de la Geobolsa (Estabilidad Hidrodinámica

Utilizando la metodología hidrodinámica basada en la ecuación de estabilidad para elementos individuales (Pilarczyk / USACE EM 1110-2-1601):

$$D \geq \frac{K_T \cdot \Phi \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot \Delta \cdot \cos(\theta)}$$

Conservamos los parámetros del entorno hidráulico:

K_T = 1.5 (Factor de turbulencia en meandro dinámico).
Φ = 0.5 (Factor de estabilidad para bloques/geobolsas confinadas).
V = 3.0 m/s (Velocidad crítica del flujo horizontal).
g = 9.81 m/s².
D = 1.65 (Densidad relativa del material de llenado de sitio).
θ = 50.2° .

El espesor mínimo teórico calculado es 0.26m.

De acuerdo con la ficha técnica de Pavco Wavin, el Geobag posee una geometría de base prismática con un ancho de tapa inferior de 94 cm (B), largo de 94 cm (C) y una altura nominal (A) de 100 cm a 115 cm.

- Al ser colocado de forma acostada en el talud, su **espesor nominal de diseño lleno (A) será de 1.0 m**.
- Dado que 1.0 m > 0.233 m, el factor de seguridad hidrodinámico frente al arrastre por velocidad del flujo es **FS = 4.29**, garantizando una estabilidad óptima ante la corriente brusca del río.
- La ficha técnica estipula una capacidad de carga aproximada de **1800 kg (1.8 t toneladas)** por unidad.
- El Geobag cuenta con **reatas de izaje con largo libre de 60 cm**, lo que permite que las bolsas sean llenadas en una zona de acopio limpia e izadas mediante maquinaria pesada (retroexcavadora o grúa) hasta su posición final en el cauce, o ser llenadas *in situ* según la logística de la obra

12.4. Análisis de Estabilidad Geotécnica (Muro de Gravedad Flexible)

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Debido a que el Geobag Pavco es un elemento cúbico/prismático de gran formato (94 x 94 cm de base), la estructura se configurará como un **muro de gravedad flexible y escalonado**, optimizando el espacio y garantizando la protección marginal.

