Consorcio
CUNDINAMARCA JINT 17

ESTUDIO DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

CONTRATO CONSULTORÍA ICCU-783-2025

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTA AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO".

1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN.

VERSIÓN 03

AGOSTO 2026



ICCU
INSTITUTO DE CAMINOS Y CONSTRUCCIONES DE CUNDINAMARCA

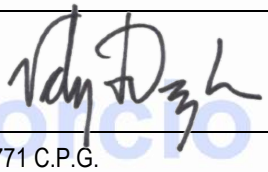
ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTA AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ – FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO".	**ESTUDIO DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA** **1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN**

CONTROL DE CAMBIOS

Rev.	Fecha	Descripción
1	29/04/2026	Entrega inicial para revisión de la interventoría mediante comunicado CCJINT17-0783- 0545-26 del 29/Abr/2026
2	15/07/2026	Respuesta a comunicado T-003-2025-226-OFC para revisión de la interventoría mediante comunicado CCJINT17-0783-0917-26 del 15/Jul/2026
3	18/08/2026	Entrega V3, mediante comunicado CCJINT17-0783-1054-26 del 18/Ago/2026

REPRESENTANTES CONSULTORÍA – CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

REALIZÓ Geólogo	NOMBRE:	Geo. Víctor Hugo Díaz-Herrera
	FIRMA	
	T.P.	1771 C.P.G.
REVISÓ y APROBÓ Director de Estudios y Diseños	NOMBRE:	Ing. César Augusto Palacios Wilches
	FIRMA	
	MAT:	25202-079229 CND

REPRESENTANTES INTERVENTORÍA – INGEOCIM S.A.S.

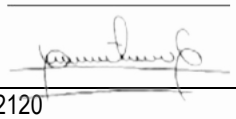
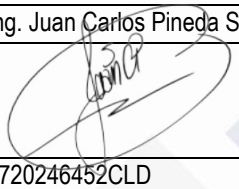
REVISIÓN Geólogo Interventoría	NOMBRE:	Gustavo Adolfo Trejos González
	FIRMA	
	MAT:	2120
VALIDACIÓN y APROBACIÓN Director Interventoría	NOMBRE:	Ing. Juan Carlos Pineda Suarez
	FIRMA	
	MAT:	1720246452CLD

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 8

2. OBJETIVOS Y ALCANCES 10
2.1 Objetivo general 10
2.2 Objetivos específicos 10
2.2 ALCANCES 10

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 12
3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 12

4 METODOLOGÍA DE TRABAJO 14
4.1 VOLUMEN DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA 14
4.2 PLAN DE CAMPO 16

5 MARCO REGIONAL 21
5.1 GEOLOGÍA REGIONAL 21
5.1.1 ESTRATIGRAFÍA 22
5.2.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 29
5.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL 31
5.3.1 GEORFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL 32
5.3.2 GEORFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL 33
5.3.3 GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL 34
5.3 AMENAZA POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA 36
5.4 AMENAZA SÍSMICA 37
5.5 HIDROGEOLOGÍA CONCEPTUAL 38

6 RECONOCIMIENTO DE CAMPO 40

7 FOTOINTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE IMÁGENES 77
7.1 FOTOINTERPRETACIÓN 77
7.2 MAPA DE PENDIENTES 81

8 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL 82
8.1 GEOLOGÍA LOCAL 82
8.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL 83
8.2.1 MORFODINÁMICA 86

9 GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA 87
9.1 CORREDOR GEOTÉCNICO 87
9.2 ZONAS DE COMPORTAMIENTO HOMOGÉNEO 87

10 FUENTES DE MATERIALES Y ZODMES 90
10.1 FUENTES DE MATERIAL 90
10.2 ZODME 91

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 92

12 BIBLIOGRAFÍA 93

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Localización de los tramos a ejecutar Lote 1 en el departamento de Cundinamarca. 12
Ilustración 2 Tramo vial Lenguazaque – Villapinzón 13
Ilustración 3 Esquema metodológico secuencial (Carvajal, 2012). 16
Ilustración 4 Comparación de perfiles de meteorización del macizo rocoso según Deere y Patton (1971), Dearman (1974, 1991), Forero et. al. (1999). Tomado de SGC S.G., 2017. 18
Ilustración 5 Perfil de meteorización según ISRM, 1981. Tomado de U. de Oviedo, 2007. 18
Ilustración 6 Dureza de la roca frente a la navaja y el martillo geológico. Fuente: Adaptado de US. Bureau of Reclamation (1990), en "Engineering Geology Field Manual". 19
Ilustración 7 Resistencia del suelo a partir de índices de campo (ISRM). Fuente: Modificado de British Standard Institution (1999). 19
Ilustración 8 Formato modificado para inventario de movimientos en masa (hoja 1). Tomado de SGC, 2017. 20
Ilustración 9 Formato modificado para inventario de movimientos en masa (hoja 2). Tomado de SGC, 2017. 20
Ilustración 10 Marco geológico regional del corredor vial lenguazaque - Vilapinzón 22
Ilustración 11 Columna estratigráfica de la Fm. Tilatá 24
Ilustración 12 Esquema tectónico de la plancha 209-Zipaquirá, señalando en círculo naranja la zona con los tramos viales Villapinzón-Lenguazaque 30
Ilustración 13 Geomorfología regional corredor vial Villapinzón - Lenguazaque 31
Ilustración 14 Zonificación de amenaza por movimientos en masa en el corredor vial Villapinzón-Lenguazaque Se señalan en rojo los tramos viales en estudio 36
Ilustración 15 Mapa nacional de amenaza sísmica de Colombia (INGEOMINAS-UNC, 2010), señalando el corredor vial Villapinzón-Lenguazaque 37
Ilustración 16 Rangos de pendientes, SGC, 2016 40
Ilustración 17 Panorámica de la vía desde el K0+750 de mejoramiento; vista hacia Villapinzón (Az 330) 44
Ilustración 18 Aspecto de roca meteorizada en el talud interno en K0+750 45
Ilustración 19 Panorámica hacia Villapinzón (Az 095), en K1+450 45
Ilustración 20 Bancos de areniscas feldespáticas con capas de arcillolita, en K0+750 46
Ilustración 21 Detalle en incipiente erosión concentrada en costado izquierdo de la vía, en PR22+100. Vista hacia Villapinzón (Az 47
Ilustración 22 Vista del talud en K2+570 47
Ilustración 23 Vista hacia Villapinzón (Az 120), desde el K2+850 48
Ilustración 24 Vista del extremo norte del frente de extracción de material, Vista al norte (Az 360) 49
Ilustración 25 Prolongación al oriente del frente de extracción, se observa banco arcilloso por debajo de las liditas 49
Ilustración 26 Panorámica de la vía hacia Villapinzón (Az 030), desde el patio de la zona de extracción (K3+300). 50
Ilustración 27 Panorámica de la vía hacia el NNE (Az 020), en el K4+700 (PR25) 50
Ilustración 28 Vista hacia Villapinzón (Az 120), desde el PR26 (K5+700) 50
Ilustración 29 Panorámica del sector del PR27 (K6+700), vista hacia Villapinzón (Az 170) 51
Ilustración 30 Panorámica al sur (Az 180), desde el K6+700 51
Ilustración 31 Aspecto de la vía en K8+300, vista hacia Villapinzón (Az 080) 52
Ilustración 32 Perfil residual desarrollado en pequeño corte de acceso a vivienda, al costado izquierdo de la vía en K8+600 52
Ilustración 33 Aspecto de la banca en K8+700. Vista hacia Villapinzón (Az 120) 53
Ilustración 34 Panorámica del puente sobre el río Tibia, mirando hacia Lenguazaque (Az 320) 53
Ilustración 35 Vista hacia aguas arriba desde el puente, hacia Az 035 54

Ilustración 36 Vista hacia la margen derecha del puente sobre el río Tibia (Az 355) 54
Ilustración 37 Detalle en margen izquierda, aguas arriba (Az 150). 54
Ilustración 38 Sección del corredor vial desde el K9+900; vista hacia Villapinzón (Az 240) 55
Ilustración 39 Panorámica de frente de extracción de materiales en K10+100 55
Ilustración 40 Vista hacia Villapinzón (Az) desde el K11 56
Ilustración 41 Perfil residual limo-arcilloso en K11+500, talud de corte al costado derecho de la vía 57
Ilustración 42 Aspecto del talud 58
Ilustración 43 Aspecto de la vía en el K12+000, vista hacia Villapinzón (Az 210) 58
Ilustración 44 Panorámica del corredor vial desde el K12+680 hacia Villapinzón (Az 160) 60
Ilustración 45 Perfil residual en K12+600, costado izquierdo de la vía 60
Ilustración 46 Panorámica de la vía desde el K13+700, vista hacia Villapinzón (Az 160) 61
Ilustración 47 Vista del tramo en cajón del K14+600. Se señala el PR35 de la vía. Vista hacia Villapinzón (Az 120) 61
Ilustración 48 Vista desde el K15+500 hacia Villapinzón (Az 110) 62
Ilustración 49 Panorámica del corridor vial desde el PR16+500; vista hacia Villapinzón (Az 170) 62
Ilustración 50 Aspecto del talud en K17+400 (Az 015) 63
Ilustración 51 Panorámica del talud hacia Villapinzón (Az 120), en la zona de arcillolitas 63
Ilustración 52 Vista desde el K17+900 hacia atrás (Az 340), en un vallecito que nace en la zona de la estación 5, con bloques exhumados en las vertientes 64
Ilustración 53 Vista al SW desde el K18+500. Relieve de salientes rocosas y valles graciares, atravesados transversalmente por la vía, en el descenso al valle del río Bogotá 65
Ilustración 54 Aspecto de la banca adelante del K18+500. Vista hacia Villapinzón (Az 005) 65
Ilustración 55 Vista del K18+500, desde el K18+850 (Az 255) 66
Ilustración 56 Vista panorámica hacia Villapinzón (Az 160), desde el K19+100 66
Ilustración 57 Detalle del depósitos que cubre la vertiente, en K19+150, aproximadamente 67
Ilustración 58 Bancos de areniscas entre arcillolitas, en K19+220; vista hacia Villapinzón (Az 075) 67
Ilustración 59 Acercamiento al talud en K19+250; vista hacia Villapinzón (Az 075) 68
Ilustración 60 Vista hacia el K19+400, desde el K19+200. Az 130 69
Ilustración 61 Vista desde el K19+500 (PR40), hacia Villapinzón (Az 190) 69
Ilustración 62 Panorámica del corredor vial desde el K19+800; vista hacia Villapinzón (Az 160) 70
Ilustración 63 Panorámica del corredor vial desde el K20+100, al final del tramo de mejoramiento. 70
Ilustración 64 Vista hacia atrás desde el K20+100, desde el K20+050, al final del tramo de mejoramiento 71
Ilustración 65 Vista hacia el K0 del tramo de rehabilitación (Az 100) 71
Ilustración 66 Vista desde el K0+850 del tramo de rehabilitación, hacia Villapinzón (Az 030) 72
Ilustración 67 Pequeño flujo de tierra en K1+440, en talud al costado derecho de la vía. 72
Ilustración 68 Panorámica hacia Villapinzón (Az), en el K1+440 72
Ilustración 69 Panorámica de la vía desde K1+850 (PR45), vista hacia Villapinzón (Az 085). Carpeta afectada por piel de cocodrilo, sin afectaciones de subrasante ni del talud 73
Ilustración 70 Vista del K2+500, hacia Villapinzón (Az 160) 73
Ilustración 71 Panorámica del sector del K2+700, vista hacia Villapinzón (Az 150) 74
Ilustración 72 Talud exterior de la vía en el tramo afectado en K2+700 74
Ilustración 73 Vista desde la parte alta de la banca, hacia el tramo afectado. Se aprecia el hundimiento de la banca, y del terreno en la entrada del box. 75
Ilustración 74 Vista hacia atrás (Az), mostrando grietas en la banca más alla del box. 75

Índice de Tablas

Tabla 3-1 Relación corredores viales Lote 1 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 2 Caracterización de los planos de discontinuidad en K0+750 46
Tabla 3 Caracterización de los planos de discontinuidad en K2+850 48
Tabla 4 Relación de planos de discontinuidad en K17+400.....64
Tabla 5 Relación de planos de discontinuidad de la roca en K19+220 68

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

1. INTRODUCCIÓN

Mediante la Ordenanza No. 001 del 22 de marzo de 2024 se adoptó el Plan Departamental de Desarrollo 2024 – 2028 "GOBERNANDO: MÁS QUE UN PLAN", en el cual se encuentra establecida la Línea Estratégica: "Competitividad compartida", cuyo objetivo principal es "la reducción de brechas y rezagos en diversas áreas, como educación superior, ciencia, tecnología e innovación, así como en la generación de ingresos, productividad y bienestar general. Esta estrategia se enfoca en superar las disparidades entre la ciudad y el campo, brechas de géneros, productores y comercializadores, así como las diferencias marcadas entre estratos socioeconómicos. La premisa es lograr un progreso colectivo que abrace a toda la diversidad existente en el Departamento."

Una competitividad compartida pasa por diagnosticar, identificar y desarrollar las vocaciones productivas de los territorios, basándose en sus ventajas comparativas. Esto implica no solo fortalecer las vocaciones existentes, sino también promover la apropiación de tecnologías adecuadas para procesos sencillos que aporten un gran valor, tanto a los productos, como a los servicios generados en los diferentes municipios. Además, la línea estratégica busca fomentar la creación de vocaciones basadas en las mejores prácticas agropecuarias, como también en la creación de rutas de turismo inteligente y demás potencialidades locales.

Dentro de las apuestas que se desarrollan para fortalecer la competitividad compartida se tienen: 2… Conectividad y Movilidad Eficiente ya que el mejorar la conectividad afecta positivamente la competitividad compartida. Esto considera la ampliación y mejora de la infraestructura vial, la puesta en marcha de sistemas de transporte con enfoque de sostenibilidad, con el desarrollo soluciones férreas, reposición de flotas a energías amigables con el ambiente, así como infraestructura para la bicicleta. Además, es fundamental el buen manejo del tráfico vehicular y la seguridad en las zonas metropolitanas, y el uso permanente de las autopistas digitales. La conexión efectiva entre Bogotá y las provincias, así como la conexión intermunicipal, no solo mejorará la movilidad y conectividad, sino que también acortará las brechas sociales de quienes habitan."

En las apuestas que se proponen en el Plan de Desarrollo Departamental, se encuentra la "Conectividad" la cual se entiende cómo "el proceso de unión de los territorios, los sistemas económicos y las personas (CEPAL, 2006). Es por ello, que la apuesta se proyecta como todo tipo de unión y acercamiento de la población en Cundinamarca, sea digital o vial. Desde este punto, se pretende conectar a Cundinamarca mediante infraestructura óptima que permita el transporte de la ciudadanía, mejorando la calidad de vida y facilitando el transporte de los productos del departamento incrementando la competitividad de este. Es decir, se establece la conectividad como elemento integrado que fomenta la productividad y competitividad."

La consultoría a desarrollar en el contrato ICCU-783-2025 corresponde al lote 1, el cual contempla las siguientes vías:

LOTE 1: 1. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN, 2. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45, 3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE, 4. VÍA DESDE EL

CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ, 5. VÍA QUE CONECTA EL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ - FONTIBÓN - FACATATIVÁ - LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ - EL ROSAL, 6. VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO.

Las actividades a desarrollar, dentro de los estudios y diseños, son las siguientes: Plan de campo, metodología de trabajo y cronograma de trabajo, estudio de transporte, estudio de topografía, trazado y diseño geométrico, señalización y seguridad vial y plan de manejo de tránsito, geología para ingeniería, estudio de suelos para el diseño de fundaciones y otras estructuras de contención, estudio de estabilidad y estabilización de taludes, estudio geotécnico y diseño del pavimento, estudio de fuentes de materiales, estudio de hidrología, hidráulica y socavación, estudio y diseño de estructuras, gestión ambiental y social del proyecto, gestión predial, estudio de cantidades de obra, análisis de precios unitarios y presupuesto para la estructuración del pliego de condiciones. Los diferentes volúmenes, se realizan por profesionales de formación especializada y amplia experiencia especifica en consultoría de obras civiles, para garantizar el aseguramiento de los resultados en la compleja industria de la construcción.

Todo conforme a los lineamientos establecidos por el Instituto de Infraestructura y Concesiones de Cundinamarca (ICCU), en el marco del contrato ICCU-783-2025. Este conjunto de estudios tiene como objetivo principal definir, estructurar y validar las soluciones técnicas necesarias para la ejecución de las obras contempladas en el Lote 1, garantizando su viabilidad técnica, normativa, ambiental y financiera.

Este documento en particular, presenta el desarrollo del volumen III Estudio de Geología para Ingeniería, como parte integral de los estudios y diseños para las vías del Lote 1, del Proceso de Contratación No. ICCU-CM-017-2025, mediante el cual el Instituto busca realizar estudios y diseños para la futura ejecución de proyectos de infraestructura vial en el Departamento de Cundinamarca, realizando proyectos de mejoramiento y/o rehabilitación en vías de primer, segundo y tercer orden a cargo del Departamento de Cundinamarca.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1 Objetivo general

Adelantar los estudios de geología para ingeniería detallados, a nivel de Fase III, con la definición de las características geológicas geomorfológicas e hidrogeológicas de los Corredores Viales (CV), que hacen parte del Lote 1, así como el análisis para geotecnia e ingeniería de cada uno de estos. Como parte de las últimas definiciones establecidas por las autoridades nacionales para los estudios y diseños viales, en particular lo que respecta a los estudios de geología y geotecnia, se contempla la definición y análisis del Corredor Geotécnico (CG), el cual se entiende como la franja del terreno en la que se desarrolla el CV, dentro de la que trascienden las eventuales afectaciones entre la vía y el terreno.

Este informe en particular, presenta el desarrollo del volumen de Geología para Ingeniería para la vía que comunica desde el casco urbano de Chocontá con el casco urbano de Cucunubá.

2.2 Objetivos específicos

Los objetivos particulares para adelantar los estudios de Geología para Ingeniería, se definen de manera congruente con el Anexo Técnico (AT) del proceso de contratación ICCU-CM-017-2025, descritos a continuación:

- Definición de las características geológicas, geomorfológicas de los corredores viales (CV), enmarcados en los CG. La caracterización parte de la revisión, análisis y condensación disponible en las instancias pertinentes, como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), la Gobernación de Cundinamarca, los municipios que cubren las vías objeto de estudios, la corporación autónoma regional en la zona, la CAR, y otras autoridades nacionales como el IGAC, el IDEAM, el INVIAS, en aspectos como geología, geomorfología, suelos, coberturas vegetales y uso de la tierra, riesgo sísmico, volcánico y por procesos de remoción en masa (PRM), geología para ingeniería, geotecnia y estudios ambientales.
- El modelo geológico y geomorfológico se detalla, de acuerdo con el AT, a escala 1:2.000, sobre el levantamiento topográfico del CV, definiendo las unidades de geología para ingeniería y los elementos geomorfológicos. Mediante la elaboración de estudios y análisis propios se describen y analizan las unidades y elementos diferenciados, así como los aspectos de estabilidad y seguridad del corredor vial, clasificación de los materiales excavación para pago de los mismos, las fuentes de materiales disponibles en cada zona y la caracterización de zonas apropiadas para la disposición de materiales sobrantes (botaderos o ZODMES), en la zona de los CV, acorde con los alcances establecidos en el AT.

2.2 ALCANCES

El estudio de geología para ingeniería debe determinar, mediante la evaluación y análisis detallados, a escala 1:2.000, los aspectos de estabilidad y seguridad de los C.V., donde se adelantarán las intervenciones que determinen los estudios y diseños, asi como la clasificación de excavaciones para pago.

Se contemplan además los siguientes alcances, complementando lo expuesto en el Anexo Técnico:

- Definición del Corredor Geotécnico, a partir del análisis de información, como la cartografía temática regional (geología y geomorfología), publicada por el SGC, topografía base del IGAC, la interpretación de fotografías aéreas y otras imágenes de sensores remotos (satelitales y ortofotomosaicos), así el reconocimiento de las vías, la cual permite definir las afectaciones sobre la banca y las laderas contiguas a los corredores viales. Se definen sitios inestables o críticos, potencialmente inestables, obras especiales como puentes y obras de arte importantes, así como estructuras de contención existentes, para recomendar los sitios de exploración geotécnica. La escala para la definición del CG será 1:10.000, de acuerdo con la disponibilidad de topografía del territorio (IGAC).

- Caracterización geológica y geomorfológica de los CV, con longitud cercana a los 48 km, desde lo regional a lo local, con base en el análisis de la información existente, complementada con las definiciones y análisis propios del estudio de geología para ingeniería, como el reconocimiento de campo, fotointerpretación y análisis de imágenes, así como la descripción e interpretación de los registros de exploración: sondeos, trincheras y exploración geofísica. La escala final de los análisis será 1:2.000, conforme con lo establecido en el AT.

- Detallar en la investigación y análisis de geología y geomorfología para geotecnia e ingeniería, en zonas inestables y potencialmente inestables.

- Modelo hidrogeológico conceptual de los corredores viales.

- Proponer los taludes más favorables, tanto en corte como en terraplén, de manera que se garanticen condiciones adecuadas de estabilidad, según la definición de zonas de comportamiento geotécnico homogéneo.

- Identificación y caracterización de fuentes de materiales y ZODMES aledaños a los CV, adecuados para el desarrollo de las obras proyectadas para la rehabilitación de las vías.

- La cartografía temática de los diferentes corredores viales, Unidades de Geología para Ingeniería (UGI) y Elementos Geomorfológicos (EGMF), será llevada a la escala de detalle, 1:2.000, sobre el levantamiento topográfico de los CV.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

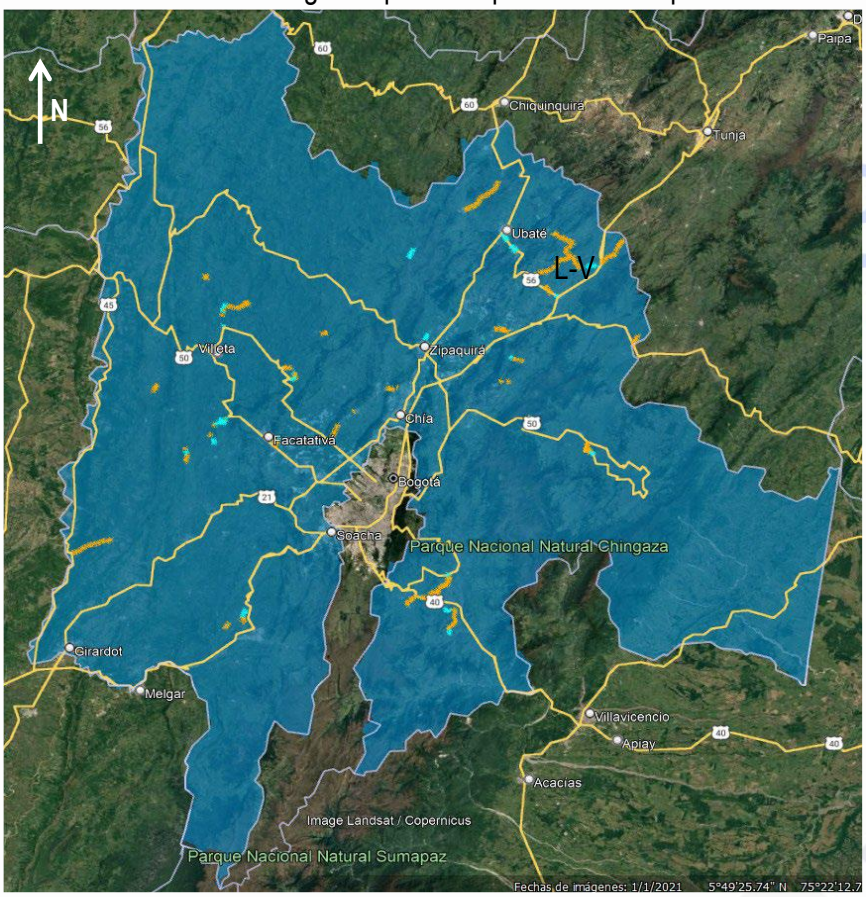
Los estudios de geología se adelantaron para los corredores viales establecidos en las vías secundarias priorizadas existentes en el Departamento de Cundinamarca, utilizando metodologías y tecnologías de punta que le permitan al Departamento avanzar en el desarrollo de la infraestructura vial para la competitividad, en armonía con el Plan Nacional de Desarrollo y el Plan Departamental de Desarrollo.

La vía Lenguazaque - Villapinzón, se desarrolla en la región de la Sabana Norte, provincia de Almeidas del departamento de Cundinamarca.

3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

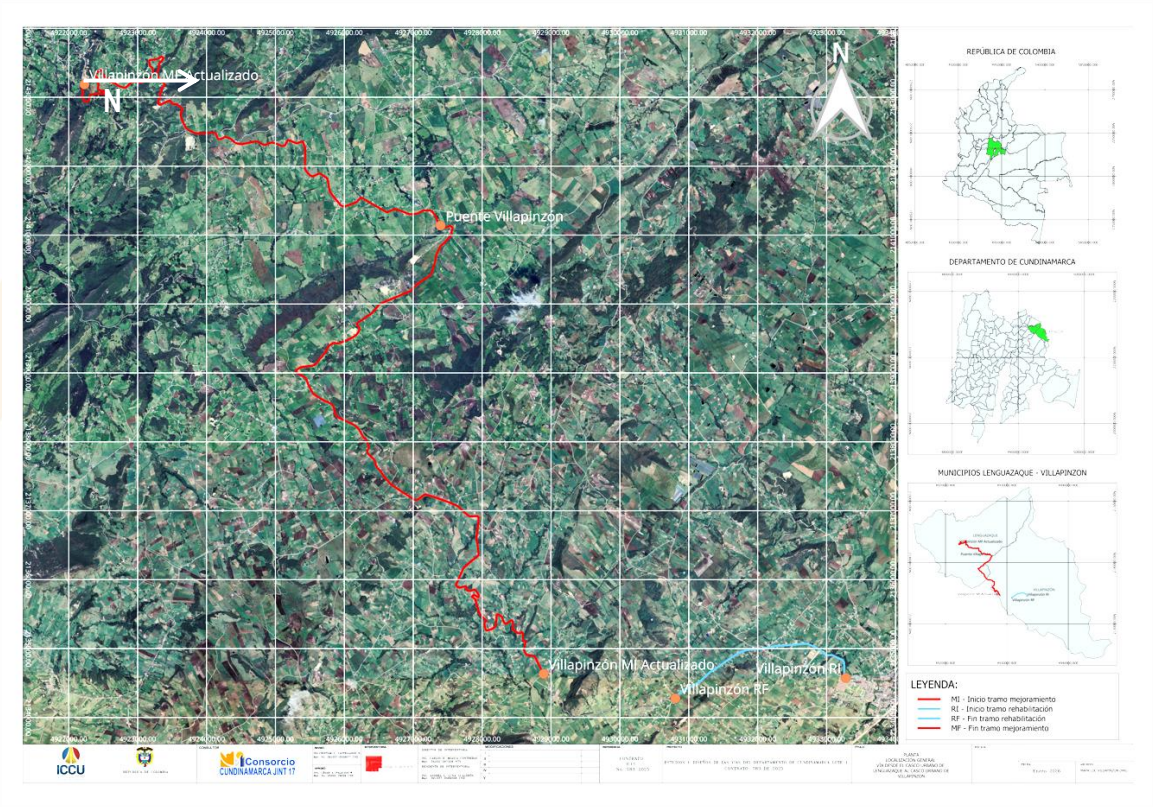
En la Ilustración 1 se presenta la ubicación general de la vía Lenguazaque – Villapinzón- (L-V), en el en el contexto del departamento de Cundinamarca, mientras que en la Ilustración 2 se presenta la localización del tramo Lenguazaque - Villapinzón.

Ilustración 1 Localización de la vía Lenguazaque - Villapinzón en el departamento de Cundinamarca.



Fuente: Modificado de de Anexo Técnico del proceso ICCU-CM-017-2025

Ilustración 2 Tramo vial Lenguazaque – Villapinzón



Fuente: Elaboración - CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 sobre imagen satelital de Google Earth

4 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se plantea el siguiente esquema metodológico, de manera que se alcancen los objetivos y contenidos del estudio de geología, dentro del volumen de geología para ingeniería, de acuerdo con los términos de referencia para los estudios y diseños, correspondientes al Anexo 1 -Anexo técnico ICCU-CM-017-2025.

Como referentes metodológicos se cuenta con los siguientes documentos:

- Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia, CARVAJAL, 2012.
- Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, SGC, 2017.
- Guía de lineamientos técnicos y metodológicos para la incorporación del Concepto de Corredor Geotécnico (CG) en los proyectos de Infraestructura Vial, MINTRANSPORTE-INVIAS, 2025.
- Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía de geología para ingeniería para la zonificación geomecánica, Volumen INGEOMINAS, 2004.
- Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geomorfológica para la zonificación geomecánica, Volumen II INGEOMINAS, 2004.
- Propuesta metodológica para el desarrollo de una zonificación geotécnica para cartografía de zonificación geomecánica, Volumen III.

4.1 VOLUMEN DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

Para la elaboración de los volúmenes de Geología para los 6 corredores viales que conforman el grupo de vías del Lote 1, se plantea desarrollar la siguiente metodología, la cual se desarrolla desde lo regional a lo local:

- Definición de los objetivos y alcances, aspectos generales del área de estudio y la metodología para adelantar el volumen de geología y el plan de campo, así como el cronograma para adelantar los estudios.

- Estudio de antecedentes: Recopilación, revisión y análisis de la información disponible del área de estudio, como la cartografía temática (SGC-geología y geomorfología regional), factores de riesgo sísmico y volcánico (SCG) y de procesos de remoción en masa (SIMMA-SGC, UNGRD, CDGRD), y modelo hidrogeológico (SGC); fotografías aéreas y cartografía publicada por el IGAC, especialmente los planos 1:10.000, los cuales se encuentran en diferentes años; imágenes disponibles, estudios de la CAR, la Gobernación de Cundinamarca, el INVIAS, y por los municipios en el área de influencia del corredor vial. La información y los resultados se plasmarán en el respectivo capítulo del informe de geología. La información será recopilada y analizada por el geólogo de apoyo, con supervisión del geólogo principal.

- Modelos geológico y geomorfológico regional de los corredores viales, a partir de la cartografía temática publicada por el SGC. Los mapas y memoria serán elaborados por el geólogo de apoyo.

- Estudios de campo: Reconocimiento de los corredores viales, adelantada por el geólogo principal. En el siguiente numeral se detallarán las actividades a desarrollar.

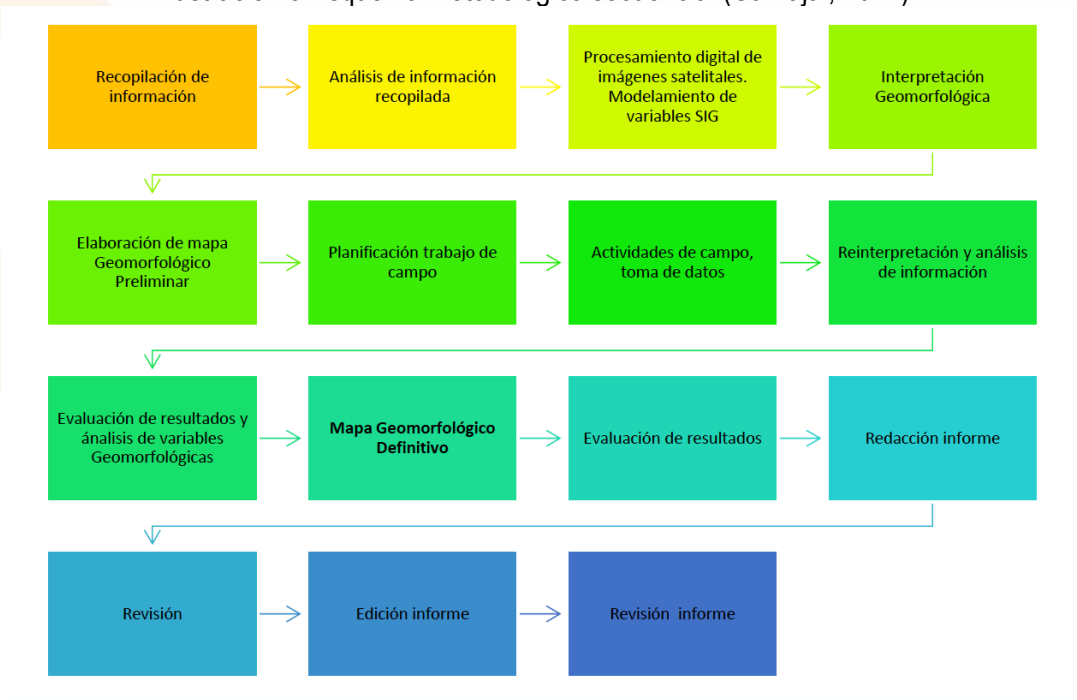
- Fotointerpretación y análisis de imágenes: A partir del reconocimiento de las vías y laderas aledañas, con la definición de sitios críticos o zonas potencialmente inestables, así como ponteaderos y sitios de obras especiales, se adelantará la fotointerpretación sobre los pares aerofotográficos disponibles para el área de estudio, en el IGAC, así como imágenes de sensores remotos, de tal forma que se caractericen, en el contexto regional, las observaciones del reconocimiento de campo. Desde este análisis se delimitan los CG, extendiendo el corredor vial en la franja de vertiente con influencia en la estabilidad tanto de la banca, como en sitios especiales, como puentes importantes, sitios críticos y zonas potencialmente inestables. Eventualmente se puede plantear la pertinencia de adelantar análisis multitemporal en zonas donde se aprecie recurrencia histórica de procesos de inestabilidad, así como ponteaderos importantes. Esta actividad está sujeto a la disponibilidad, en el registro histórico, de imágenes con adecuada escala y/o resolución, cartografía, publicaciones y la evaluación elaborada por los presentes estudios. La fotointerpretación será elaborada por el geólogo principal.

- Elaboración del informe y cartografía temática: Se plasma en el informe final los resultados de las fases previas del estudio, y el análisis de toda la información, construyendo el capítulo de geología para ingeniería, en el que se diferenciaran los sectores con comportamiento geotécnico homogéneo, la caracterización de los sitios críticos y potencialmente inestables, el detalle en ponteaderos, definiendo amenazas por susceptibilidad en las márgenes y cauces, y caracterización de las fuentes de materiales identificadas en la zona, así como sitios adecuados para la disposición de materiales sobrantes (ZODMES). El informe será elaborado por los dos geólogos.

- Elaboración de los planos de unidades de geología para ingeniería (UGI) y de elementos geomorfológicos (EGMF) a la escala del levantamiento topográfico de los CV (1:2.000), con la definición de unidades de materiales superficiales: roca y suelo, elementos geomorfológicos y los rasgos morfodinámicos diferenciados, tanto en campo como en los análisis de imágenes y planos (activos, recientes, antiguos, relictos), definiendo zonas de comportamiento geotécnico homogéneo, con secciones transversales representativas, especialmente en los sitios inestables y potencialmente inestables determinados, así como ponteaderos. Se plantea el modelo hidrogeológico conceptual de los corredores viales analizados.

- Para la elaboración de la cartografía geomorfológica se seguirá el el esquema metodológico planteado por Carvajal, 2012, el cual compendia los esquemas seguidos en Colombia. en la Ilustración 3 se esquemtatiza secuencialmente esta metodología:

Ilustración 3 Esquema metodológico secuencial (Carvajal, 2012).



Fuente: Adaptado de Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia (Carvajal, 2012) en Consorcio Río Garagoa, 2016.

- La cartografía temática será digitalizada sobre la base topográfica detallada levantada para la vía, adelantada con el sistema de coordenadas oficial MAGNA-SIRGAS, que incluye el uso de una proyección pertinente, como la Gauss-Krüger. La plantilla de los diferentes planos, estará acorde con los lineamientos establecidos para la topografía en los términos de referencia para los estudios, con leyendas particulares claras, acordes con los lineamientos de las guías metodológicas del SGC. La cartografía será elaborada por el geólogo principal, digitalizada por el geólogo de apoyo.

- Finalmente se redacta el capítulo de conclusiones y recomendaciones, plasmando las características geológicas y geomorfológicas del corredor de estudio, así como los comportamientos geotécnicos previsibles, y las recomendaciones para el manejo de taludes y sitios de obras especiales.

4.2 PLAN DE CAMPO

Se realizará el reconocimiento de los corredores viales, identificando las rocas y suelos aflorantes, rasgos estructurales, como fallas, buzamiento y diaclasas, el relieve y los procesos morfodinámicos que lo modelan actualmente, así como eventos antiguos y potenciales. Se definen los sitios inestables y potencialmente inestables, las características en las márgenes y cauces aferentes en los sitios de ponteadero, y de las obras especiales que se identifiquen.

La actividad se adelanta por parte del geólogo principal, en vehículo con conductor. Los equipos utilizados son:

- Martillo de geología
- Brújula
- GPS

- Cámara fotográfica
- Libreta de campo y formatos de levantamiento de información
- Tabla Munsell digital (pdf)

En el recorrido de los corredores se adelantarán estaciones de campo, en puntos de buenas exposiciones de material y zonas de interés, como sitios inestables y potencialmente inestables, ponteaderos y sitios de obras especiales, describiendo las características geológicas identificables como la estratigrafía, rasgos estructurales (buzamiento, diaclasas – con levantamiento de estación estructural si lo amerita), geomorfología: relieve y morfodinámica, georreferenciando las estaciones de campo y toma del registro fotográfico (eventualmente con toma de imágenes con dron en sitios críticos). Se definen las zonas de comportamiento homogéneo para geotecnia e ingeniería, valorando en el terreno la estabilidad de taludes en corte y relleno proyectados, así como las características y prestaciones de las fuentes de materiales disponibles en la zona de influencia del proyecto. Se identifican sitios para ZODMES, describiéndolos, georreferenciándolos y toma de registro fotográfico.

Para los levantamientos en macizos rocosos se tiene como guía los procedimientos de la ISRM, 1981, adelantando análisis cinemático en zonas donde los macizos rocosos evidencien falla por la interacción de planos, en zonas donde se prevean cortes.

Para el levantamiento de los perfiles de rocas y suelo, se diferenciará como primera medida el substrato, que puede ser roca o depósito, definiendo el perfil residual que se pueda desarrollar, según sistemas de clasificación convencionales, como Dearman, Deere y Patton o ISRM (ver Ilustración 4 e Ilustración 5).

Ilustración 4 Comparación de perfiles de meteorización del macizo rocoso según Deere y Patton (1971), Dearman (1974, 1991), Forero et. al. (1999). Tomado de SGC S.G., 2017.

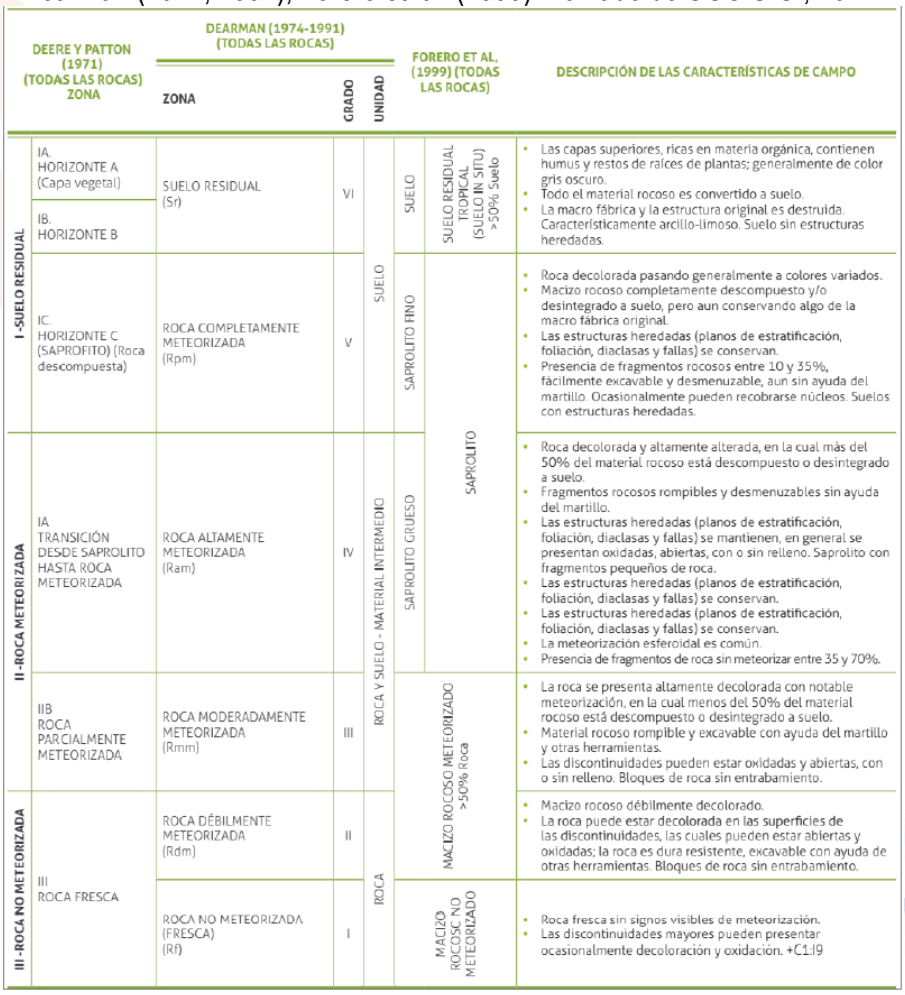


Ilustración 5 Perfil de meteorización según ISRM, 1981. Tomado de U. de Oviedo, 2007.

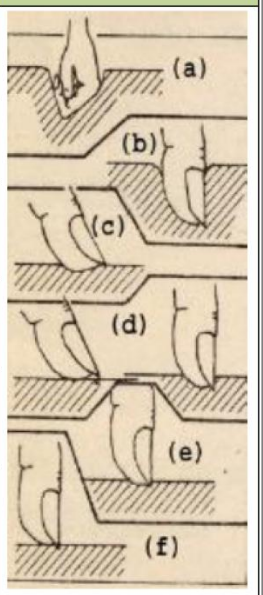
Clase	Término	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos visibles de meteorización, tal vez ligera decoloración en las grandes superficies de discontinuidad.
II	Ligeramente meteorizado	Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización. La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo aparece descompuesto o trasformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo aparece descompuesto o trasformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma discontinua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo aparece descompuesto o trasformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el material rocoso se ha trasformado en suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material. Existe cambio de volumen pero el suelo no se ha transportado significativamente.

Para determinar la dureza relativa de rocas y suelos, se emplean estimados según la resistencia a herramientas habituales en campo, como la navaja y el martillo, para rocas (Ilustración 6), e índices de campo para la resistencia de suelos (Ilustración 7).

Ilustración 6 Dureza de la roca frente a la navaja y el martillo geológico. Fuente: Adaptado de US. Bureau of Reclamation (1990), en "Engineering Geology Field Manual".

Grado	Descripción	Identificación de campo	Valor aproximado de la resistencia a compresión simple MPa
R1	Roca muy débil	Deleznable bajo fuertes golpes con la parte puntiaguda del martillo geológico, puede desconcharse con una navaja	1.0 – 5.0
R2	Roca débil	Puede desconcharse con dificultad con una navaja; pueden hacerse marcas poco profundas golpeando fuertemente la roca con la punta del martillo.	5.0 – 25
R3	Roca media	No se pude rayar o desconchar con una navaja; las muestras se pueden romper con un golpe firme con el martillo.	25 – 50
R4	Roca dura	Se necesita más de un golpe con el martillo geológico para romper la muestra.	50 – 100
R5	Roca muy dura	Se necesitan muchos golpes con el martillo geológico para romper la muestra.	100 – 250
R6	Roca extremadamente dura	Solo se pueden romper esquirlas de la muestra con el matillo geológico.	> 250

Ilustración 7 Resistencia del suelo a partir de índices de campo (ISRM). Fuente: Modificado de British Standard Institution (1999).