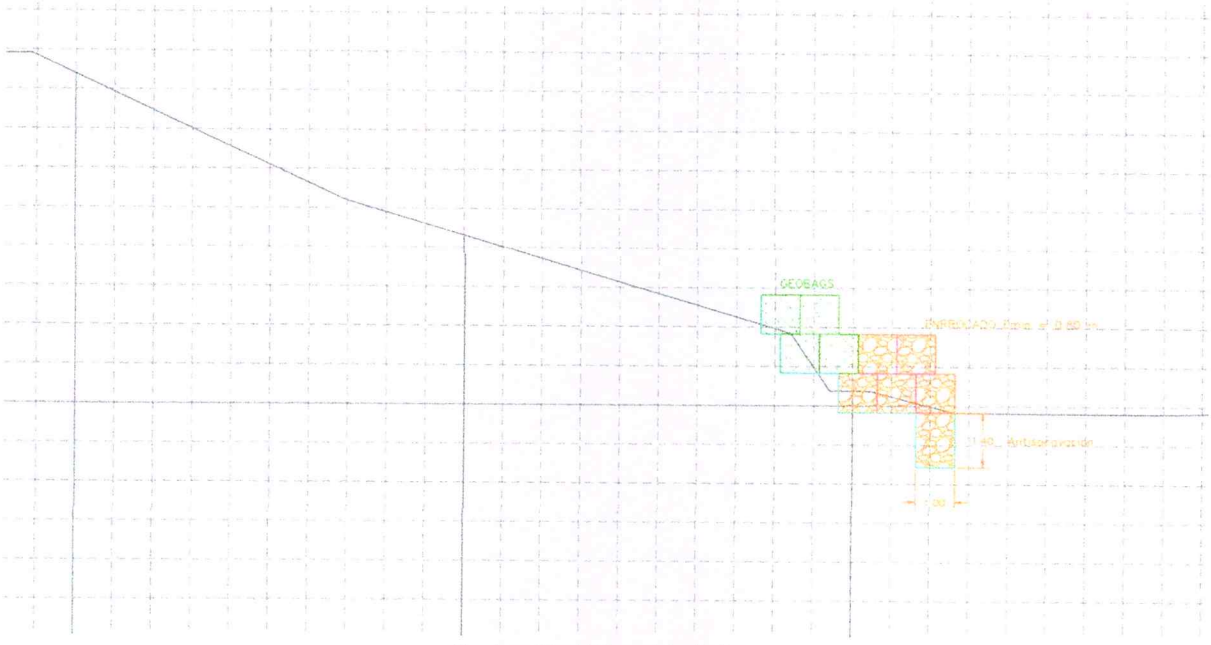


Ilustración 8 Sección típica
Fuente: Propia

El empuje activo del suelo de la margen (E_A) tiende a desplazar el muro hacia el centro del cauce. La resistencia se genera por la fricción en la base de la uña de cimentación a una profundidad de -1.40 m (enrrocado).

$$FS_{deslizamiento} = \frac{\sum W \cdot \tan(\delta) + c \cdot B}{E_A}$$

Donde:

- ΣW: Peso total del cuerpo del muro de geobolsas (calculado en la sección de cantidades).
- d: Ángulo de fricción en la base de la interfaz (suelo-geotextil = 24°).
- B = 2.20 m (Ancho de la base de la cimentación según la sección típica).

Gracias al peso confinado de la subestructura dentro de la trinchera excavada y al empuje pasivo del suelo remanente frente a la uña, el **$FS_{deslizamiento}$ estimado es de 1.65 > 1.50**, cumpliendo los requisitos de la norma **NSR-10**.

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

Para proteger la integridad de la sección típica, se ratifica la colocación de un **Geotextil No Tejido Agujado de alta permitividad** (como el filtro posterior indicado en los estándares de Pavco) dispuesto sobre todo el corte del talud natural antes de la colocación de las geobolsas. Esto mitiga el riesgo de arrastre de finos (licuación local / tubificación) durante el descenso rápido del nivel del río (condición de vaciado rápido o *rapid drawdown*).

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

13. CONCLUSIONES

El tramo del río Banadías en el sector Barrancones presenta una amenaza severa de tipo hidrodinámico debido a la consolidación de un meandro activo sobre Depósitos Aluviales Recientes (Q2al), caracterizados por un perfil estratigráfico granular de arena mal gradada (SP) de compacidad suelta (Nmedio = 8.75).

El alto potencial de licuación cíclica detectado bajo la condición de saturación por nivel freático alto convalida técnicamente la selección de obras flexibles de gravedad (muro escalonado de geobolsas y enrocado suelto), descartando estructuras rígidas de concreto susceptibles a la fractura por asentamientos diferenciales

Debido a que el mecanismo de desestabilización responde a una falla combinada (socavación basal hidrodinámica del río y erosión superficial pluvial/eólica atmosférica), el diseño estructural debe implementarse de forma integrada, restringiendo el uso del manto TRM exclusivamente a zonas secas superficiales sin contacto con el cauce, apoyado por el confinamiento inferior del muro flexible.

Las dimensiones geométricas calculadas (desplante de la uña de cimentación a -1.40 m, borde libre de 0.80 m y peinado del talud superior a una relación 2.5H:1V) satisfacen plenamente los factores de seguridad exigidos por las normas nacionales colombianas (NSR-10, RAS 2000 y Manual de Minambiente).

JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA
INGENIERO CIVIL
T.P. 25202-143899
Especialista En Vías y Trasporte
Especialista En Estructuras
Especialista En Hidráulica y Ambiental

Carlos Arturo Arévalo
CARLOS ARTURO AREVALO RODRIGUEZ
GEOLOGO
M.P D-8029

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

14. LIMITACIONES

La interpretación geológica presentada, se basa en el análisis de información secundaria y los resultados de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio entregados. Si al momento de la ejecución de las obras, se encuentran materiales diferentes a los aquí mostrados, deberá informarse al Especialista Geotécnico del proyecto para adelantar las verificaciones que considere.