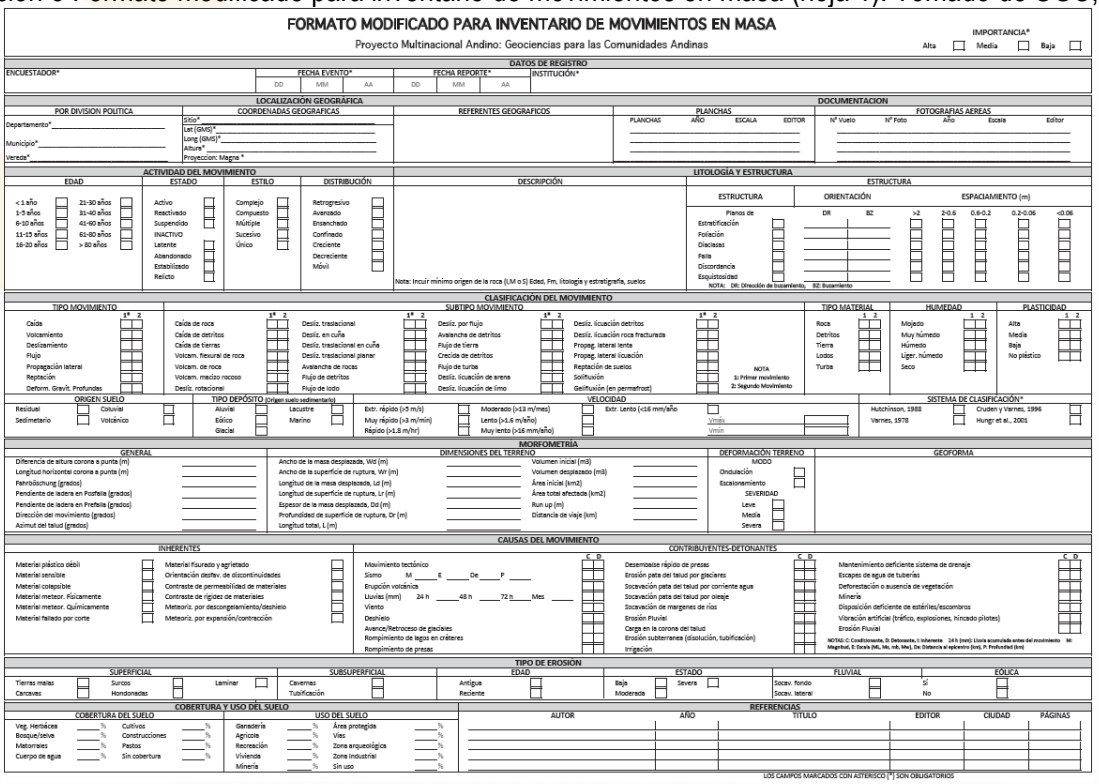
Clase	Descripción	Identificación de campo	≈ Resistencia a la compresión (MPa)	Esquema
S1	Suelo muy blando (a).	El puño penetra fácilmente varios centímetros.	< 0,0025	
S2	Suelo blando (b).	El dedo penetra fácilmente varios centímetros.	0,0025 – 0,05	
S3	Suelo firme (c).	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0,05 – 0,10	
S4	Suelo rígido (d).	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,10 – 0,25	
S5	Suelo muy rígido (e).	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25 – 0,50	
S6	Suelo duro (f).	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	> 0,50	

Para la determinación del color de suelos y roca se emplea una tabla Munsell digital (pdf).

También se identifican, georreferencian y describen puntos de interés hidrogeológico, como manantiales, pozos y aljibes, en la zona de influencia de los corredores viales.

Para el levantamiento de los procesos morfodinámicos identificados en el terreno, se emplearán los formatos recomendados en los anexos de la Guía Metodológica para AVR de movimientos en masa (SGC, 2017), los cuales se presentan en la Ilustración 8 e Ilustración 9.

Ilustración 8 Formato modificado para inventario de movimientos en masa (hoja 1). Tomado de SGC, 2017.



FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas

IMPORTANCIA* Alta Media Baja

DATOS DE REGISTRO

ENCUESTADOR* | FECHA EVENTO* (DD MM AA) | FECHA REPORTE* (DD MM AA) | INSTITUCIÓN*

LOCALIZACION GEOGRAFICA

POR DIVISION POLITICA: Departamento*, Municipio*, Vereda*

COORDENADAS GEOGRAFICAS: Sitio*, Lat (GMS)*, Long (GMS)*, Altura*, Proyeccion: Magna *

REFERENTES GEOGRAFICOS

PLANCHAS: PLANCHAS, AÑO, ESCALA, EDITOR

DOCUMENTACION: FOTOGRAFIAS AEREAS (N° Vuelo, N° Foto, Año, Escala, Editor)

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO

EDAD: < 1 año; 1-5 años; 6-10 años; 11-15 años; 16-20 años; 21-30 años; 31-40 años; 41-60 años; 61-90 años; > 80 años

ESTADO: Activo; Reactivado; Suspendido; INACTIVO; Latente; Abandonado; Estabilizado; Relicto

ESTILO: Complejo; Compuesto; Multiple; Sucesivo; Único

DISTRIBUCIÓN: Retrogresivo; Avanzado; Ensanchado; Confinado; Creciente; Decreciente; Móvil

DESCRIPCIÓN

Nota: Incuir mínimo origen de la roca (LM o S) Edad, Fm, litología y estratigrafía, suelos

LITOLOGÍA Y ESTRUCTURA

ESTRUCTURA: Planos de Estratificación; Foliación; Diaclasas; Falla; Discordancia; Esquistosidad

ORIENTACIÓN: DR; BZ

ESPACIAMIENTO (m): >2; 2-0.6; 0.6-0.2; 0.2-0.06; <0.06

NOTA: DR: Dirección de buzamiento, BZ: Buzamiento

CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO

TIPO MOVIMIENTO (1° 2): Caída; Volcamiento; Deslizamiento; Flujo; Propagación lateral; Reptación; Deform. Gravit. Profundas

SUBTIPO MOVIMIENTO (1° 2): Caída de roca; Caída de detritos; Caída de tierras; Volcam. flexural de roca; Volcam. de roca; Volcam. macizo rocoso; Desliz. rotacional; Desliz. traslacional; Desliz. en cuña; Desliz. traslacional en cuña; Desliz. traslacional planar; Avalancha de rocas; Flujo de detritos; Flujo de lodo; Desliz. por flujo; Avalancha de detritos; Flujo de tierra; Crecida de detritos; Flujo de turba; Desliz. licuación de arena; Desliz. licuación de limo; Desliz. licuación detritos; Desliz. licuación roca fracturada; Propag. lateral lenta; Propag. lateral licuación; Reptación de suelos; Solifluxión; Gelifluxión (en permafrost)

NOTA 1: Primer movimiento 2: Segundo Movimiento

TIPO MATERIAL (1 2): Roca; Detritos; Tierra; Lodos; Turba

HUMEDAD (1 2): Mojado; Muy húmedo; Húmedo; Liger. húmedo; Seco

PLASTICIDAD (1 2): Alta; Media; Baja; No plástico

ORIGEN SUELO: Residual; Sedimentario; Coluvial; Volcánico

TIPO DEPÓSITO (Origen suelo sedimentario): Aluvial; Eólico; Glacial; Lacustre; Marino

VELOCIDAD: Extr. rápido (>5 m/s); Muy rápido (>3 m/min); Rápido (>1.8 m/hr); Moderado (>13 m/mes); Lento (>1.6 m/año); Muy lento (>16 mm/año); Extr. Lento (<16 mm/año); Vmáx; Vmín

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN*: Hutchinson, 1988; Varnes, 1978; Cruden y Varnes, 1996; Hungr et al., 2001

MORFOMETRÍA

GENERAL: Diferencia de altura corona a punta (m); Longitud horizontal corona a punta (m); Fahrböschung (grados); Pendiente de ladera en Posfalla (grados); Pendiente de ladera en Prefalla (grados); Dirección del movimiento (grados); Azimut del talud (grados)

DIMENSIONES DEL TERRENO: Ancho de la masa desplazada, Wd (m); Ancho de la superficie de ruptura, Wr (m); Longitud de la masa desplazada, Ld (m); Longitud de superficie de ruptura, Lr (m); Espesor de la masa desplazada, Dd (m); Profundidad de superficie de ruptura, Dr (m); Longitud total, L (m); Volumen inicial (m3); Volumen desplazado (m3); Área inicial (km2); Área total afectada (km2); Run up (m); Distancia de viaje (km)

DEFORMACIÓN TERRENO: MODO: Ondulación; Escalonamiento; SEVERIDAD: Leve; Media; Severa

GEOFORMA

CAUSAS DEL MOVIMIENTO

INHERENTES: Material plástico débil; Material sensible; Material colapsible; Material meteor. Físicamente; Material meteor. Químicamente; Material fallado por corte; Material fisurado y agrietado; Orientación desfav. de discontinuidades; Contraste de permeabilidad de materiales; Contraste de rigideces de materiales; Meteoriz. por descongelamiento/deshielo; Meteoriz. por expansión/contracción

CONTRIBUYENTES-DETONANTES (C D): Movimiento tectónico; Sismo M ___ fi ___ De ___ P ___; Erupción volcánica; Lluvias (mm) 24 h ___ 48 h ___ 72 h ___ Mes ___; Viento; Deshielo; Avance/Retroceso de glaciales; Rompimiento de lagos en cráteres; Rompimiento de presas; Desembalse rápido de presas; Erosión pata del talud por glaciares; Socavación pata del talud por corriente agua; Socavación pata del talud por oleaje; Socavación de margenes de ríos; Erosión Pluvial; Carga en la corona del talud; Erosión subterranea (disolución, tubificación); Irrigación; Mantenimiento deficiente sistema de drenaje; Escapes de agua de tuberías; Deforestación o ausencia de vegetación; Minería; Disposición deficiente de estériles/escombros; Vibración artificial (tráfico, explosiones, hincado pilotes); Erosión Fluvial

NOTAS: C: Condicionante, D: Detonante, I: Inherente 24 h (mm): Lluvia acumulada antes del movimiento Mi Magnitud, E: Escala (ML, Mc, mb, Ms), De: Distancia al epicentro (km), P: Profundidad (km)

TIPO DE EROSION

SUPERFICIAL: Tierras malas; Carcavas; Surcos; Hondonadas; Laminar

SUBSUPERFICIAL: Cavernas; Tubificación

EDAD: Antigua; Reciente

ESTADO: Baja; Moderada; Severa

FLUVIAL: Socav. fondo; Socav. lateral

EÓLICA: Sí; No

COBERTURA Y USO DEL SUELO

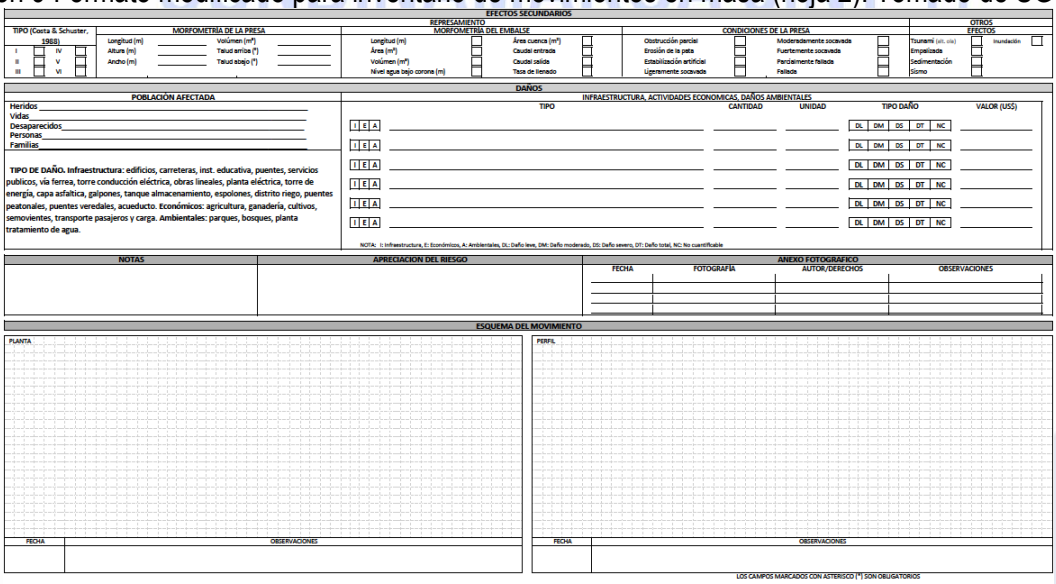
COBERTURA DEL SUELO: Veg. Herbácea; Bosque/selva; Matorrales; Cuerpo de agua; Cultivos; Construcciones; Pastos; Sin cobertura

USO DEL SUELO: Ganadería; Agrícola; Recreación; Vivienda; Minería; Área protegida; Vías; Zona arqueológica; Zona industrial; Sin uso

REFERENCIAS: AUTOR; AÑO; TITULO; EDITOR; CIUDAD; PAGINAS

LOS CAMPOS MARCADOS CON ASTERISCO (*) SON OBLIGATORIOS

Ilustración 9 Formato modificado para inventario de movimientos en masa (hoja 2). Tomado de SGC, 2017.



EFECTOS SECUNDARIOS

REPRESAMIENTO: TIPO (Costa & Schuster, 1988) I, II, III, IV, V, VI

MORFOMETRÍA DE LA PRESA: Longitud (m); Altura (m); Ancho (m); Volúmen (m³); Talud arriba (°); Talud abajo (°)

MORFOMETRÍA DEL EMBALSE: Longitud (m); Área (m²); Volúmen (m³); Nivel agua bajo corona (m); Área cuenca (m²); Caudal entrada; Caudal salida; Tasa de llenado

CONDICIONES DE LA PRESA: Obstrucción parcial; Erosión de la pata; Estabilización artificial; Ligeramente socavada; Moderadamente socavada; Fuertemente socavada; Parcialmente fallada; Fallada

OTROS EFECTOS: Tsunami (alt. ola); Inundación; Empalizada; Sedimentación; Sismo

DAÑOS

POBLACIÓN AFECTADA: Heridos; Vidas; Desaparecidos; Personas; Familias

TIPO DE DAÑO. Infraestructura: edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios publicos, vía ferrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energía, capa asfaltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto. Económicos: agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros y carga. Ambientales: parques, bosques, planta tratamiento de agua.

INFRAESTRUCTURA, ACTIVIDADES ECONOMICAS, DAÑOS AMBIENTALES: TIPO; CANTIDAD; UNIDAD; TIPO DAÑO (DL DM DS DT NC); VALOR (US$)

NOTA: I: Infraestructura, E: Económicos, A: Ambientales, DL: Daño leve, DM: Daño moderado, DS: Daño severo, DT: Daño total, NC: No cuantificable

NOTAS

APRECIACION DEL RIESGO

ANEXO FOTOGRAFICO: FECHA; FOTOGRAFÍA; AUTOR/DERECHOS; OBSERVACIONES

ESQUEMA DEL MOVIMIENTO

PLANTA

PERFIL

FECHA; OBSERVACIONES

LOS CAMPOS MARCADOS CON ASTERISCO (*) SON OBLIGATORIOS

Los procesos morfodinámicos reconocidos en campo serán cartografiados en los mapas de Elementos Geomorfológicos, así como los rasgos y procesos identificados en el análisis de imágenes.

5 MARCO REGIONAL

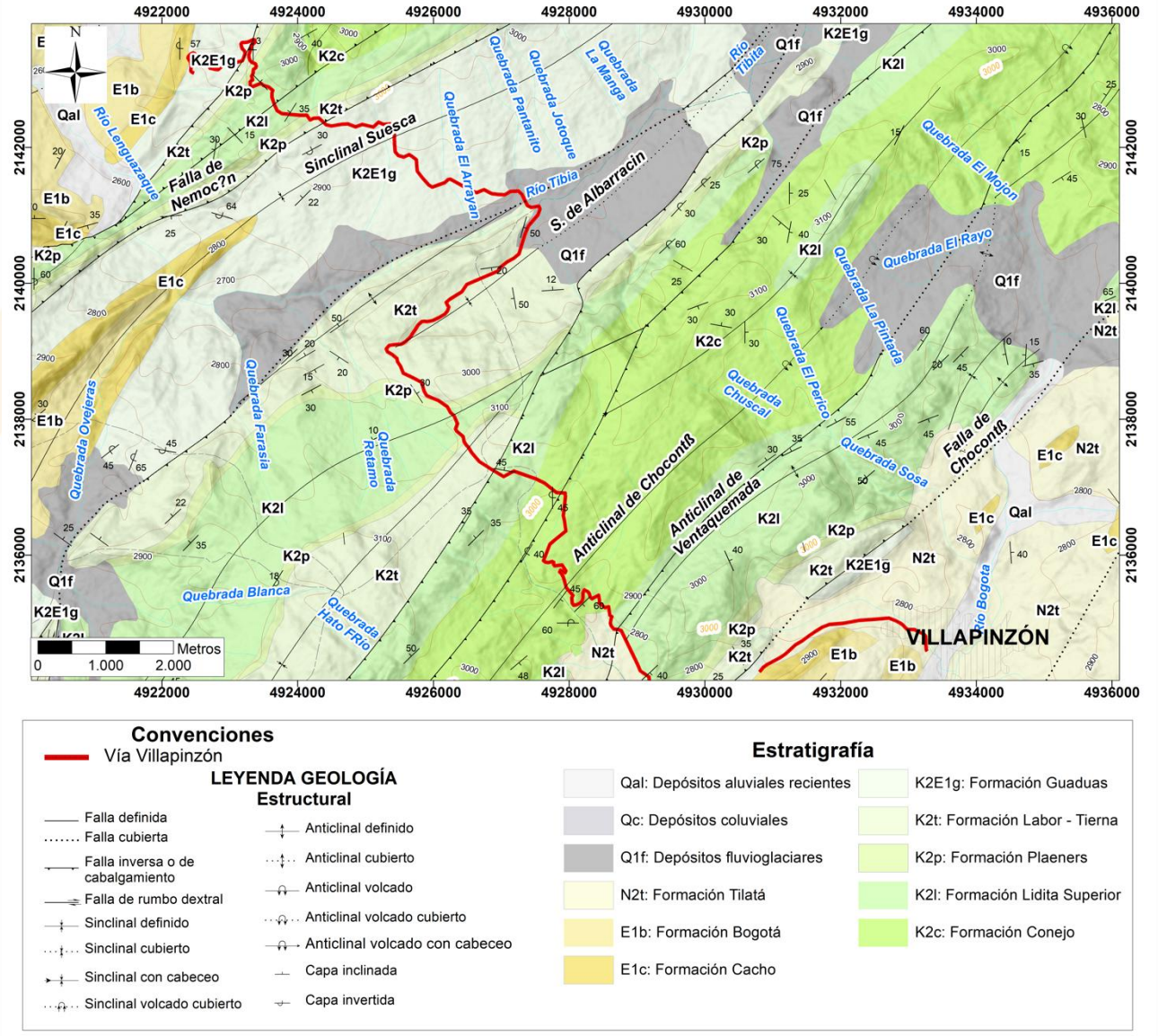
A partir del análisis de la información existente para el área de estudio, fundamentalmente la cartografía geológica y geomorfológica publicada por el SGC, se presenta la caracterización regional del corredor vial, incluidas en la plancha 209 – Zipaquirá.

5.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se ubica en la parte central de la Cordillera Oriental: *"conformada por rocas sedimentarias de origen marino y continental de edades que van desde el Cretácico al Holoceno. La secuencia sedimentaria cretácica de 3.200 m de espesor, se depositó en una cuenca con un mar somero; a partir del Albiano cesa la fase extensiva, comienza una inversión tectónica y se inicia una regresión con oscilaciones que terminan a comienzos del Paleógeno y da lugar a un ambiente continental en el cual se depositaron aproximadamente 2.400 m. En el Neógeno se dió un ambiente tectónico compresivo que deformó la pila sedimentaria que constituye la actual Cordillera Oriental."* (Memoria geología de la plancha 209-Zipaquirá, INGEOMINAS, 2003).

El corredor vial, con dirección general del suroriente al noroccidente, se desarrolla en la parte nor-oriental de la plancha 209, conformada en esta parte por la secuencia replegada sedimentitas del Cretáceo superior-Terciario, entre sinclinales y anticlinales y fallas de de cabalgamiento, con rumbo al noroccidente (ver Ilustración 10). Se sobreponen en forma localizada depósitos aluviles y fluvioglaciares, estos últimos con extensión regional importante. Como estructuras importantes se ubican las fallas de Chocontá y Villapinzón por el oriente, Farasia en la parte central y Suesca y Nemocón por el occidente. Al oriente se observan los anticlinales de Ventaquemada y Chocontá y al occidente los sinclinales de Albarracín y Suesca.

Ilustración 10 Marco geológico regional del corredor vial Lenguazaque - Villapinzón



Fuente: Elaboración propia sobre sector del mapa geológico de la plancha 209-Zipaquirá (INGEOMINAS, 2003)

5.1.1 ESTRATIGRAFÍA

Se presenta a continuación la descripción de las unidades estratigráficas cartografiadas, tomada principalmente de la memoria de la plancha 209-Zipaquirá.

- **Depósito aluvial (Qal)**

Depósitos aluviales recientes del río Bogotá, como una franja relativamente angosta al oriente del inicio del corredor de rehabilitación, siguiendo el curso sinuoso activo del río, que atraviesa en centro poblado de Villapinzón. Están constituidos por arenas, gravas y arcillas. *"Se destacan por su dimensión los que forman, los ríos Bogotá y Neusa. Se caracterizan por presentar material no consolidado, arenoso y limoso con escasas barras de gravas; las areniscas son de varias granulometrías."* (INGEOMINAS, 2003).

- **Depósitos fluvioglaciares (Q1f)**

Estos depósitos están restringidos a cuencas pequeñas dispersas en la plancha 209, los de mayor extensión se observan en el sinclinal de Río Frío (parte norte), a lo largo de la Falla de Suesca (siguiendo el valle del río tibita o Lenguazaque). Estos depósitos presentan varias geoformas: superficie aplanada (en la zona de cruce del río Lenguazque con la vía), valles en U (al nordeste) y morrenas laterales como las observadas en el sinclinal de Río Frío, en donde recubren unidades paleógenas.

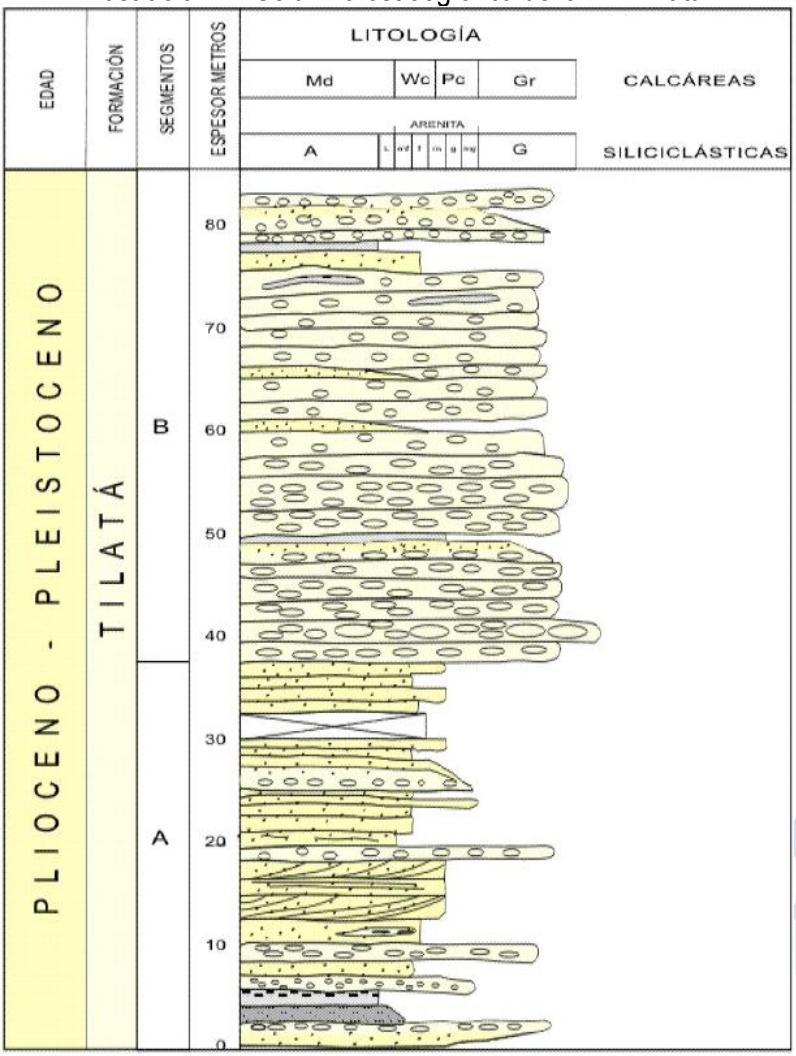
- **Formación Tilatá (N2t)**

Esta unidad, con relieve bajo, constituye las vertientes bajas de los valles de la quebrada Los Arrayanes, en el tramo de rehabilitación, y de la quebrada Negra (o río Ganguita), al extremo sur del corredor de mejoramiento.

"Scheibe (1933), dio el nombre de piso de Tilatá a un conjunto de areniscas de grano grueso, lechos cascajosos con clastos de cuarzo y de Plaeners que afloran en la Hacienda Tilatá en la represa del Sisga. Hubach (1957), la elevo al rango de Formación y la estudia en lo que llamó cuenca de Chocontá – Villapinzón." "En el área de trabajo se designa Formación Tilatá a los sedimentos aflorantes en el sinclinal de Sisga que recubren discordantemente a las unidades cretáceas (Formaciones Plaeners, Labor-Tierna) y paleógenas (Formaciones Guaduas, Cacho, Bogotá y Regadera). "Morfológicamente la Formación Tilatá muestra zonas aplanadas como las observadas en la vía principal Bogotá – Tunja (al sur de Chocontá) *y que corresponden a los sedimentos mas finos o forma colinas redondeadas* (en el inicio del tramo 2 de mejoramiento) *a veces alargadas, las cuales están conformadas por gravas y arenas."*

Las descripciones anteriores dan cuenta de la variabilidad que ofrece la Fm. Tilatá; dentro del corredor vial destacan las asociadas a geoformas colinadas, aflorantes en el valle del río Bogotá, en el flanco occidental del sinclinal del Sisga. La columna de la Fm. Tilatá levantada en la cartografía de la plancha 209-Zipaquirá, se sitúa precisamente sobre la vía Chocontá – Ubaté, cerca del inicio del tramo 2 de mejoramiento. "*En el sector occidental del Sinclinal de Sisga, en la vía Chocontá – Ubaté (N:1.061.454 y E:1.041.683) se levantó una sección de la Formación Tilatá, con un espesor de 83 m* (Ilustración 11)*, representada por una secuencia de gravas y arenas, en donde se diferenciaron dos segmentos. Sin embargo inferior a éstos, hay un tramo cubierto y luego un conjunto de arenas y gravas de 30 m que yacen sobre la Formación Guaduas y que podrían corresponder a la parte más inferior de la Formación Tilatá de esta sección y que a su vez se podría correlacionar con el depósito caótico que aflora al oriente, en la carretera Chocontá-Machetá, en la Vereda Suralá."*

Ilustración 11 Columna estratigráfica de la Fm. Tilatá



Fuente: Memoria geología de la plancha 209-Zipaquirá (INGEOMINAS, 2003)

- **Formación Bogotá (E1b)**

Esta unidad aflora en la cercanía del corredor vial, hacia la parte media a final del tramo de mejoramiento, en los núcleos de los sinclinales de Suesca y Chequa. Se presenta a continuación apartes seleccionados con la descripción de esta unidad, de la memoria de la plancha 209 (INGEOMINAS, 2003).

"Hubach (1931), denominó Piso de Bogotá a la secuencia del Terciario medio que esta constituido por tres conjuntos, el inferior es arenoso y arcilloso en donde incluía en la base el Horizonte de Cacho; el conjunto medio conformado por arcillolitas abigarradas entre las cuales se intercalan algunos bancos gruesos de areniscas y areniscas arcillosas y el conjunto superior formado por bancos de areniscas gruesas y blandas que alternan con arcillas abigarradas."

"Julivert (1963), determina como localidad tipo de la Formación Bogotá la sección ubicada en la quebrada Zo Grande (flanco occidental del Sinclinal de Usme), la cual suprayace a la Formación Cacho e infrayace la Formación Regadera y esta constituida por intercalaciones de bancos de arcillolitas de colores variados y areniscas en capas muy gruesas."

"La Formación Bogotá en la plancha 209, aflora en los núcleos de los sinclinales de Río Frío (al sur de Neusa), Checua, Teusacá-Suesca, Sesquilé, Sisga y Sueva; en el sinclinal de Sisga suprayace a la Formación Cacho e infrayace a la Formación Regadera mientras que en las otras estructuras mencionadas no aflora el techo. La litología de esta formación genera una morfología suave de valles con esporádicas crestas formadas por areniscas."

Litología: *"La Formación Bogotá es una secuencia de lodolitas con intercalaciones esporádicas de intervalos arenosos que en ocasiones no son continuos. En el sinclinal de Checua, se midieron 575 m desde la base sin llegar al techo. En la columna levantada, los 241 m inferiores presentan buenos afloramientos y la parte superior está cubierta y los afloramientos son esporádicos de lodolitas y areniscas."*

Segmento A: "Con un espesor de 241 m, corresponde a la base de la unidad, la cual se marca con la aparición de areniscas friables con capas de lodolitas de variados colores, azul, rojizo y violeta, que se van intercalando con capas de areniscas de grano fino friables, de color blanco, amarillo y rojizo y es común observar concreciones ferruginosas."
"A medida que se sube en la secuencia se presentan bancos de lodolitas abigarradas, en parte cubiertos, con intercalaciones de intervalos arenosos con espesores de hasta 20 m, constituidos por areniscas rojizas y violetas, de grano fino, dispuestas en capas medias con estratificación ondulosa continua. Hacia la parte superior del segmento, las areniscas en general son de color blanco amarillento, muestran estratificación en artesa y forman capas muy gruesas."

Segmento B: "Con un espesor de 334 m, corresponde a la parte superior de la FormaciónBogotá, los cuales están cubiertos en un 80% y esporádicamente se presentan capas de lodolitas grises y areniscas friables blancas amarillentas; este segmento no se encontró aflorando en ninguna otra localidad dentro de la plancha, por lo cual no se presenta una mejor descripción, sin embargo la morfología deprimida indica un predominio de lodolitas."

Posición estratigráfica y edad: "La Formación Bogotá tiene un contacto basal transicional rápido y concordante con la Formación Cacho, pasa a areniscas friables de variados colores con lodolitas intercaladas y el contacto superior con la Formación Regadera a pesar de aflorar las dos unidades en el sinclinal de Sisga no se determinó debido a la incompetencia de las rocas."

- **Formación Cacho (E1c)**

Dentro del corredor vial la Fm. Cacho aflora an la parte final del tramo de mantenimiento, en el descenso sobre el flanco suroriental del sinclinal de Checua, como un escalón entre la Fm. Guaduas -más blanda- al SE, y la Fm. Bogotá, también más blanda, con geoforma deprimida, al NW. Se presenta a continuación la descripicón estratigráfica y litológica de la unidad, presente en la memoria de la plancha 209-Zipaquirá.

"Hubach (1931), denomina Horizonte del Cacho, al conjunto inferior que aflora en el Piso de Bogotá, él cual tiene una naturaleza "areniscoso-ripioso" y esta constituido por areniscas granulosas, tiernas, de colores amarillos hasta ocre o rosado, con algunos bancos de arcillas abigarradas."

"Julivert (1963), para el Horizonte del Cacho, utiliza el nombre de Formación Cacho, adoptada por la Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists (1961, en Julivert, 1963). McLaughlin & Arce (1972), en la cartografía del cuadrángulo K11 Zipaquirá, denominan Formación Cacho a la secuencia conformada por

areniscas conglomeráticas, areniscas de grano fino y medio con intercalaciones de arcillolitas y que es limitada por las Formaciones Guaduas y Bogotá."

"La Formación Cacho en el área de estudio aflora a lo largo de los sinclinales de Río Frío, Zipaquirá, Checua, Teusacá-Suesca, Sesquilé, Sisga y Sueva. Esta unidad forma un relieve pronunciado por lo cual es fácilmente cartografiable; es infrayacida por la Formación Guaduas y suprayacida por La Formación Bogotá. Se reconoce en ella una sola secuencia arenosa como es el caso del Sinclinal de Sueva (E12) o dos niveles arenosos separados por uno arcilloso (Lenguazaque)."

Litología: La columna levantada en la vereda Soatama de Machetá, cerca de 13 km al SE de Villapinzón, tiene 120 m, diferenciado tres segmentos:

- *Segmento A: "Con un espesor de 30 m, en los primeros 10 m, se presenta intercalaciones de capas de areniscas de grano fino y arcillolitas, las capas son tabulares con estratificación plana-ondulosa a paralela y crecientes en espesor; en la base son delgadas y en la parte superior gruesas. Al techo del segmento se presentan capas de areniscas de grano medio y grueso, con laminación paralela dada por color y estratificación cruzada y capas lenticulares de arcillolitas."*

- *Segmento B: "Tiene 20 m de espesor y está constituido por areniscas en capas gruesas, medias y delgadas, cuneiformes, con laminación ondulosa continua y estratificación cruzada a escala pequeña, intercaladas con capas medias lenticulares de arcillolitas. Las areniscas son de colores rojizos y amarillo, de grano fino, medio, localmente grueso y en ocasiones conglomeráticas."*

- *Segmento C: "Constituido por 70 m de areniscas; en los primeros 20 m son de grano medio, dispuestas en capas muy gruesas, separadas por capas delgadas lenticulares de arcillolitas; luego se presentan areniscas de grano grueso y medio en bancos (1,5 m) con laminación y estratificación cruzada a gran escala. Los 50 m superiores son areniscas friables, macizas de colores amarillo, rojizo, azul y violeta, dispuestas en bancos."*

Posición estratigráfica y edad: *"La Formación Cacho es suprayacida por la Formación Bogotá, en contacto neto y concordante, pasa de una capa muy gruesa de areniscas a un nivel de arcillolitas; el contacto inferior se discutió en la Formación Guaduas."*

"La edad de la Formación Cacho, según MacLaughlin y Arce (1972), es Paleoceno con base en paleoflora estudiada por Van der Hammen (1957); Sarmiento (1994 b) hace una mayor precisión al discutir el contacto de la Formación Guaduas con la Formación Cacho y le asigna a esta última una edad de Paleoceno superior."

- **Formación Guaduas (K2E1g)**

La cartografía de la plancha 209 señala el sector final del tramo 1 de rehabilitación y hacia la parte media a final del tramo de mejoramiento, en el núcleo del sinclinal Suesca, en la vertiente norte del río Subachoque, y en el descenso final a Lenguazaque. Se seleccionan apartes de la descripción de esta unidad, de la memoria de la plancha 209:

"*La Formación Guaduas fue descrita originalmente por Hettner (1892, en De Porta, 1974) para refererirse a todos los materiales que afloran en la región de Bogotá y que están por encima del Grupo Guadalupe. Hubach (1931), denomina piso Guaduas a la secuencia que suprayace al Grupo Guadalupe y es infrayacida por el Piso de Bogotá, estos dos pisos son separados por el Horizonte del Cacho que es la parte mas baja del piso de*

Bogotá. Sarmiento (1994 a), en la sección de referencia de Peñas de Boquerón, en la región de Sutatausa estudia esta secuencia estratigráfica y la subdivide en 9 segmentos y la limita en la base por la Formación Tierna y en el techo por la Formación Cacho".

"La Formación Guaduas, en el área de la plancha 209, aflora en los sinclinales de Río Frío, Neusa, Zipaquirá, Checua, Sesquilé, Sisga y Sueva y en ella se reconocen cinco segmentos que constituyen una secuencia arcillo arenosa con mantos de carbón, la cual es infrayacida por la Formación Arenisca Labor-Tierna y es suprayacida por la Formación Cacho. Morfológicamente los cinco segmentos generan cinco geoformas, tres valles que corresponden a niveles arcillosos y dos arenosos que generan formas abruptas."

"En la Formación Guaduas, cartográficamente se reconocen cinco segmentos que generan una expresión geomorfológica típica de valles y de colinas; el segmento inferior (A), forma valle y en el se agrupan los segmentos S1 y S2 de Sarmiento (1994 a); el segmento B, el cual genera una colina, es reconocido informalmente como Arenisca La Guía y corresponde al segmento S3 de Sarmiento (1994 a). El segmento C, genera un valle y en el se agrupan los segmentos S4 y S5 de Sarmiento (1994 a). En el segmento D, se reconocen valles y crestas correspondientes a lodolitas y areniscas y se agrupan los segmentos S6, S7 y S8 de Sarmiento (1994 a) y el segmento E corresponde al segmento S9".

Posición estratigráfica y edad: *"El contacto inferior de la Formación Guaduas con la Formación Arenisca Labor-Tierna, es neto y concordante con la geometría de las capas, pasa de un intervalo arenoso constituido por capas muy gruesas de arenisca a un intervalo lodolítico, como se observa en el Boquerón de Tausa y Laguna de Cucunubá."* En el corredor vial no se aprecia el contacto superior de la Fm. Guaduas con la Fm. Cacho (unidad dura, de areniscas, que genera prominencias en el relieve); hacia el oriente se aprecia en contacto fallado con la Fm. Tilatá. "*Por palinología la edad de la Formación Guaduas es Maastrichtiano superior – Paleoceno inferior (Sarmiento, 1992)."*

- **Formación Labor y Tierna (K2t)**

La Fm. Labor y Tierna en el corredor vial conforma el flanco oriental de la Falla de Chocontá, al norte del final e inicio de los tramos de rehabilitación y mejoramiento, y en la parte media del tramo de mejoramiento, como parte de estructuras sinclinales y anticlinales contiguas: sinclinales de Albarracín y Suesca, y entre estos el anticinal de Suesca. La memoria de la plancha 209 la describe de la siguiente manera:

"*Pérez & Salazar (1978), formalizaron las Formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna. La Arenisca de Labor con la sección tipo en las quebradas La Vieja y el Higuerón, tiene un espesor de 177 m, es una secuencia que descansa concordantemente sobre la Formación Plaeners, la cual comienza con capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas y se subdivide en tres segmentos: el inferior constituido por capas muy gruesas de areniscas arcillosas separadas por capas delgadas de arcillolitas; el segmento medio está representado por intercalaciones de bancos de areniscas, paquetes de lodolitas y arcillolitas y el superior por areniscas arcillosas separadas por capas delgadas de arcillolitas."*

"La Formación Arenisca de Labor está separada de la Formación Arenisca Tierna por 19 m de lodolitas y arcillolitas; la Arenisca Tierna con un espesor de 49 m, se diferencia de la Labor por presentar capas muy gruesas de areniscas de tamaño más grueso (Pérez & Salazar, 1978)."

"Se agrupan aquí las formaciones Labor y Tierna siguiendo criterios cartográficos y se hace referencia al trabajo de Hernández (1990), quien calcula un espesor aproximado de 147 m para las dos unidades. Su base está

marcada por la primera ocurrencia de arenitas sobre las liditas de la Formación Plaeners, mientras que su techo está dado por la primera ocurrencia de arcillolitas de la Formación Guaduas."

"En la plancha 209, dada la similitud litológica y su expresión morfológica se agrupó como una sola unidad cartográfica a las Formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna y se establece desde el techo de la Formación Plaeners hasta la base de la Formación Guaduas."

Litológicamente dominan bancos de cuarzoareniscas de grano fino a muy fino, color crema-habano, con niveles de limolitas silíceas, arcillolitas y limolitas arenosas y chert.

- **Formación Plaeners (K2p)**

Esta unidad aflora en el corredor vial como franjas delgadas, en los flancos de estructuras anticlinales, en las partes inicial, media y final del tramo de mejoramiento. Se seleccionan los siguientes apartes de la descripción de esta unidad, en la memoria de la plancha 209:

"*Nombre formalizado por Pérez & Salazar (1978), para la unidad litológica que reposa concordantemente sobre la Formación Arenisca Dura y es suprayacida por la Formación Arenisca de Labor; en la sección tipo tiene un espesor de 73 m y esta representada por arcillolitas, liditas, limolitas y en menor proporción por areniscas de grano muy fino."*

"En general ha sido reconocida por la comunidad geológica como una unidad silícea, pero ésta composición daría una morfología prominente, sin embargo en el área de estudio al igual que en la sección tipo se reconoce por presentar una morfología suave y genera una hondonada debido a su litología arcillosa, que contrasta con las pendientes abruptas de las unidades geológicas que la supra e infrayacen. Al oriente y occidente del área suprayace a la Formación Arenisca Dura y en la parte central a la Formación Lidita Superior y siempre es infrayacida por la Formación Labor-Tierna."

- **Formación Lidita Superior (K2l)**

Esta unidad aflora en el eje de estructuras anticlinales, en la parte media del corredor del tramo de mejoramiento. De la descripción en la memoria de la plancha 209 se destacan los siguientes aspectos:

"De Porta (1965), redefine el Grupo Olini manteniendo el sentido dado por Petters (1954 en De Porta, 1965); el cual estaría constituido por tres niveles: La Lidita Inferior, un nivel de lutitas y la Lidita Superior; esta última en el área del Girardot (Valle Superior del Magdalena) había sido llamada por Burgl y Dumit (1954) como Primera Lidita. Para De Porta (1965), La Lidita Superior "está constituida por capas de chert que alternan con lutitas y shales; los cherts están representados por porcelanitas y en los chert carbonáceos son comunes foraminíferos bentónicos (siphogenerinoides)".

"En la plancha 209 Zipaquirá desde las Lagunas de Neusa y Suesca en dirección NE, se observa en la posición estratigráfica de la Formación Arenisca Dura, una secuencia lidítica que había sido denominada Formación Plaeners en la región de Villa de Leyva y Tunja" (Renzoni, 1981). Esta secuencia lidítica en el presente trabajo se considera que corresponde con la Formación Lidita Superior definida por De Porta (1965)."

"En la plancha 209 Zipaquirá, La Lidita Superior aflora en la parte central del área de estudio, en los flancos de los anticlinales de Tausa, Guachaneca, Chocontá y Ventaquemada, se caracteriza por ser una sucesión silícea con foraminíferos bentónicos (siphogenerinoides), genera una morfología abrupta y suprayace a la Formación Conejo e infrayace la Formación Plaeners"

- **Formación Conejo (K2c)**

Constituye la base de la secuencia cretácea aflorante en el corredor vial, constituyendo el núcleo de anticlinales como el de Chocontá, en la parte media del tramo de mejoramiento, y el de Guachaneca, al norte del sector final (hacia Lenguazaque), del tramo de mejoramiento. A continuación se presentan apartes seleccionados con la descripción estratigráfica y litológica de esta unidad, de la memoria de la plancha 209.

"El nombre de Formación Conejo fue propuesto por Renzoni (1967 y publicado en 1981), en la plancha 191 Tunja, para referirse a la unidad geológica que suprayace a la Formación San Rafael y que es suprayacida por la Formación Arenisca Dura o Formación Plaeners. La Formación Conejo esta constituida por tres paquetes: el inferior, es una caliza (80 cm), el medio es un intervalo de 7 m de shales gris y areniscas un poco silíceas; y el superior esta constituido por un paquete espeso (272 m) en donde se presentan intercalaciones de capas de shales oscuros con areniscas."

"Etayo-Serna (1968), utiliza esta nomenclatura y la separa en tres conjuntos: el inferior (80m), compuesto por shales negros e intercalaciones de bancos de limolitas o areniscas de grano fino; el segundo es llamado Miembro Cucaita (170 m) conformado por dos segmentos, el inferior (segmento A) calcáreo arenoso y con presencia de amonitas y el segmento superior, B, constituido por arcillolitas y con manifestaciones fosilíferas y el conjunto superior por areniscas y calizas con fósiles."

"En este informe se utiliza Formación Conejo para referirse al conjunto arcilloso y arenoso que aflora en la parte central de la Cordillera Oriental (occidente de la Falla Chocontá) y en el flanco occidental de la misma, que descansa sobre la Formación la Frontera y es suprayacida por la Formación Arenisca Dura y en otros sectores por La Lidita Superior."