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **1.098.795.754**

AREVALO RODRIGUEZ
APELLIDOS

CARLOS ARTURO
NOMBRES

Carlos Arturo Arevalo
FIRMA





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **16-MAR-1997**
SARAVENA
(ARAUCA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.64 ESTATURA | **A+** G.S. RH | **M** SEXO

24-MAR-2015 BUCARAMANGA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

P-2700100-00707061-M-1098795754-20150522 0044231836A 1 44216777

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

CONSEJO PROFESIONAL DE GEOLOGÍA

MATRÍCULA PROFESIONAL DEFINITIVA No. **D-8029**

El Presidente y Secretaria del Consejo Profesional de Geología

CERTIFICAN



Que el Señor **CARLOS ARTURO AREVALO RODRIGUEZ**, portador de la Cédula de Ciudadanía **No. 1098795754**, fue matriculado como **Geólogo** según lo ordenado en la Resolución No. **D-8029**, que en lo pertinente se copia así:

"Otorgar la Matrícula Profesional Definitiva al Geólogo **CARLOS ARTURO AREVALO RODRIGUEZ**, para ejercer la profesión en todo el territorio de la República de Colombia.

Se inscribe al Geólogo **CARLOS ARTURO AREVALO RODRIGUEZ** en el registro del Consejo Profesional de Geología y se incluye en el listado oficial de Profesionales Matriculados."

Se expide la presente en Bogotá, a los 18 días del mes de Diciembre de 2025.

Ilich Villamizar Solano
PRESIDENTE
(Firma Digital)

Marcela Patricia Pañalosa Pedrosa
SECRETARIA
(Firma Digital)

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

La Universidad Industrial de Santander

en nombre de la República de Colombia y por autorización del Ministerio de Educación Nacional,
en atención a que

Carlos Arturo Arevalo Rodriguez

cédula de ciudadanía N° 1.098.795.754 expedida en Bucaramanga

Cumplió satisfactoriamente los requisitos académicos exigidos, le confiere el título de

Geólogo

En testimonio de ello, se firma y se le entrega el presente Diploma,
en la ciudad de Bucaramanga, el 16 de septiembre del año 2025

Registrado al folio 916 Libro 14-Z Diplomas de Grado

Rector

Secretario General

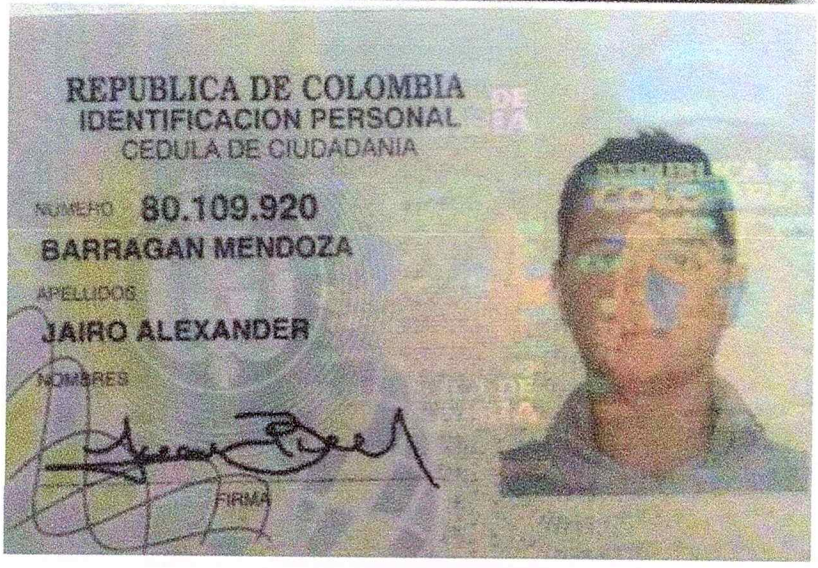
Personería Jurídica 075 - Resolución No. 23 del 23 de febrero de 1949 del Ministerio de Justicia.