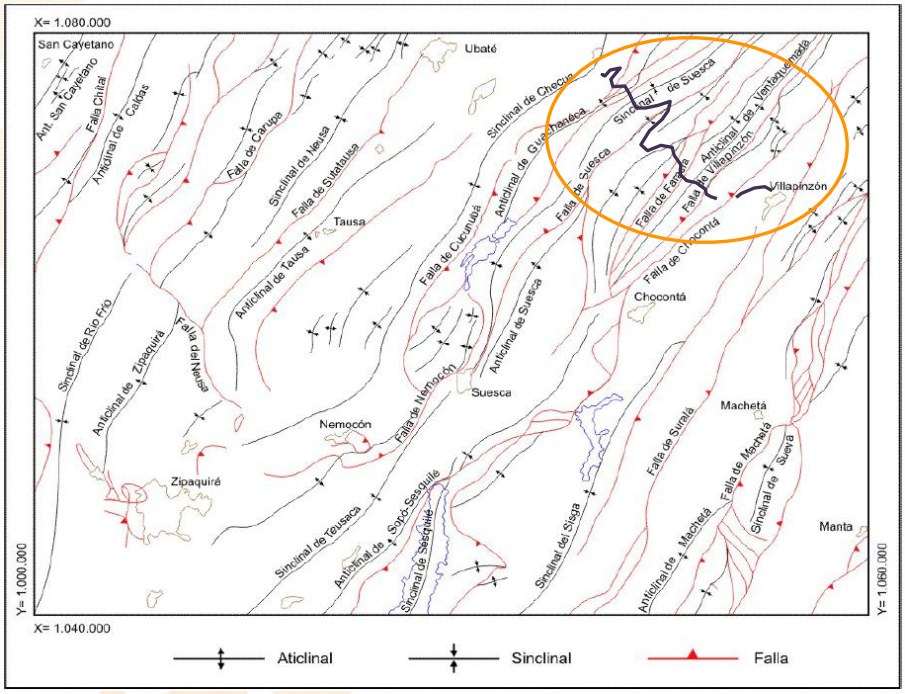
Litología: *"La Formación Conejo es una secuencia constituida por arcillolitas, calizas, limolitas silíceas y areniscas; se caracteriza por presentar intercalaciones de arcillolitas en bancos gruesos con capas medias a muy gruesas de areniscas que generan una morfología de valles y crestas."*

5.2.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El tren estructural en el área del corredor vial sigue el rumbo sudoeste-nordeste, con fallas de cabalgamiento que separan plegamientos de variada magnitud. El sector oriental, por donde discurre el Tramo 1-Rehabilitación, está dispuesto como un gran monoclinal, con dominio de buzamiento al sudeste, en sedimentitas del Terciario superior-Neógeno (Formaciones Cacho, Bogotá y Tilatá), entre trazos de falla de cabalgamiento (Falla de Chocontá), con vergencia al oeste. El tramo 2-Mejoramiento, se desarrolla entre estructuras anticlinales y sinclinales y fallas de cabalgamiento, con vergencia tanto al oeste como al este, que pliegan y fallan la secuencia Cretáceo-Terciaria, que abarca desde la Formación Conejo, el Grupo Guadalupe y la Formación Guaduas (Ilustración 12).

La memoria de la plancha 209 diferencia, estructuralmente, el área del corredor vial en la zona central, entre la Falla de Sutatausa al occidente y la Falla de Suralá. "*Geográficamente corresponde al núcleo de la cordillera y se caracteriza por pliegues sinclinales amplios simétricos y anticlinales angostos, con flancos invertidos y controlados por las fallas longitudinales inversas, con dirección N40ºE, de vergencias tanto al oriente como al occidente y que presentan sinuosidad. Hacia el sur las estructuras sinclinales quedan fosilizadas dentro de depósitos cuaternarios y solo se observan los anticlinales."*

Ilustración 12 Esquema tectónico de la plancha 209-Zipaquirá, señalando en círculo naranja la zona con los tramos viales Villapinzón-Lenguazaque

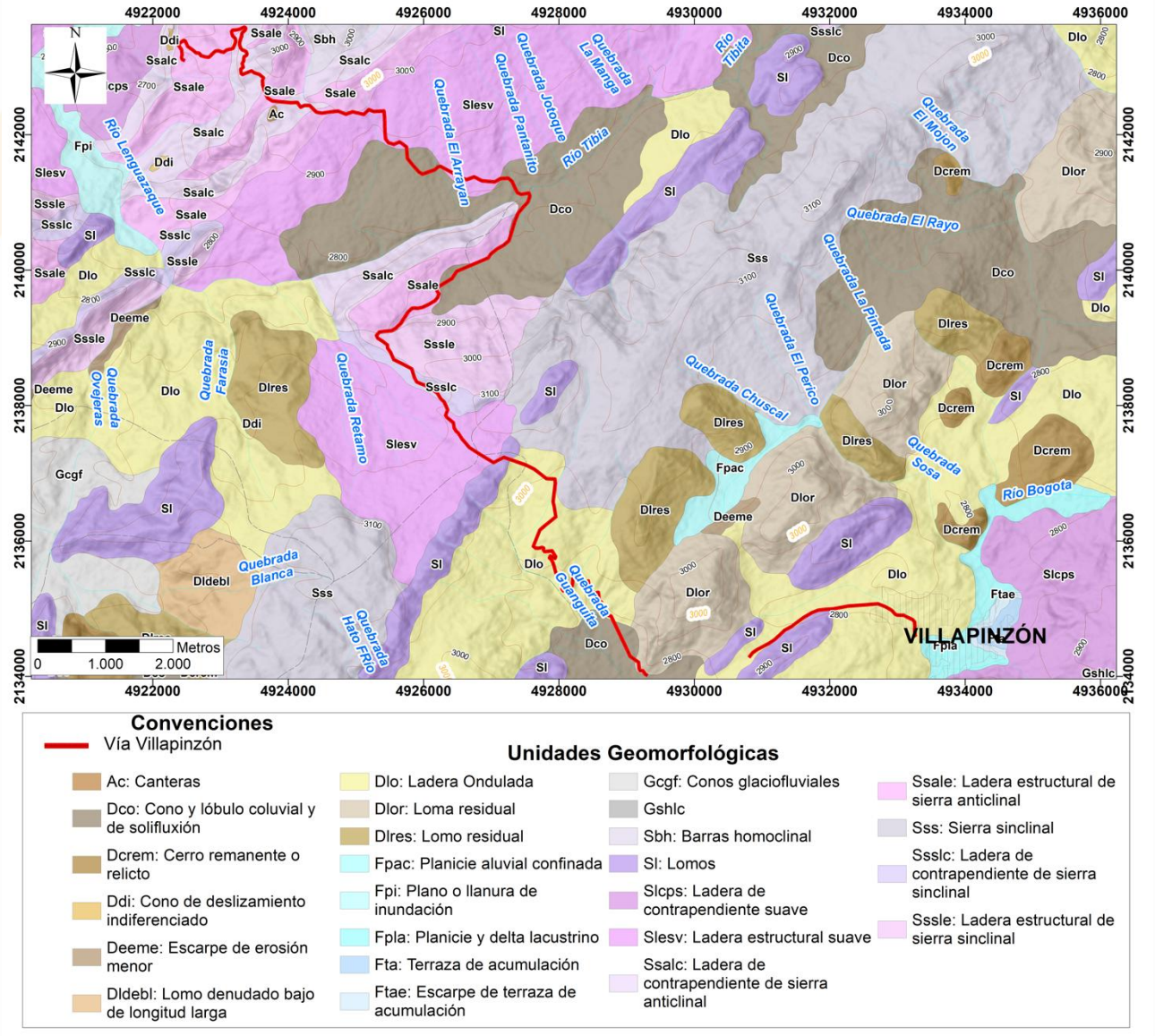


Fuente: Memoria geología de la plancha 209-Zipaquirá (INGEOMINAS, 2003)

5.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La cartografía geomorfológica de la plancha 209-Zipaquirá (SGC-UPTC, 2018), como se aprecia en la Ilustración 13, muestra la intercalación y dominio de geoformas de origen estructural y denudacional, con sectores de ambiente fluvial.

Ilustración 13 Geomorfología regional corredor vial Villapinzón - Lenguazaque



Fuente: Elaboración propia sobre sector del mapa geomorfológico de la plancha 209-Zipaquirá (SGC-UPTC, 2018)

A continuación se presenta la descripción de las unidades geomorfológicas diferenciadas en el área de estudio, según la cartografía de la plancha 209:

5.3.1 GEORFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL

- **Planicie y delta lacustre (Fpla)**

Corresponde a la planicie aluvial antigua del río Bogotá, inmediatamente al oriente del inicio del tramo 1-Rehabilitación. SGC-UPTC (2018), describe esta unidad como:
"Superficie extensa de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada, limitada hacia los cauces por escarpes de varios metros de altura. Su origen está relacionado al desplazamiento lateral del cauce del Río Bogotá en la llanura aluvial asociada a su cauce. Su depósito está constituido por arcillas con intercalaciones locales de arenas finas con niveles delgados de gravas y turbas, producto de la a cumulación de materiales transportados por las corrientes. Presente en los municipios de Cajicá, Chocontá, Cogua y Cucunubá."

- **Plano o llanura de inundación (Fpi)**

Asociada con el fondo aluvial del río Lenguazaque, al occidente de la finalización del tramo 2-Mejoramiento. Se describe como:
"Superficies de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se origina por el desbordamiento y depositación de materiales acarreados por un cauce aluvial, sobre zonas adyacentes a los mismos, en este caso a los ríos Lenguazaque y otros en la zona, limitados localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de "U" o "V". Se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas. Compuesta por materiales trasportados y acumla dos en sus costados conformando depósitos aluviales (Qal)."

- **Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)**

Corresponde al escarpe que bordea por el occidente la terraza sobre la que se asienta el centro poblado de Villapinzón, al oriente del inicio del tramo 1-Rehabilitación.
"Se define una superficie vertical a subvertical, de forma recta, de longitud corta a muy corta, con pendiente abrupta. Su origen es relacionado a la incisión y profundización del cauce de los ríos Bogotá, Neusa y la Quebrada La Despensa, sobre los sedimentos aluviales que conforman a las terrazas, y que están constituidas por gravas, arenas, limos y arcillas. Unidad localizada en los municipios de Villapinzón, Cajicá, Chocontá, Tejar y Veracruz, Cogua, Sopó, Tocancipá y Zipaquirá. La unidad se ubica a una altura promedio de 2.594 m.s.n.m."

- **Planicie aluvial confinada (Fpac)**

Unidad morfológica cartografiada al norte del inicio del tramo 2 de Mejoramiento. Se describe en la memoria de la plancha 209 así:
"Franja de terreno de morfología plana, muy angosta eventualm ente inundable, en forma de "U", limitada por otras geoformas de morfología colinada, alomada o montañosa, que bordean los cauces fluviales, en los cuales se observa el estrangulamiento o estrechamiento del mismo. Esta geoforma tiene pendiente variable entre plana, suavemente inclinada a inclinada, y está constituida por materiales aluviales, entre ellos arenas, limos y arcillas, que son transportados y depositados por las corrientes."

5.3.2 GEORFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL

- **Ladera ondulada (Dlo)**

Esta unidad conforma la mayor parte del relieve del tramo 1 en rehabilitación, y sobre un amplio sector luego del inicio del tramo 2. Se describe como:

"Superficie en declive de morfología alomada a monticulada, con pendiente muy inclinada, deformas planas, cóncavas y convexas y con longitudes extremadamente largas. Estas laderas se forman en suelos residuales y depósitos coluviales, compuestos de materiales provenientes de las formaciones Tilatá (N2t), Guaduas (K 2E1g), Bogotá (E1b), Conejo (K2c), , Labor y Tierna (K2t) y Cacho (E1c), entre otras. La unidad presenta movimientos en masa tipo deslizamiento traslacional. Presente en los municipios de Carmen de Carupa, Chocontá y Cogua, entre otros."

- **Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco)**

Constituye, junto con Dlor, el relieve en el incio del tramo 2 de mantenimiento. Esta descrito de la siguiente manera:
"Se presenta como conos o lóbulos con morfología alomada baja, con pendiente inclinada, con gran longitud. Se asocia a procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas, por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Esta constituido por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz generalmente arcillosa a areno limo arcillosa. Se localiza en los municipios de Cajicá, Carmen de Carupa , Chocontá, Cogua, Cucunubá, entre otros."

- **Loma residual (Dlor)**

Geoformas alineadas de sudoeste a nordeste al norte del inicio del tramo 2-Mantenimiento, desarrolladas sobre la Fm. Lidita Superior. Es descrita de la siguiente manera:

"Se presenta como una prominencia topográfica con morfología a lomada y elongada, con altura relativa menor de 200 metros, compuesta por laderas de longitud variable entre corta a moderadamente larga, con pendiente muy inclinada a inclinada y de forma convexa. Litológicamente se generó sobre rocas de las formaciones Bogotá (E1b), Ca cho (E1c), Churuvita (K2ch), Conejo (K2c), Guaduas (K2E1g), Labor y Tierna (K2t), Lidita Superior (K2l), entre otras. Se localiza en los municipios de Villapinzón, Chocontá, Suesca, Tocancipá, Ubaté, entre otros."

- **Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi)**

Unidad de relieve puntual, diferenciada en el descenso final del tramo 2-Mejoramiento, en la vertiente oriental del río Lenguazaque. Es descrita así:
"Estructura en forma de cono o lóbulos, los cuales tienen un índice de contraste del relieve muy bajo y longitud variada. Se producen sobre suelos cuando los materiales pertenecientes a una ladera se saturan o sobrecargan, reduciendo su resistencia al corte a tal punto de sobrepasar el equilibrio límite del material e iniciado su desplazamiento cuesta abajo, y sobre rocas cuando se tienen planos preferentes que contribuyen al movimiento de un bloque de roca; ejemplo estratificación, diaclasas entre otras. Se localiza en los municipios de Lenguazaque, San Cayetano y Suesca."

5.3.3 GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL

- **Lomos (Sl)**

Geoformas que se intercalan en el corredor vial, flanqueando la parte media a final del tramo 1-Rehabilitación y cruzando la parte media del tramo 2, asociado con trazos de falla. Se describe así:
"Prominencias topográficas con índice de relieve bajo, cimas alargadas y subredondeadas, que siguen la tendencia estructural regional, de laderas cortas a moderadamente largas, cóncavas a rectas y pendientes inclinadas a abruptas. Se relaciona con la acción conjunta de procesos tectónicos moderados a intensos asociado a las fallas de Carupa, Sutatausa, Cucunubá, Suesca, Farasia, Chocontá, Suralá y Machetá. Esta compuesta por rocas de las formaciones Conejo (K2c), Lidita Superior (K2l), Guaduas (K2E1g), Bogotá (E1b), Tilatá (N2t), entre otras."

- **Ladera estructural suave (Slesv)**

Unidad con relieve suave, estructurado, en la pare media del tramo 2 de mejoramiento. Se describe de la siguiente manera:
"Superficie en declive, inclinada a muy inclinada, moderadamente larga aextremadamente larga. Definida por estratos paralelos al sentido de la inclinación del terreno, se caracterizan por ser una continuación de las laderas estructurales, pero con una menor pendiente asociada a cambios litológicos, desarrollándose sobre los flancos del anticlinal de Zipaquirá, y de los sinclinales de Checua, Sueva, Suesca y algunas estructuras homoclinales. Se desarrolla sobre rocas de las formaciones Chipaque (K2cp), Plaeners (K2p), Guaduas (K2E1g), Cacho (E1c), Bogotá (E1b)."

- **Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)**

Geoforma alargada y angosta que sigue un sector corto hacia la parte media del tramo 2. Esta descrita así:
"Superficie subvertical, de forma convexa a recta, con pendiente muy a brupta, con longitudes variables entre cortas a largas. Se generan por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno. Desarrollada en la ladera estructural de los sinclinales de Río Frío, Neusa, Lenguazaque, Sueva, Checua y Sesquile. Desarrollada en rocas de las formaciones Chipaque (K2cp), Conejo (K2c), Lidita Superior (K2l), Arenisca Dura (K2d), Plaeners (K2p), Guaduas (K2E1g), entre otras. Se localiza en Carmen de Carupa, Chocontá, Cogua, Cucunubá, Machetá, entre otros."

- **Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)**

Unidad morfológica en las vertientes de la parte media del tramo 2. Se describe como:
"Superficie inclinada, de forma cóncava convexa, con pendiente muy inclinada, de longitud moderadamente larga a muy larga. Definida por estratos dispuestos en el mismo sentido de la inclinación del terreno y relacionadas a los flancos de los sinclinales de Río Frío, Neusa, Lenguazaque, Sueva, Checua y Sesquile. Se desarrolla sobre rocas de las formaciones Chipaque (K2cp), Conejo (K2c), Lidita Superior (K2l), Arenisca Dura (K2d), Plaeners (K2p), entre otras. Se encuentran en los municipios de Carmen de Carupa, Chocontá, Cogua, Cucunubá, entre otros."

- **Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale)**

Unidad morfológica en las vertientes de la parte media del tramo 2. Se describe como:
"Superficie en declive, de forma cóncava – convexas, con pendiente muy abrupta a abrupta, con longitud moderadamente larga a larga. Definida por estratos dispuestos en el mismo sentido a la inclinación del terreno. Se relacionan a los anticlinales de Machetá, Tausa, Tábano, Guachaneca y San José. Se desarrolla sobre rocas de las formaciones Labor y Tierna (K2t), Une, Churuvita (K2ch), Simijaca (K2s), Arenisca Dura (K2d), Plaeners

(K2p), Guaduas (K2E1g), entre otras. Se localiza en Chocontá, Lenguazaque, Machetá, Pacho, San Cayetano, entre otros."

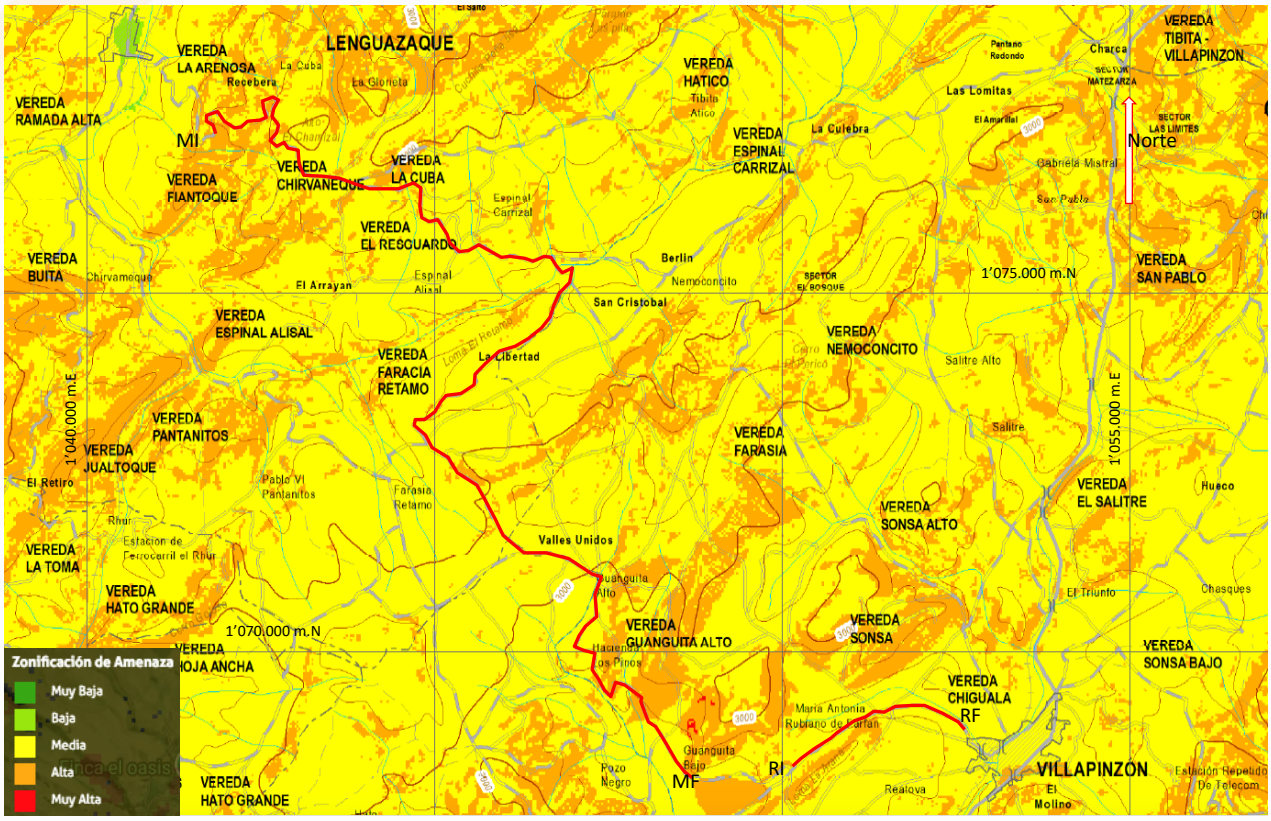
- **Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc)**

Geoforma alargada en la parte media del tramo 2-Mejoramiento. Su descripción es la siguiente:
"Superficie subvertical, con pendiente muy inclinada a muy abrupta, de longitudes kilométricas, de hasta 4,2 km, de forma cóncava a convexa, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno. Desarrollada en la ladera estructural de los anticlinales de Machetá, Tausa, Tabano, Guachaneca y San José, debido a la acción de procesos de erosión, meteorización o tectonismo que cortan y moldean la estructura original. Compuesta por rocas de las formaciones Labor y Tierna (K2t), Une (K1K2u), Churuvita (K2ch), Simijaca (K2s), Frontera (K2f), Arenisca Dura (K2d), entre otras."

5.3 AMENAZA POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

El mapa nacional de amenaza relativa por movimientos en masa, de la plancha 209-Zipaquirá, cataloga la amenaza en el corredor vial entre baja y media para el tramo 1, y entre media y alta para el tramo 2 (ver Ilustración 14). En el catálogo de inventarios no se registran eventos de procesos de remoción en masa en el corredor vial.

Ilustración 14 Zonificación de amenaza por movimientos en masa en el corredor vial Villapinzón-Lenguazaque
Se señalan en rojo los tramos viales en estudio, señalando el inicio y fin de los tramos de Mantenimiento (MI – MF) y de rehabilitación (RI – RF)



Fuente: Elaboración propia sobre mapa de amenaza plancha 209-Zipaquirá, SGC-IDEAM, 2016

El corredor vial discurre entre amenaza media y alta:

- **Amenaza alta:**

En la vertiente norte, hacia el valle de Lenguazaque, uno de los sectores con más altas pendientes del tramo de mejoramiento, con dominio de pendiente abrupta a muy abrupta, desarrollada sobre sedimentitas del intervalo cretáceo-terciario (Grupo Guadalupe, Fm. Guaduas y Fm. Cacho). También en el descenso del tramo de mejoramiento al valle de las quebradas Guangüita y Los Arrayanes, con sección en media ladera moderadamente abrupta a muy abrupta.

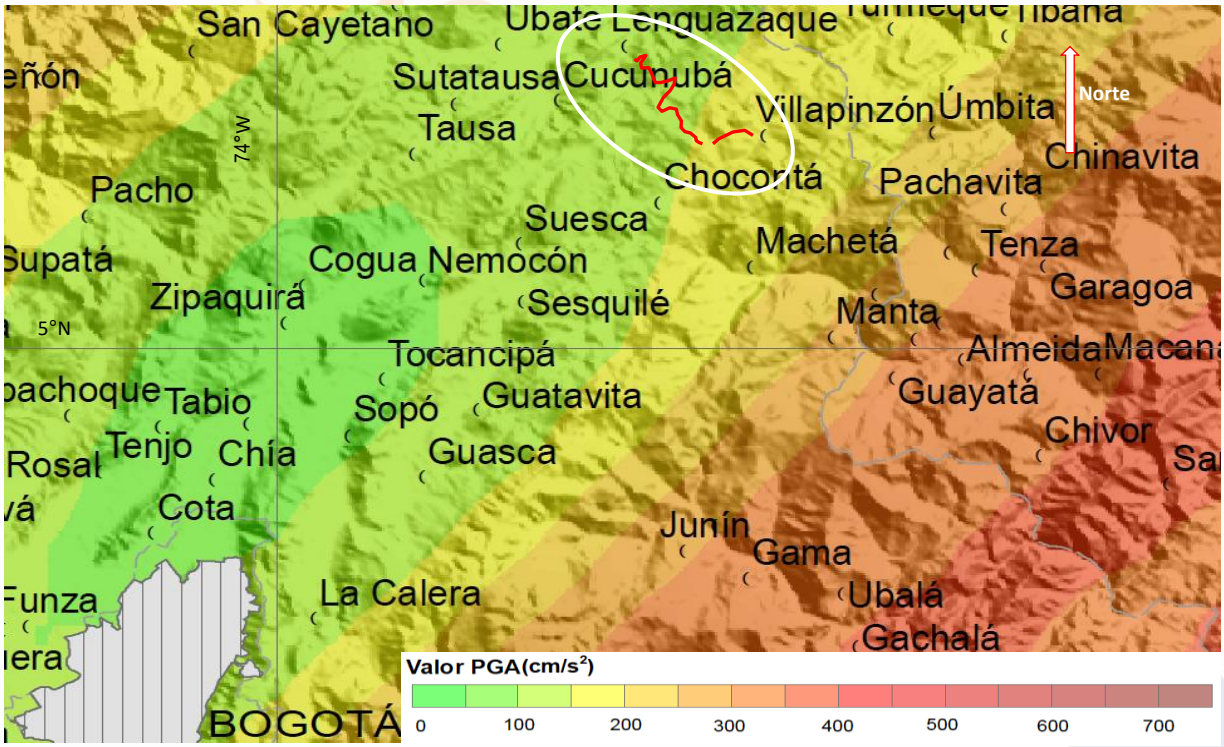
- **Amenaza media:**

Se intercalan hacia el valle de la Q. Lenguazaque, cruzada en K8+300, y en el sector de Valles Unidos, entre el K15 y el K17+500, donde la pendiente disminuye, entre suavemente inclinada y moderadamente abrupta, aunque sobre materiales relativamente blandos. Domina también en el corredor de rehabilitación.

5.4 AMENAZA SÍSMICA

El mapa de amenaza sísmica de Colombia (INGEOMINAS-UNC, 2010), señala los valores de PGA en la zona, en el rango de 150-200 cm/s^2 para el tramo 1-Rehabilitación y de 100-150 cm/s^2 para el tramo 2-Mejoramiento (Ilustración 15). "*El mapa de amenaza sísmica representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia. El movimiento del terreno se calcula en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA), y se estima para probabilidades del 2%, 10% o 50% de ser sobrepasado en un tiempo de 50 años, tiempo estimado de vida útil de una construcción corriente. Estas probabilidades se asocian con la frecuencia de ocurrencia (o periodo de retorno) de los sismos potencialmente destructores: de ocurrencia excepcional (periodo de retorno de 2475 años), frecuentes (periodo de retorno de 475 años) o muy frecuentes (periodo deretorno de 75 años)*". El mapa de amenaza presentado corresponde al perido de ocurrencia de sismos frecuentes: 475 años. El área se sitúa en la zona de amenaza sísmica intermedia.

Ilustración 15 valores de PGA en la zona, señalando el corredor vial Villapinzón-Lenguazaque

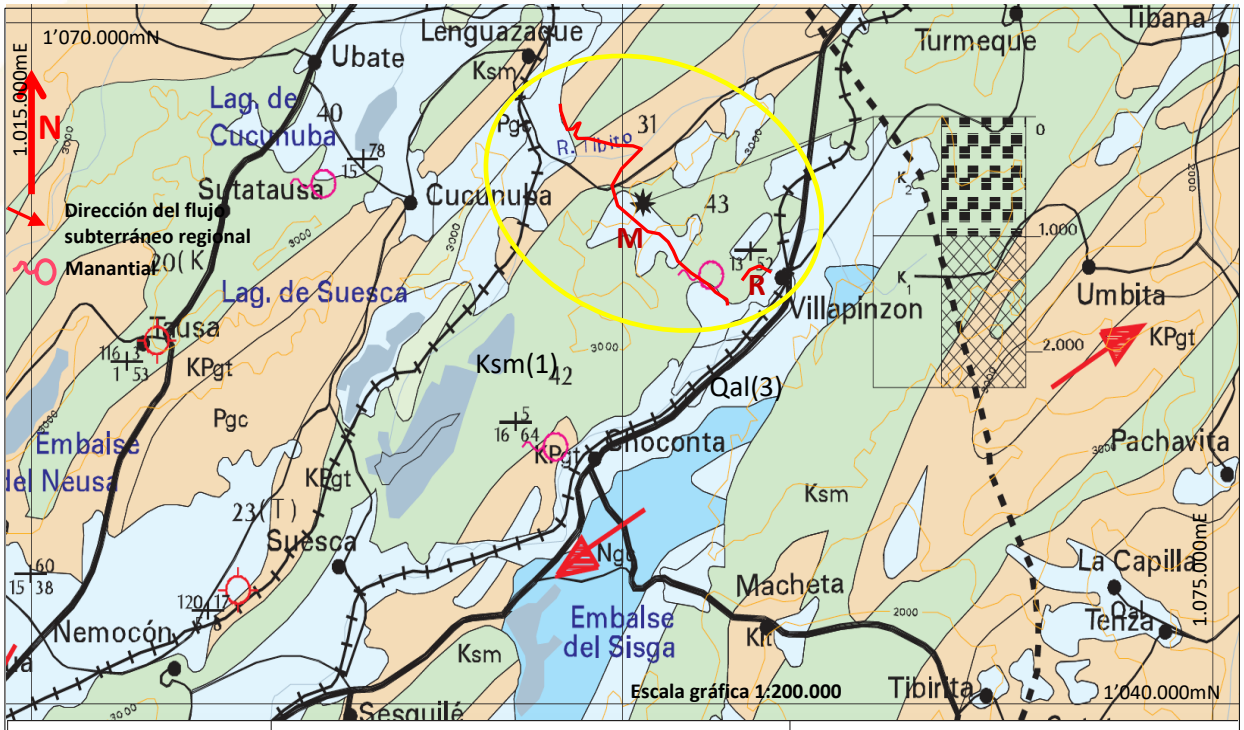


Fuente: Elaboración propia sobre mapa nacional de amenaza sísmica periodo de retorno 475 años, INGEOMINAS-UNC, 2010

5.5 HIDROGEOLOGÍA CONCEPTUAL

El modelo hidrogeológico conceptual para el área de estudio es tomado del mapa de unidades hidrogeológicas de la plancha 5-09, como parte del Atlas de aguas subterráneas de Colombia (INGEOMINAS, 2000). En la Ilustración 16 se señalan los ejes de rehabilitación -R- y mejoramiento -M-.

Ilustración 16 Detalle del mapa de unidades hidrogeológicas para el área de estudio (resaltadas dentro del círculo amarillo).



SISTEMA ACUÍFERO	CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS
A. SEDIMENTOS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR		
Acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente coluvial y fluvial que desarrollan acuíferos libres y localmente confinados y por rocas terciarias de ambiente volcánico y fluvial con acuíferos de tipo confinados. Almacenan agua recomendable para cualquier uso	Qc:(3) Cono aluvial de Lérida y del Sistema volcánico Qc:(4) Depósito coluvial de la Cordillera Oriental Qal:(1) Depósito aluvial de la Cordillera Central Qal:(2) Depósito aluvial y terrazas del Río Magdalena Qal:(3) Depósito aluvial de la Cordillera Oriental Qal:(4) Depósito aluvial de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá Qal:(5) Depósito aluvial del Borde Llanero Qtz:(1) Fm.Sabana Qps(3) Depósitos piroclásticos de la Cordillera Central NgQp:(4) Depósitos indiferenciados del Borde Llanero Ngc:(3) Fm.Picacho Ngc:(4) Fm.La Corneta Pgc:(2) Fm.Cacho Pgt:(1) Fm.Diablo
B. ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE A TRAVÉS DE FRACTURAS (ROCAS FRACTURADAS Y/O CARSTIFICADAS)		
Acuíferos de mediana productividad, capacidad específica entre 1.0 y 2.0 l/s/m	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional, conformada por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas de edad cretácica depositadas en ambiente marino. Acuíferos confinados con aguas recomendables para cualquier uso	Ksm:(1) Grupo Guadalupe Klm:(1) Formaciones Tablazo y Rosa Blanca
C. SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		
Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m	Complejo de rocas sedimentarias poco consolidadas a muy consolidadas de origen continental y marino, que en ocasiones almacenan aguas que requieren tratamiento para su uso	Ngc: Fms.Usme,Regaderada, Caja y San Fernando Pgc:(2) Fms. Fusa,Bogotá,Barzalosa y Santa Teresa Pgt: Fms.Concentración y Socha KPgt: Fms.Guaduas y Seca Ksm: Fms.Córdoba y Grupo Olini Klt: Grupo Guaguaquí y Formaciones Limolitas de Pacho Simijaca,Chipaque,Simiti,Une y Fómeque Klm: Fms.La Palma,Trincheras,Capotes,Utica,Cumbre, Lutitas de Macanal y Paja

Fuente: Elaboración propia sobre mapa de unidades hidrogeológicas de la plancha 5-09 (INGEOMINAS, 2000)

El tramo en rehabilitación (R) se desarrolla sobre un un acuífero de baja productividad, como se consideran los depósitos aluviales (Qal(3)), que siguen el valle del río Bogotá, bordeados por acuífero de mediana productividad, como se considera a los cerros constituidos por el Grupo Guadalupe (Ksm(1)).

En el contexto de la geología regional y local se ha señalado el valle del río Bogotá, rodeado por la Formación Tilatá, la cual es considerada como acuífero de mediana a alta productividad (CAR-INGEOMINAS, 1990). En el inicio del tramo de mejoramiento se cartografía un manantial. La dirección del flujo de agua subterránea regional se señala al suroccidente, coincidente con la dirección del flujo del río Bogotá.

El general la vía se desarrolla entre acuíferos de mediana y baja productividad, los primeros asociados con los macizos cretáceos, cuyas permeabilidades están asociadas con fracturamiento, mientras que unidades más recientes, como la Fm Guaduas, la Fm. Cacho y los rellenos fluvio-graciares, con importantes contenidos de arcilla, se consideran acuíferos de baja productividad. Los acuíferos con baja productividad se definen como acuitardos, con capacidad para retener agua aunque con dificultad para su movilidad y liberación.

6 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

El recorrido de campo se adelantó desde el K0 del tramo de mejoramiento, en el extremo hacia Lenguazque, hacia Villapinzón, adelantando estaciones en los sitios en que se identifican afloramientos de materiales y/o en lugares en que se aprecia afectación de la banca y sus taludes, o estructuras importantes, como puentes, Se describen tanto materiales pétreos y suelos, rasgos estructurales y los procesos morfodinámicos que afectan el corredor vial, como la eventual extensión de los procesos erosivos y de remoción en masa sobre la vertiente, en el rango del corredor geotécnico.

El corredor vial se desarrolla en todos los rangos de pendientes establecidos en la Guía Metodológica del SGC (ver Ilustración 17), desde plano en los fondos de valles aluviales, hasta muy abrupto, si bien los rangos de muy abrupto y abrupto solo se alcanzan puntualmente. En el tramo 1 de rehabilitación dominan los rangos de pendientes plano a moderadamente abrupto. En el tramo 2 de mejoramiento, se presentan todos los rangos de pendientes, con sectores planos y montañosos intercados.

Ilustración 17 Rangos de pendientes, SGC, 2016

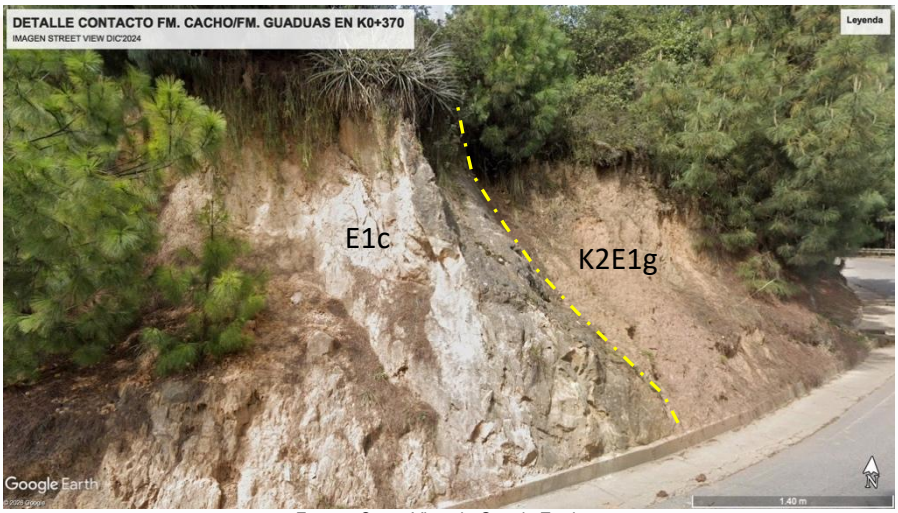
INCLINACIÓN (°)	PROCESOS CARACTERÍSTICOS Y CONDICIONES DEL TERRENO
0-2	**Plano a casi plano.** No hay denudación apreciable.
2-4	**Suavemente inclinado.** Movimientos en masa de baja velocidad y procesos erosivos de diferentes tipos, especialmente bajo condiciones periglaciares (solifluxión) y fluviales (erosión laminar y en surcos). Susceptible a desarrollar procesos erosivos.
4-8	**Inclinado.** Condiciones similares a las anteriores. Alta susceptibilidad a desarrollar procesos erosivos.
8-16	**Moderadamente abrupto.** Movimientos en masa de todos los tipos, especialmente solifluxión periglaciar, reptación y ocasionalmente deslizamientos, también erosión de tipo laminar y en surcos. Susceptible a erosión y deslizamientos.
16-35	**Abrupto.** Procesos denudacionales intensos de diferentes tipos (erosión bajo cubierta forestal, reptación, deslizamientos). Alta propensión al desarrollo de procesos erosivos.
35-55	**Muy abrupto.** Afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, depósitos granulares caóticos de poco espesor.
> 55	**Extremadamente abrupto.** Afloramientos rocosos. Procesos denudacionales muy fuertes, especialmente "denudación de escarpe"; susceptible a rodamiento de rocas.

Fuente: tomado de van Zuidam (1986).

Fuente: Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000 (SGC, 2016)

En el inicio del tramo de mejoramiento la vía se desarrolla en relieve montañoso, con pendiente abrupta a muy abrupta. En los primeros 500 m la vía bordea un cerro, elongado de sur a norte, con el talud interno -en corte- al costado izquierdo, con cortes altos hasta el K0+370, donde se da el contacto entre la Fm. Cacho (E1c) y la Fm. Guaduas (K2E1g), como se ilustra en la Ilustración 18.

Ilustración 18 Contacto entre la Fm. Cacho y la Fm. Guaduas, en K0+370; vista hacia Villapinzón



Fuente: Street View de Google Earth

- **Estación 1 K0+230 (2143009 N – 4922196 E)**

En los primeros 370 m del tramo en mejoramiento, el relieve montañoso es de gran altura, con pendiente muy abrupta (33-55º), con taludes de corte entre 5 y 15 m. Se describe, como representativa de este primer sector, la secuencia litológica en K0+230, que corresponde a capas de arenisca de color habano-crema (7.5 YR 8/2), con pátinas de oxidación amarillentas, con niveles de arcillas grises (7.5 Y 6/1). En la Ilustración 19 puede apreciarse la secuencia aflorante en el talud expuesto, con la estratificación dispuesta hacia el talud interior; en la Tabla 1 se relacionan los planos de discontinuidad levantados, tanto la estratificación como diaclasas subverticales, diagonales a desfavorables respecto de la cara del talud, que en este sector, entre K0 y K0+230 tiene dirección general al occidente (Az 270 en K0+230)

Ilustración 19 Panorámica de la vía, en vista hacia Villapinzón (Az 175), señalando con flechas la disposición del buzamiento de la estratificación



Tabla 1 Relación de discontinuidades en la roca en talud costado izquierdo en K0+230

DISCONTINUIDAD	DB	PARÁMETROS
Estratificación	87/23º, 89/27º	Favorable. Capas entre 20 cm y 1 m
Diaclasa 1	189/70º, 290-110/Vertical, 202/77º	Diagonal Separación: 20-60 cm Persistencia < 2 m Superficie: Lisa a suav. Ondulada Abierta por desconfinamiento
Diaclasa 2	330/63º, 322/70º, 62-242/vertical	Diagonal a desfavorable Separación: 40-50 cm Persistencia: <2 m Lisa a suavemente ondulada Abierta por desconfinamiento

La roca se aprecia con moderada a alta meteorización (III-IV ISRM), como roca media a débil (R3-R2 en Ilustración 6 Dureza de la roca frente a la navaja y el martillo geológico. Fuente: Adaptado de US. Bureau of Reclamation (1990), en "Engineering Geology Field Manual".), en las areniscas a muy débil (R1) en los niveles de arcillas (arcillolitas meteorizadas). En general el macizo rocoso es muy friable, con tendencia a acumular flujos de suelo y detritos en la base del corte (Ilustración 20), con eventual desprendimiento de bloques.

Ilustración 20 Vista hacia el K0+150, hacia Lenguazaque (al fondo a la izquierda), Az 356



En K0+270 se observa hacia el talud exterior, una zona cóncava con alta pendiente longitudinal, con la corona de un antiguo proceso de remoción en masa al borde de la banca (Ilustración 21). No se aprecia afectación en la banca, seguramente por la condición rocosa de la subrasante y la buena cobertura vegetal del talud, aunque la alta pendiente y cercanía del escarpe del antiguo PRM, constituyen alta susceptibilidad en el sitio.

Ilustración 21 Aspecto de la vía en K0+270, señalando escarpe de PRM antiguo en borde de la banca en talud exterior, costado derecho. Vista hacia Villapinzón (Az 165)



Luego del K0+370 (contacto Fm, Cacho/Fm. Guaduas), la vía continua en media ladera, con el talud interno al costado izquierdo, disminuyendo notablemente la altura del corte. Adelante del K0+500, la pendiente de la ladera se hace moderadamente abrupta (8-16º), alargada y recta a cóncava (Ilustración 22), como parte de la vertiente del cauce de una quebrada afluente del río Lenguazaque, con dirección de flujo oriente a occidente. Puntualmente, como en K0+400, el talud exterior aumenta de altura, con la banca, al parecer, conformada en relleno (Ilustración 23), con muestras de afectación en el costado interno de la banca.

Ilustración 22 Panorámica del corredor vial adelante del K0+500; vista hacia Villapinzón (Az 010)



Ilustración 23 Aspecto de la vía en K0+400, vista hacia Lenguazaque (Az185)



Adelante del K0+700 el talud de corte-interno pasa al costado derecho, con ocasionales sectores en cajón (Ilustración 24).

Ilustración 24 Panorámica de la vía desde el K0+810 de mejoramiento; vista hacia Villapinzón (Az 330)



En el talud se observa material residual limo arenoso, de color amarillo grisáceo (5Y 8/6), con fragmentos de arenisca (Ilustración 25). Puede catalogarse como un suelo duro o roca débil.

Ilustración 25 Aspecto de roca meteorizada en el talud interno en K0+750



- **Estación 2 K1+450 (2143204 N – 4922682 E)**

Se observa flujo lento y concentrado en la ladera exterior de la vía (costado derecho), con grietas en la banca asociadas con el movimiento de la ladera (Ilustración 26). La pendiente en la sección de la ladera va de moderadamente abrupta, al interior, a abrupta al exterior.

Ilustración 26 Panorámica hacia Villapinzón (Az 095), en K1+450



En el talud de corte se aprecian areniscas feldespáticas, con algo de cuarzo, de color habano grisácea (7.5 Y 8/1), friables, en bancos de 2-3 m, con niveles de arcillolita laminar gris (10 Y 6/1), meteorizada, en bancos de 1 m (Ilustración 27). La dureza de la roca frente al martillo y la navaja es de: roca media a dura para las areniscas y roca débil para las arcillas. La secuencia litológica aflorante se correlaciona con la Fm. Guaduas.

Ilustración 27 Bancos de areniscas feldespáticas con capas de arcillolita, en K1+450



El buzamiento es subvertical, diagonal respecto de la cara libre del talud, con una diaclasa cuyo rumbo es paralela a la cara del talud, algunas veces favorable y otras desfavorable (Tabla 2).

Tabla 2 Caracterización de los planos de discontinuidad en K0+750

DISCONTINUIDAD	DB	PARÁMETROS
Estratificación	140/86º, 317/88º	Diagonal Separación 1-2 m
Diaclasa 1	13/19º, 195/18º	Favorable-desfavorable Separación: 20-30 cm Persistencia 20-40 cm Superficie: Lisa Abierta por desconfinamiento

La apreciación es la de que la ladera exterior es afectada por un flujo concentrado, antiguo y recurrente, con incremento notable de la pendiente y la concavidad de la ladera, lo que le permite concentrar la escorrentía. El buzamiento subvertical del basamento rocoso, favorece la infiltración del agua en el subsuelo.