108440

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA





[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE

EN ATENCIÓN A QUE

Jairo Alexánder Barragán Mendoza

C.C. 80'109.920 de Bogotá, D.C.

HA CURSADO TODOS LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR LA UNIVERSIDAD Y LAS DISPOSICIONES LEGALES PARA OPTAR EL GRADO UNIVERSITARIO EN LA FACULTAD DE

Ingeniería Civil

LE OTORGA
EN NOMBRE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA
Y POR AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

26 ABR. 2007
NOTARIO CUARENTA (E)

EL TÍTULO DE **Ingeniero Civil**

EN FE DE LO CUAL FIRMAMOS Y SELLAMOS ESTE DIPLOMA EN
BOGOTÁ D. C. A LOS 20 DÍAS DEL MES DE abril AÑO DE 2007

Pablo Gallego Arias f.s.c. — Héctor Hugo Gaviria — Guillermo Pinzuro Morales

Folio 160 — Libro 3



[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [CEL]

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4634571

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 80109920, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-143899 desde el 21 de Junio de 2007, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 341.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintinueve (29) días del mes de Julio del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Micrositc/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

[EMAIL] ingenieroabarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Nacional de Colombia

Teniendo en cuenta que

Jairo Alexander Barragan Mendoza
C.C. 80.109.920 de Bogotá D.C.

cumplió satisfactoriamente todos los requisitos académicos reglamentarios del Plan de Estudios de Posgrado, le confiere el Título de

Especialista en Vías y Transporte

En la ciudad de Manizales, a los 25 días del mes de octubre de 2021

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaría General

Registro No 2524, Folio 69 del Libro de Diplomas n.° 3
de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Sede Manizales

64917

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Nacional de Colombia

Teniendo en cuenta que

Jairo Alexander Barragán Mendoza

C.C. 80.109.920 de Bogotá

cumplió satisfactoriamente todos los requisitos académicos reglamentarios del Plan de Estudios de Posgrado, le confiere el Título de

Especialista en Ingeniería Hidráulica y Ambiental

En la ciudad de Manizales, a los 14 días del mes de septiembre de 2018

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaría General

Registro n.° 1706, Folio 14 del Libro de Diplomas n.° 3
de la Sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura

54145



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Nacional de Colombia

Teniendo en cuenta que

Jairo Alexander Barragán Mendoza

C.C. 80.109.920 de Bogotá D.C.

cumplió satisfactoriamente todos los requisitos académicos reglamentarios del Plan de Estudios de Posgrado, le confiere el Título de

Especialista en Estructuras

En la ciudad de Manizales, a los 5 días del mes de diciembre de 2019

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaría General

Registro No 1950, Folio 30 del Libro de Diplomas n.° 3
de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Sede Manizales

58105

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 1.115.735.747

TORRES QUINTERO

APELLIDOS

JOSE GREGORIO

NOMBRES

José Gregorio Torres

FIRMA





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 29-JUL-1993

SARAVENA
(ARAUCA)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.70	O+	M
ESTATURA	G.S. RH	SEXO

02-AGO-2011 SARAVENA

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

P-4002500-00336292-M-1115735747-20110917 0028101063A 1 36027729

Scanned with CamScanner

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA**, identificado con cédula de ciudadanía No 80.109.920, de profesión Ingeniero Civil con T.P. N° 25202-143899 con más de DIEZ (10) años de experiencia de ejercicio profesional, por medio del presente documento declaro que asumo toda responsabilidad del estudio geotecnico para el proyecto "**CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.**",

Por lo anterior, manifiesto que asumo toda responsabilidad referente a los perjuicios que puedan deducirse a causa de este estudio y exonero al municipio de Saravena ante terceros de cualquier responsabilidad civil, penal o administrativa por cualquier falta u omisión del presente estudio.