- **K1+850 (PR22+100 aproximadamente)**

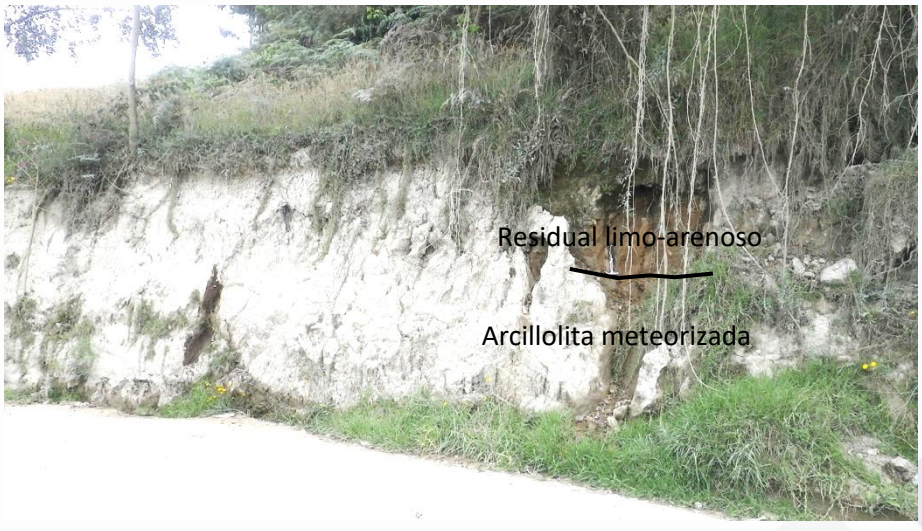
Se percibe proceso de erosión concentrada incipiente, por descole de aguas de bombeo de la banca, en zona que por su conformación morfológica tiende a concentrar la escorrentía (Ilustración 28).

Ilustración 28 Detalle en incipiente erosión concentrada en costado izquierdo de la vía, en K1+850. Vista hacia Villapinzón (Az 260)



Aproximadamente en K2+570 (PR22+800), se aprecia erosión concentrada que afecta el nivel residual del talud de corte (costado izquierdo), conformado por una capa de suelo limo-arenoso, con cerca de 1,5 m de espesor, que cubre arcillolitas meteorizadas gris-verdosas (Ilustración 29), correlacionadas con la Fm. Guaduas. El talud de corte alcanza 3 m, sin mayores problemas de estabilidad. Se percibe buzamiento muy suave (<10º), favorable a diagonal.

Ilustración 29 Vista del talud en K2+570



- **Estación 3 K2+850 (N 2143266 – E4923302)**

Talud de corte en costado izquierdo de la vía, de unos 5 m de altura, conformado por capas de areniscas habano grisáceas (7.5 Y 8/1), meteorizadas y friables, con niveles arcillosos grises (10 Y 6/1), el buzamiento es hacia el talud interior, suave, con una diaclasa subvertical, perpendicular a la cara libre del talud (Ilustración 30). La dureza de la roca frente al martillo y la navaja es de: roca media a dura para las areniscas y roca débil para las arcillas. En la Tabla 3 se describen los planos de discontinuidad medidos en el talud.

Ilustración 30 Vista hacia Villapinzón (Az 120), desde el K2+850

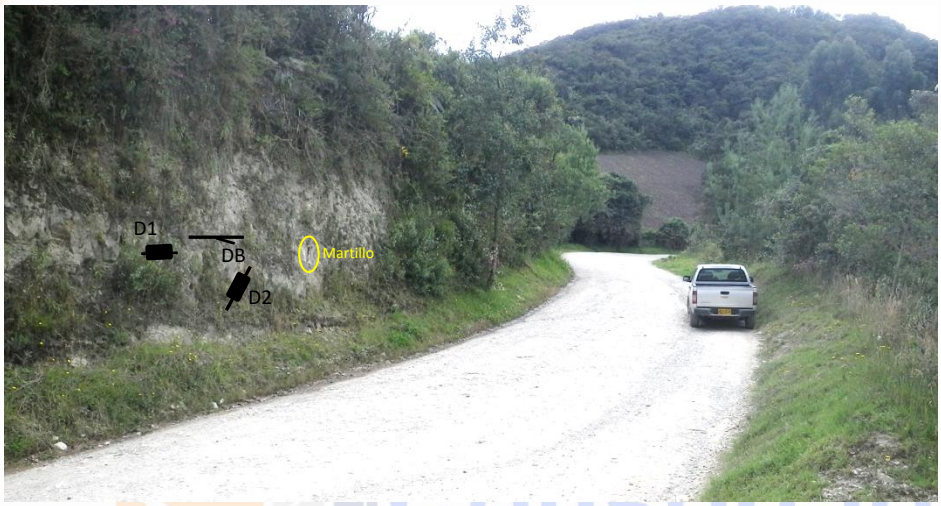


Tabla 3 Caracterización de los planos de discontinuidad en K2+850

DISCONTINUIDAD	DB	PARÁMETROS
Estratificación	110/17º, 113/16º	Favorable a diagonal Separación 40-50 cm
Diaclasa 1	70-250/ V, 342/82º	Perpendicular Separación: 20 cm - 1 m Persistencia < 2 m Superficie: Lisa Abierta por desconfinamiento
Diaclasa 2	160-340/ V, 73/86º	Subparalela a favorable Separación: 30 – 50 cm Persistencia < 2 m Superficie lisa Abierta por desconfinamiento

- **Estación 3 K3+300 (N 2142882 – E 4923294) PR APROXIMADO 23+500**

Zona de extracción de material de construcción, en nivel de liditas (limolitas silíceas), con intercalaciones arcillosas, correlacionables con la Fm. Plaeners (K2p, ver Ilustración 31). Se mide DB: 283/48º (desfavorable). La cantera se aprecia inactiva.

Ilustración 31 Vista del extremo norte del frente de extracción de material, Vista al norte (Az 360)



La intercalación de liditas con arcillas, solo permite el uso del material para recebo, quizá como subbase.

Ilustración 32 Prolongación al oriente del frente de extracción, se observa banco arcilloso por debajo de las liditas



El patio de extracción se encuentra casi 20 m por debajo en cota de la vía, En la Ilustración 33 se aprecia la condición del corte de la vía, desde el patio superior, probablemente del primer frente de extracción.

Ilustración 33 Panorámica de la vía hacia Villapinzón (Az 030), desde el patio de la zona de extracción (K3+300).



Ilustración 34 Panorámica de la vía hacia el NNE (Az 020), en el K4+700 (PR25)



Entre PR25 y PR26 el relieve es colinado, desarrollado sobre la Fm. Guaduas, con cortes bajos, menores de 3 metros. No se detectan procesos de remoción en masa -PRM- (Ilustración 35).

Ilustración 35 Vista hacia Villapinzón (Az 120), desde el PR26 (K5+700)



La conformación de relieve colinado continúa hasta el K6+700 (PR27), sin PRM, erosión en la base de taludes de corte, menores de 2 metros (Ilustración 36). En la Ilustración 37 puede apreciarse la expresión morfológica de la planicie aluvial del río Tibia (o Lenguazaque), que cruza la vía en K8+830.

Ilustración 36 Panorámica del sector del PR27 (K6+700), vista hacia Villapinzón (Az 170)



Ilustración 37 Panorámica al sur (Az 180), desde el K6+700



Eventualmente se aprecian PRM de pequeña magnitud, asociados con la intervención antrópica, como los flujos de detritos en el talud interno (costado izquierdo), detonados por la excavación para la cuneta, por el reciente paso de la motoniveladora (Ilustración 38).

Ilustración 38 Aspecto de la vía en K8+300, vista hacia Villapinzón (Az 080)



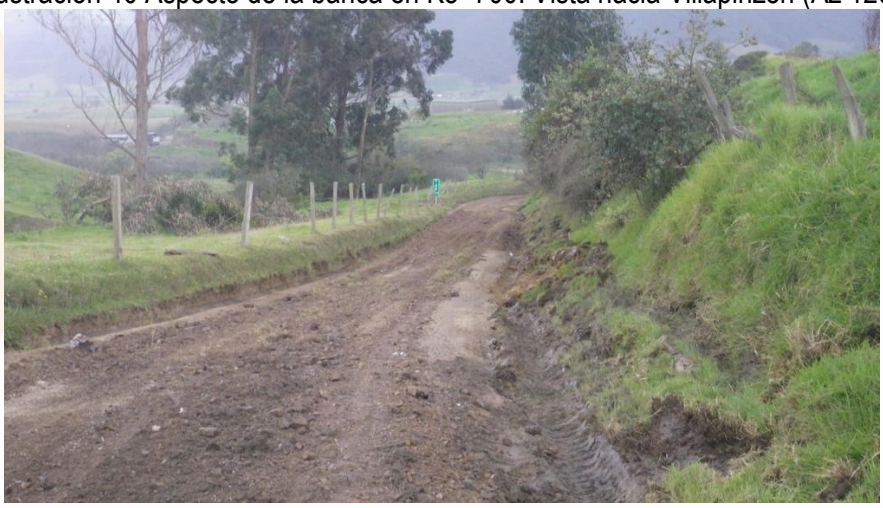
En la Ilustración 39 puede apreciarse el perfil del suelo residual, desarrollado sobre la Formación Guaduas, la cual conforma las vertientes del valle del río Tibia. Se clasifican como suelos rígidos.

Ilustración 39 Perfil residual desarrollado en pequeño corte de acceso a vivienda, al costado izquierdo de la vía en K8+600



En la Ilustración 40 se muestra la condición del talud en el descenso al río Tibia, en el sector del PR29 (K8+700). Los desprendimientos que se observan en la base del talud de corte, costado derecho, están asociados con el reciente paso de la cuchilla de la motoniveladora; de todas formas se aprecia susceptibilidad del terreno, residual sobre arcillas de la Fm. Guaduas, atenuadas por la baja altura de los cortes y la baja pendiente.

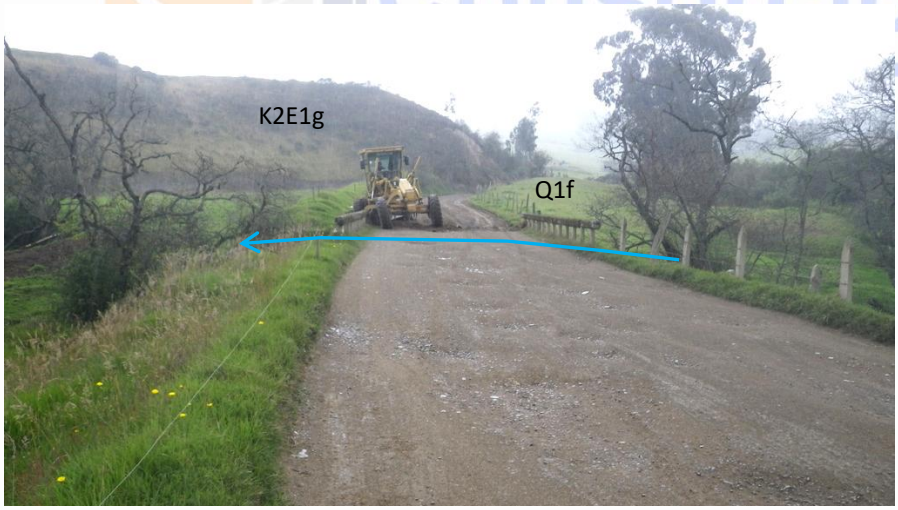
Ilustración 40 Aspecto de la banca en K8+700. Vista hacia Villapinzón (Az 120)



- **Estación 4 Puente sobre el río Lenguazaque K8+830 (N 2141138- E 4927399)**

El río Lenguazaque o Tibia, tiene un cauce sinuoso y angosto, que el río labra en una planicie aluvial amplia, que de acuerdo con la cartografía geológica, es de origen fluvio-glaciar (Q1f en Ilustración 41). Los flancos del valle son bordeados por la Fm Guaduas (K2E1g en Ilustración 41), hacia el norte, y la Fm. Labor y Tierna (K2t), hacia el sur.

Ilustración 41 Panorámica del puente sobre el río Lenguazaque, mirando hacia Lenguazaque (Az 320)



El puente, de unos 10-12 m de luz, se aprecia en buenas condiciones. El cruce se hace en la parte media de una curva fuerte del río, hacia su margen derecha (Ilustración 42), y aunque hay alguna tendencia a atacar este costado, desde aguas arriba, no se percibe afectación en el estribo (Ilustración 43).

Ilustración 42 Vista hacia aguas arriba desde el puente, hacia Az 035



Ilustración 43 Vista hacia la margen derecha del puente sobre el río Lenguazaque (Az 355)



Ilustración 44 Detalle en margen izquierda, aguas arriba (Az 150).



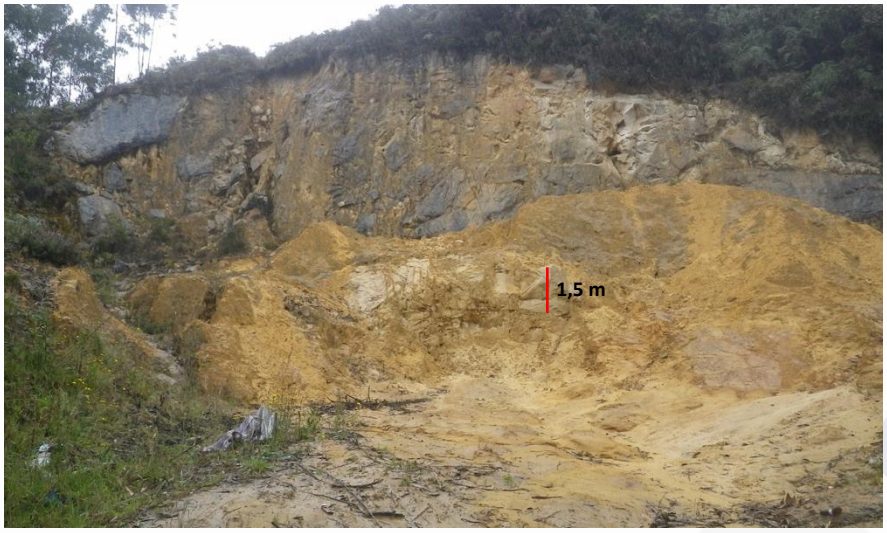
Luego de un corto tramo sobre la planicie aluvial del río Lenguazaque, la vía discurre entre la vertiente montañosa y la planicie aluvial (talud interno al costado derecho). Según la altura del relieve observada, aproximadamente hasta el K9+400 la vertiente está conformada sobre la Fm. Guaduas, y a partir de allí sobre la Fm. Labor y Tierna (K2t). En la Ilustración 45 se puede apreciar la sección de la vía desde el K9+900.

Ilustración 45 Sección del corredor vial desde el K9+900; vista hacia Villapinzón (Az 240)



En K10+100 se observa un sitio de extracción del material, al costado derecho de la vía (Ilustración 46). Son areniscas cuarzo-feldespáticas, con meteorización moderada, fracturadas y friables, color habano amarillento (2.5 Y 8/2). Se catalogan como rocas débiles (ver Ilustración 6 Dureza de la roca frente a la navaja y el martillo geológico. Fuente: Adaptado de US. Bureau of Reclamation (1990), en "Engineering Geology Field Manual".), correspondientes a la Formación Labor y Tierna (K2t), la cual constituye la sierra anticlinal que bordea la vía, separándola del curso del río Lenguazaque, aguas abajo del puente del K8+830.

Ilustración 46 Panorámica de frente de extracción de materiales en K10+100



La secuencia de areniscas es correlacionable con la Fm Labor y Tierna (K2t), dispuesta con buzamiento al sur; DB: 173/22º. Se aprecia un plano de diaclasa subvertical: 140/320. El frente rocoso está alejado de la vía, y no representa amenaza para la estabilidad de la vía.

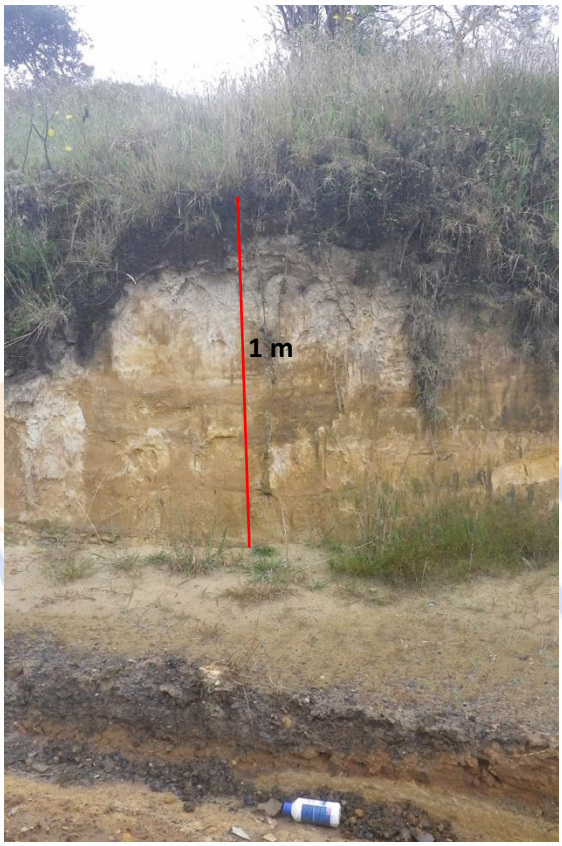
En K11 el relieve es de una planicie suavemente inclinada de derecha a izquierda (Ilustración 47). El modelo geológico regional señala este sector conformado sobre la Fm Labor y Tierna (K2t), muy cerca del eje de la amplia estructura sinclinal que domina este sector. La geomorfología regional indica la unidad de Dco: Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión, como extensión en el fondo fluvio-glaciar del sector del río Tibia.

Ilustración 47 Vista hacia Villapinzón (Az) desde el K11



500 metros adelante (K11+500), la pendiente transversal se incrementa un poco, hasta el rango de moderadamente abrupto (12-13º), larga y recta, con cortes, al costado derecho, que no superan 1,5 m (Ilustración 48). Aflora material residual limo-arcilloso, de color crema-amarillento (5 Y 8/6). El material es friable, como los constata la acumulación de depósitos de flujos de suelos en la base del corte. La resistencia del suelo, según la valoración en campo de la Ilustración 7 Resistencia del suelo a partir de índices de campo (ISRM). Fuente: Modificado de British Standard Institution (1999).es de suelo rígido (S4). La cartografía geológica regional señala que la unidad aflorante en el sector es la Fm. Labor y Tierna, en el eje de la estructura sinclinal que domina el tramo. No se logra medir el buzamiento, aunque se aprecia que es muy suave, desfavorable.

Ilustración 48 Perfil residual limo-arcilloso en K11+500, talud de corte al costado derecho de la vía



En el K12+000 se aprecia, sobre un talud sub-vertical con cerca de 2 m de altura, bancos de areniscas meteorizadas, con textura limo-arenosa, de color gris habano en superficie, rojiza en profundidad (7.5 YR 8/6 ver Ilustración 49), interpretados como horizonte IB del suelo residual. La superficie de la ladera, recta y alargada, tiene cerca de 20º de inclinación y se interpreta como la disposición estructural, desfavorable (Ilustración 50), como en la mayor parte del transito de la vía desde el cruce del río Tibia (K8+830), como parte del flanco norte del sinclinal de Albarracín.

Ilustración 49 Aspecto del talud



Ilustración 50 Aspecto de la vía en el K12+000, vista hacia Villapinzón (Az 210)



Los árboles en la superficie de la ladera se aprecian inclinados, revelando reptación del suelo.

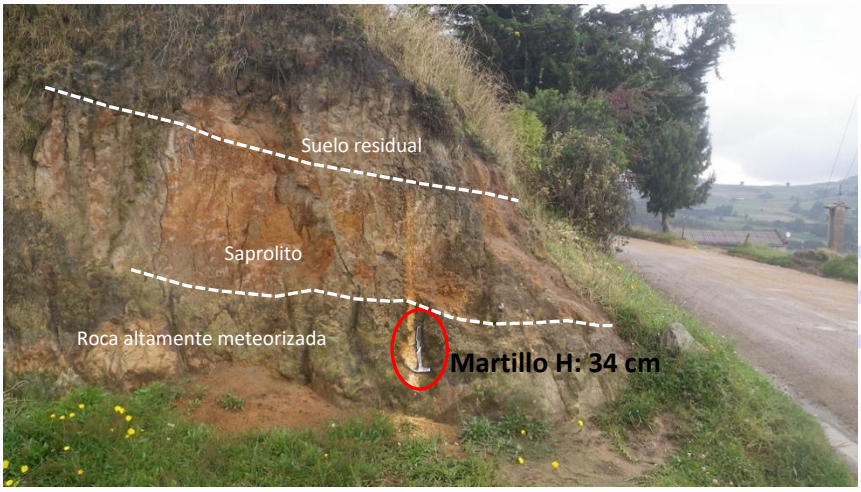
En la Ye de las Cruces (K12+600), luego del pasar la divisoria de aguas, se cambia de hombro, pasando el talud interno al costado izquierdo, ya sobre otra cuenca, abandonando la del afluente del río Lenguazaque, que seguíamos desde el puente del K8+830. Los cortes son mínimos, sobre un relieve montañoso amplio (Ilustración 51). En un pequeño talud de corte (<2 m), se aprecia el perfil residual desarrollado, con roca meteorizada y fracturada en la base, con la mayor parte del perfil expuesto correspondiente al nivel residual (Ilustración 52). Estas rocas se correlacionan con la Fm. Labor y Tierna (K2t), unidad que cubre ampliamente este sector.

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 51 Panorámica del corredor vial desde el K12+680 hacia Villapinzón (Az 160)



Ilustración 52 Perfil residual en K12+600 al costado izquierdo de la vía, desarrollado sobre K2t



La sección de la vertiente sobre la que se desarrolla la vía, sobre un amplio tramo desde el K12+600, tiene pendiente de unos 10º (moderadamente abrupta – 8-16º), recta y larga, con cortes bajos, menores de 1m, que dejan expuesto un horizonte A profundo (Ilustración 53-perfil de ladera desde K13+700).