Se da cumplimiento a la normativa y reglamentos vigentes aplicables al área de estudio. Así mismo el presente documento no podrá ser modificado, sin la autorización del profesional responsable, una vez el proyecto sea viabilizado por la entidad competente.
Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional, certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los (25) días del mes de junio de 2026.
Cordialmente,

Cordialmente,

JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA
Ingeniero Civil
T.P. 25202-143899
Especialista En Vías y Trasporte
Especialista En Estructuras
Especialista en ingeniería hidráulica y ambiental

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

DONACIÓN

Saravena - Arauca junio de 2026

Señores:
ALCALDIA DE SARAVENA

REF: DONACIÓN DEL ESTUDIO GEOTECNICO para el proyecto " CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."

Yo, **JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA**, Ingeniero Civil Especialista en estructuras, identificado con cedula de ciudadanía No. 80.109.920 de Bogotá D.C y matricula profesional No. 25202-143899 CND expedida por el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería, actuando en nombre propio me permito comunicar que, como acto libre y voluntario, es mi propósito hacer entrega a título gratuito e irrevocable del estudio geotecnico, documentos soporte y derechos de autor que integran la formulación integral del proyecto denominado "**CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**"

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos a la alcaldia Municipal de Saravena. La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Atentamente,

JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA
Ingeniero Civil
T.P. 25202-143899
Especialista En Vías y Trasporte
Especialista En Estructuras
Especialista en ingeniería hidráulica y ambiental

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CARLOS ARTURO AREVALO RODRIGUEZ**, geólogo profesional, identificado con cedula de ciudadanía No. 1.098.795.754 de Bucaramanga y matricula profesional No. D-8029 expedida por el Consejo Profesional Nacional de geología, por medio del presente documento declaro que asumo toda responsabilidad del estudio geotécnico para el proyecto "**CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.**",

Por lo anterior, manifiesto que asumo toda responsabilidad referente a los perjuicios que puedan deducirse a causa de este estudio y exonero al municipio de Saravena ante terceros de cualquier responsabilidad civil, penal o administrativa por cualquier falta u omisión del presente estudio.

Se da cumplimiento a la normativa y reglamentos vigentes aplicables al área de estudio. Así mismo el presente documento no podrá ser modificado, sin la autorización del profesional responsable, una vez el proyecto sea viabilizado por la entidad competente.
Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional, certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los (25) días del mes de junio de 2026.
Cordialmente,

Cordialmente,

Carlos A. Arevalo R.

CARLOS ARTURO AREVALO RODRIGUEZ
Geólogo Profesional
D-8029

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628

[JABM]+ingenieria
ING. JAIRO ALEXANDER BARRAGÁN MENDOZA

DONACIÓN

Saravena - Arauca junio de 2026

Señores:
ALCALDIA DE SARAVENA

REF: DONACIÓN DEL ESTUDIO GEOTECNICO para el proyecto " **CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.**"

Yo, **CARLOS ARTURO AREVALO RODRIGUEZ**, geólogo profesional, identificado con cedula de ciudadanía No. 1.098.795.754 de Bucaramanga y matricula profesional No. D-8029 expedida por el Consejo Profesional Nacional de geología, actuando en nombre propio me permito comunicar que, como acto libre y voluntario, es mi propósito hacer entrega a título gratuito e irrevocable del estudio geotécnico, documentos soporte y derechos de autor que integran la formulación integral del proyecto denominado "**CONSTRUCCIÒN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE EROSIÓN LATERAL Y SOCAVACIÓN BASAL EN TALUDES DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO BANADÍAS – SECTOR CRÍTICO BARRANCONES EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**"

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos a la alcaldia Municipal de Saravena. La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Atentamente,

Carlos A. Arevalo R.

CARLOS ARTURO AREVALO RODRIGUEZ
Geólogo Profesional
D-8029

[EMAIL] ingenierobarragan@gmail.com [MOVIL] 057 + 314 266 7628