Ilustración 53 Panorámica de la vía desde el K13+700, vista hacia Villapinzón (Az 160)



Eventualmente se presentan tramos en cajón, como en el K14+600, con longitud aproximada de 120 m y altura máxima de 3 m (Ilustración 54). El material expuesto es el perfil residual limo arenoso, en una vertiente con pendiente general de NE a SW (de izquierda a derecha de la vía), en un sector donde la geología regional cartografía la Fm. Labor y Tierna (K2t). Son suelos rígidos (ver Ilustración 7 Resistencia del suelo a partir de índices de campo (ISRM). Fuente: Modificado de British Standard Institution (1999).), con facilidad para generar pequeños flujos de suelos, que puede extenderse a lo largo del talud.

Ilustración 54 Vista del tramo en cajón del K14+600. Se señala el PR35 de la vía. Vista hacia Villapinzón (Az 120)



Entre el K15 y el K15+200 se observa la divisoria regional, entre el río Tibia o Lenguazaque, al occidente, y el río Bogotá, al oriente.

Ilustración 55 Vista desde el K15+500 hacia Villapinzón (Az 110)



Ilustración 56 Panorámica del corredor vial desde el PR16+500; vista hacia Villapinzón (Az 170)



- **Estación 5 Talud rocoso en K17+400 (N 2135895- E 4927788)**

Saliente rocosa en la vertiente, por el costado izquierdo, conformado por un nivel de caliza gris (7.5 YR 5/1), intercalado con arcillolitas laminares grises meteorizadas, de color habano grisáceas (2.5 Y 8/4 Ver Ilustración 57). La cartografía regional señala este sitio constituido por la Fm. Conejo, en el flanco occidental del anticlinal de Chocontá y la Falla Farasia, al oeste, con buzamiento -invertido- al sudeste.

Ilustración 57 Aspecto del talud en K17+400 (Az 015)



El macizo rocoso en general se observa bastante fracturado, incluso replegado. La altura del talud es de máximo 3 m, en una vertiente no muy alta, por lo que no se aprecia alta incidencia de caída de bloques de roca o detritos (Ilustración 58). El nivel de caliza tiene dureza muy dura a extremadamente dura (R5-R6 en Ilustración 6 Dureza de la roca frente a la navaja y el martillo geológico. Fuente: Adaptado de US. Bureau of Reclamation (1990), en "Engineering Geology Field Manual".), mientras el las arcillolitas, meteorizadas, que dominan la secuencia expuesta en el talud, se cataloga como roca muy débil (R1).

Ilustración 58 Panorámica del talud hacia Villapinzón (Az 120), en la zona de arcillolitas



Se logran medir planos de discontinuidad, aunque no es claro cuales corresponden a dirección de buzamiento de los estratos y cuales a diaclasas; se asume como DB la regional observada, al SE. En la Tabla 4 se relacionan los planos medidos y sus propiedades respectivas:

Tabla 4 Relación de planos de discontinuidad en K17+400

DISCONTINUIDAD	DB	PARÁMETROS
Estratificación	122/44º, 120/50º	Diagonal a favorable Separación 50 cm – 1,0 m
Diaclasa	348/69º, 340/72º	Favorable a diagonal Separación: 20 – 50 cm Persistencia < 1 m Superficie: Lisa-suavemente ondulada Cerrada en caliza, abierta por desconfinamiento en arcillolita

Desde la estación 5 hasta el final del tramo de mejoramiento (K20+100), la vía se desarrolla en descenso, entre salientes rocosas duras, con zonas de relieve bajo, cóncavas, con bloques de roca exhumados eventualmente, que se interpretan como depósitos glaciares (Ilustración 59).

Ilustración 59 Vista desde el K17+900 hacia atrás (Az 340), en un vallecito que nace en la zona de la estación 5, con bloques exhumados en las vertientes

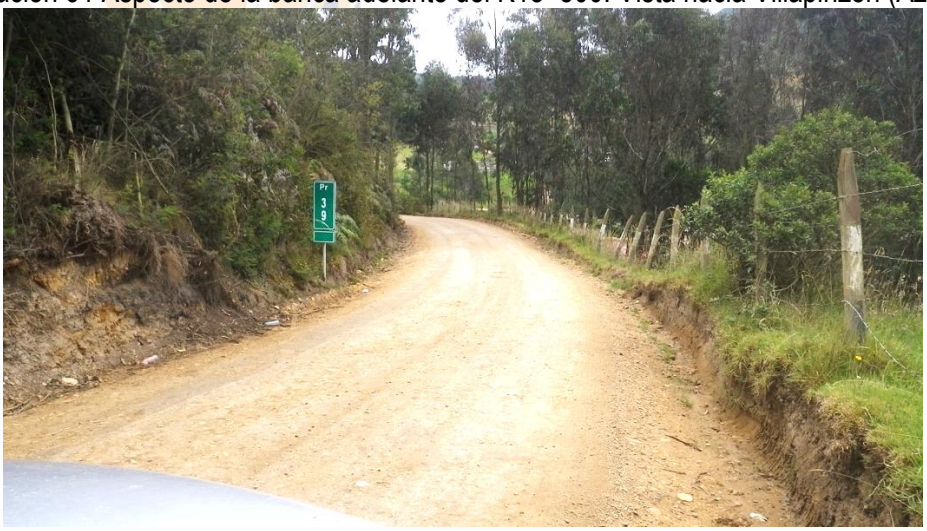


Ilustración 60 Vista al SW desde el K18+500. Relieve de salientes rocosas y valles graciares, atravesados transversalmente por la vía, en el descenso al valle del río Bogotá



La saliente montañosa en K18+500 se observa estable, con alta cobertura vegetal (Ilustración 61). En la base del talud se observan limolitas silíceas meteorizadas, con niveles arcillosos. La cartografía regional reporta en la zona la Fm. Conejo, dispuesta desfavorablemente (buzamiento al sudeste)

Ilustración 61 Aspecto de la banca adelante del K18+500. Vista hacia Villapinzón (Az 005)



En la Ilustración 62 se observa la condición en el sector del K18+500, como una saliente del relieve asociada con un nivel duro de la Fm. Conejo.

Ilustración 62 Vista del K18+500, desde el K18+850 (Az 255)



- **Estación 6 K19+240 (N 2135228 – E 4928538)**

El tramo entre el K19+200 al K19+300 se observa la transición en la vertiente entre depósitos con bloques de roca, en abundante matriz, que rellenan las vaguadas entre salientes rocosas (Ilustración 63 e Ilustración 64), de niveles duros de la Fm. Conejo (K2c-are). En la parte alta se mencionaron depósitos fluvio-glaciares, por la presencia de bloques subangulares exhumados en las vertientes de vaguadas (ver Ilustración 59). En este sector se observan más subredondeados, por lo que podrían correlacionarse mejor con abanicos torrenciales (Qab); en la parte baja-plana, la cartografía regional señala la Formación Tilatá (N2t), que fácilmente puede extenderse por las vaguadas de los arroyos afluentes.

Ilustración 63 Vista panorámica hacia Villapinzón (Az 160), desde el K19+100



Ilustración 64 Detalle del depósito que cubre la vertiente, en K19+150, aproximadamente



En la Ilustración 65 puede apreciarse la condición en la saliente rocosa en K19+220 (N 2135228 – E 4928538), con el nivel duro, de bancos arenosos de la Fm. Conejo (K2c-are), entre niveles arcillosos (K2c-arc) y de limolitas (K2c-lim). Al fondo a la derecha, entrante en el relieve, un vallecito o vaguada, que se correlaciona con depósitos de abanico o por la Fm. Tilatá, en forma similar al descrito al inicio del tramo, entre K19+100-150, aunque en este no se genera corte interno.

Ilustración 65 Bancos de areniscas entre arcillolitas, en K19+220; vista hacia Villapinzón (Az 075)



Las areniscas son de grano fino, cuarzo-feldespática, color habano-grisáceo (2.5 GY 8/1), duras a muy dura (R4-R5 en Ilustración 6 Dureza de la roca frente a la navaja y el martillo geológico. Fuente: Adaptado de US. Bureau of Reclamation (1990), en "Engineering Geology Field Manual".). Las arcillolitas son de color gris (N 8/0), roca débil (R2). La limolita es silícea, de color amarillo grisácea (5GY 8/1), roca débil a media (R2-R3).

En la Tabla 5 se relacionan los planos de discontinuidad medidos. La disposición de los planos de estratificación varía de diagonal a desfavorable, según el desarrollo geométrico de la vía, mientras que la interacción de planos determina potencialidad de caída de bloques, en los bancos arenosos, y caída de detritos en general.

Tabla 5 Relación de planos de discontinuidad de la roca en K19+220 (N 2135228 – E 4928538)

DISCONTINUIDAD	DB	PARÁMETROS
Estratificación	124/49º, 122/47º	Diagonal a desfavorable Separación <1 cm (arcillas) – 50-70 cm (areniscas)
Diaclasa 1	221/80º, 310-130/V, 218/82º	Desfavorable a diagonal Separación: < 50 cm Persistencia < 50 - 70 cm Superficie: Lisa-suavemente ondulada Abierta por desconfinamiento
Diaclasa 2	323/38º, 321/39º, 324/38º	Diagonal a favorable Separación: 50 – 150 m Persistencia: < 1m Superficie: Lisa-suavemente ondulada Abierta por desconfinamiento

No se aprecia amenaza alta, a pesar del plano de buzamiento desfavorable, quizá por la cohesión que se aprecia en la roca. La condición más susceptible se aprecia para el perfil residual sobre la limolita, aproximadamente de 1 m (ver Ilustración 66), pues en la zona final, con el buzamiento más desfavorable, se observa acumulación de suelo y detritos (Qdv) en la base del talud, desprendidos desde la parte superior.

Ilustración 66 Acercamiento al talud en K19+250; vista hacia Villapinzón (Az 075)



En K19+400 se observa la saliente rocosa que cierra el vallecito, con taludes en arenisca con altura importante (Ilustración 67). Se aprecian condiciones para la caída de bloques de roca por volcamiento, por la interacción del buzamiento (favorable), y planos de diaclasa desfavorables.

Ilustración 67 Vista hacia el K19+400, desde el K19+200. Az 130



Desde K19+500 la altura del talud de corte disminuye, asociado con un nivel de roca más blando, aflorante hacia el talud interior, correspondiente a la Fm. Lidita Superior (K2l), mientras el talud exterior está constituido sobre las sedimentitas poco litificadas de la Fm. Tilatá (N2t), las cuales rellenan el valle del río Bogotá.

Ilustración 68 Vista desde el K19+500 (PR40), hacia Villapinzón (Az 190)



Desde K19+800 prácticamente el talud de corte tiene menos de 1 m, sobre una ladera larga, ligeramente cóncava, que parece cubierta por depósitos de vertiente extensos, como abanicos de piedemonte, y no sobre la Fm. Lidita Superior (K2l), como lo señala la cartografía regional. El terreno se aprecia afectado por flujo lento, como lenguas de flujos concentrados, en franjas donde se concentra la escorrentía superficial (Ilustración 69).

Ilustración 69 Panorámica del corredor vial desde el K19+800; vista hacia Villapinzón (Az 160)



El tramo final del corredor de mejoramiento se desarrolla sobre depósitos de la Fm Tilatá, con relieve suavemente inclinado y cóncavo al occidente, con cortes menores de 2 m (Ilustración 70 e Ilustración 71).

Ilustración 70 Panorámica del corredor vial desde el K20+100, al final del tramo de mejoramiento. Vista hacia Villapinzón (Az 160)



Ilustración 71 Vista hacia atrás desde el K20+100, desde el K20+050, al final del tramo de mejoramiento (Az 350)



TRAMO DE REHABILITACIÓN

Inicia el Tramo 2 – Rehabilitación, con relieve colinado, que de acuerdo con la cartografía geológica regional está constituido entre las Formaciones Guaduas (K2E1g) y Cacho (E1c). Se aprecia flujo lento en taludes de algo más de 3 m, en residuales limo-arcillosos (Ilustración 72).

Ilustración 72 Vista hacia el K0 del tramo de rehabilitación (Az 100)



Mas adelante (hacia Villapinzón), el relieve se suaviza, dominado por una planicie con pendiente inclinada de oriente a occidente (Ilustración 73), sobre la superficie de acumulación de la Fm. Tilatá, la cual cubre el fondo del valle desde los escarpes orientales, labrados sobre la Fm Cacho (E1c), mientras la vertiente opuesta, del valle de la Q. Los Arrayanes, afluente del río Bogotá, se desarrolla sobre la Fm. Labor y Tierna (K2t).

Ilustración 73 Vista desde el K0+850 del tramo de rehabilitación, hacia Villapinzón (Az 030)



En K1+440 se observa un pequeño flujo de suelo, afectando talud de 3 m al costado derecho de la vía, en perfil residual arcillo-arenoso, sobre la Fm Tilatá (Ilustración 74).

Ilustración 74 Pequeño flujo de tierra en K1+440, en talud al costado derecho de la vía.



Ilustración 75 Panorámica hacia Villapinzón (Az), en el K1+440



Ilustración 76 Panorámica de la vía desde K1+850 (PR45), vista hacia Villapinzón (Az 085). Carpeta afectada por piel de cocodrilo, sin afectaciones de subrasante ni del talud



En K2+500 el talud de corte es menor de 1,5 m, aunque la ladera es alargada y recta, con pendiente abrupta, desarrollada sobre la Fm. Cacho (E1c). Se aprecia reptación en la ladera, sin afectación directa a la banca (ver Ilustración 77).

Ilustración 77 Vista del K2+500, hacia Villapinzón (Az 160)



- **Estación 7 K2+700 TRAMO DE REHABILITACION (N 2134861- E 4933183)**

Tramo de la vía de afectado por flujo generalizado de la ladera, que deforma la calzada, como se aprecia en la Ilustración 78. El tramo de afectación de la banca es unos 40 m, desde el box que se aprecia en primer plano en la ilustración 77, hasta la Virgen. El modelo geológico regional establece en la zona la Formación Tilatá, que, de acuerdo con el relieve suave, de planicie inclinada, está constituida por materiales predominantemente finos: arcillas y limos, altamente deformables. La ladera es incluso algo cóncava, con tendencia a concentrar la escorrentía, lo cual favorece la saturación de los materiales que la constituyen. Puede incluso estar ayudando al movimiento, desconfinamiento desde la base de la vertiente, por socavación de la quebrada Los Arrayanes, que es la misma que sigue el eje del valle sobre cuya margen derecha se desarrolla la vía, y que en este sitio se acerca bastante a la calzada.

Ilustración 78 Panorámica del sector del K2+700, vista hacia Villapinzón (Az 150)



Ilustración 79 Talud exterior de la vía en el tramo afectado en K2+700, vista hacia Villapinzón (Az 110)



Ilustración 80 Vista desde la parte alta de la banca, hacia el tramo afectado. Se aprecia el hundimiento de la banca, y del terreno en la entrada del box.



Ilustración 81 Vista hacia Lenguazaque (Az 290), mostrando grietas en la banca más allá del box.



Hacia el K2+900 afloran areniscas feldespáticas friables, correlacionables con la Fm. Bogotá (E1b), en una saliente montañosa dentro de la cobertura de la Fm. Tilatá (N2t), que genera cortes en los últimos 80 m del corredor de rehabilitación. No se aprecian procesos de remoción en masa, solo algo de caída de suelos y detritos (Ilustración 82). El buzamiento se aprecia favorable, al noroeste, de unos 20º.

Ilustración 82 Aspecto del talud interior rocoso (costado derecho en el sentido de avance del abscisado); vista hacia lenguazaque (Az 355)



Los 100 m finales de la vía han sido aplanados antrópicamente (Ilustración 83).

Ilustración 83 Izquierda: Talud de corte en areniscas de E1b, en K3+000; vista Az. 270 Derecha: relleno en talud exterior de la vía frente al K2+920; vista Az. 90



7 FOTOINTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE IMÁGENES

7.1 FOTOINTERPRETACIÓN

Se han seleccionado las fotografías aéreas del IGAC, con las mejores características de calidad y visibilidad del área de estudio, que permitan adelantar la fotointerpretación del área de estudio en que se desarrolla el corredor vial Lenguazaque – Villapinzón. En la Tabla 6 se relacionan las fotografías aéreas interpretadas, sus características y la zona cubierta. Cada par de fotografías aéreas se analiza desde lo regional a lo local, inicialmente con estereoscopio de espejos, pasando al detalle mediante estereoscopios e 2 y 4 aumentos, lo cual permite detectar pequeños depósitos de vertiente y procesos morfodinámicos puntuales.

Tabla 6 Relación de fotografías aéreas interpretadas

VUELO	FOTOGRAFÍAS	FECHA	ESCALA	SECTOR
C-2051	126-128	Enero 1982	1:15.000	K0 – K5
C-2525	042-044	Diciembre 1993	1:25.000	K5 – K16
C-2239	275-277	Octubre 1986	1:22.000	K16 – Villapinzón

En la fotointerpretación adelantada se han identificado los contrastes del relieve, asociados con las unidades litológicas cretáceas, terciarias y cuaternarias que conforman la zona, rasgos estructurales, la red de drenaje y rasgos morfodinámicos.

En la Ilustración 84 se presenta la fotointerpretación adelantada hacia la parte occidental del corredor vial, en el tramo de mejoramiento hacia Lenguazaque. La carretera tiene dirección general de suroriente a noroccidente, atravesando en forma perpendicular el tren estructural, definido por ejes de sinclinales y anticlinales alternantes, afectados por fallas de cabalgamiento. En general la secuencia se hace más joven de occidente a oriente, con los escarpes en el K0 sobre la Fm. Cacho (E1c), pasando rápidamente a una franja relieve más bajo sobre la Fm, Guaduas (K2E1g, entre el K0+400 y K2+500), en una zona con tendencia monoclinal (buzamiento al este). Se observa alta densidad de PRM, destacándose el flujo concentrado del K1+450, desde el escarpe de un flujo concentrado que afecta la ladera externa de la vía, extendiéndose ladera abajo, llegando a afectar la vía en la curva del K0+700. Este proceso es activo en el presente.

Desde el K2+500 hasta el K5 se incrementa el índice de relieve, correspondiente al desarrollo sobre unidades litológicas más duras, las Formaciones Labor y Tierna, Plaeners y Lidita Superior.

El patrón de drenaje va de subparalelo del K3 al occidente, con cursos dirigidos al valle de Lenguazaque, con un parte-aguas cerca del K4, donde los cauces se dividen hacia el norte y sur, modelado sobre un valle fluvio-glaciar (Qfg), no diferenciado en la cartografía regional, entre trazos de fallas de cabalgamiento.

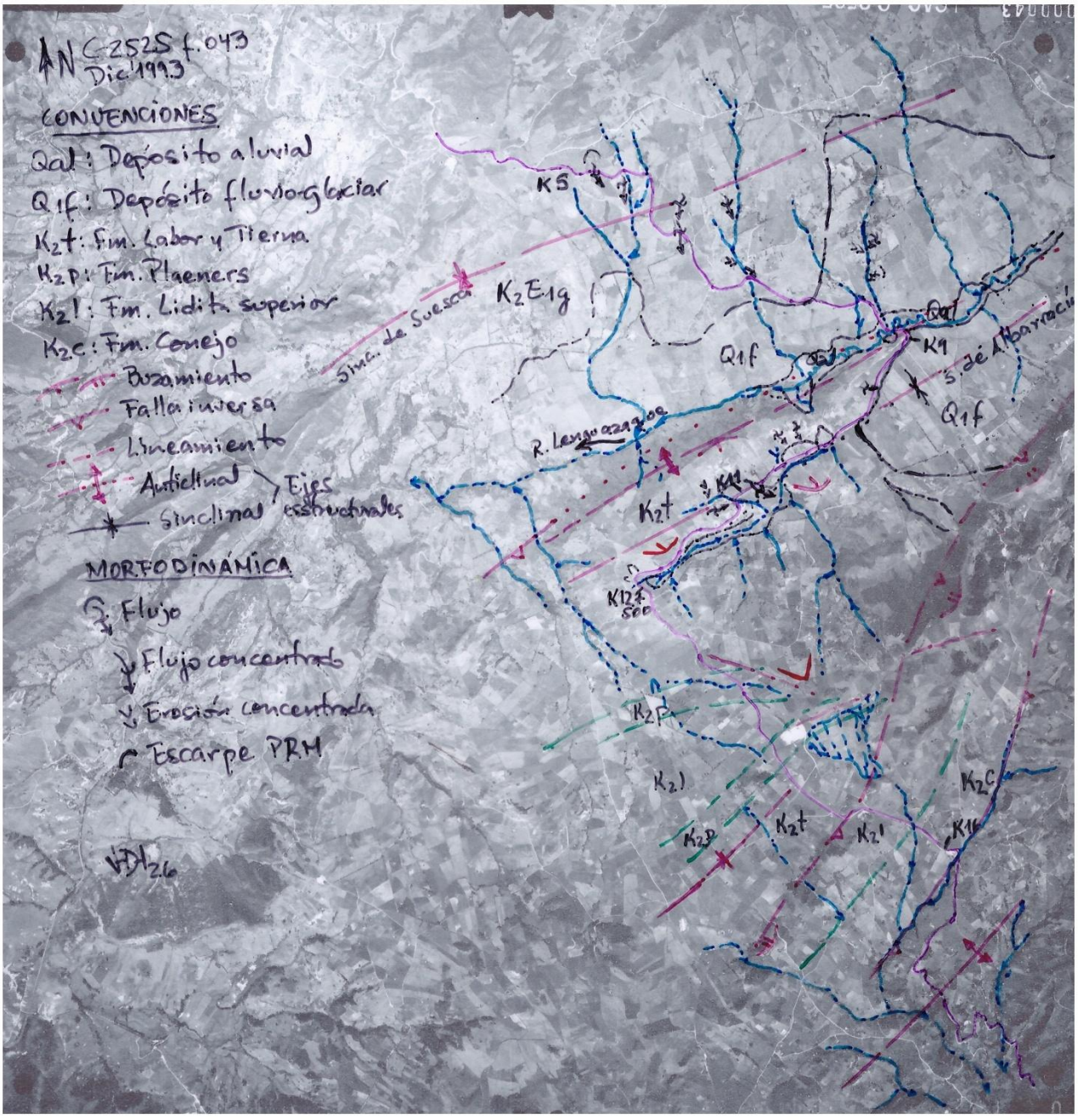
Se detectan, entre el K2+500 y el K5 PRM de tipo flujo especialmente, afectando las vertientes contiguas a la vía.

Ilustración 84 Fotointerpretación de la zona occidental del corredor vial.



Luego del parte-aguas del K5 la vía se desarrolla en el valle del río Lenguazaque, cruzado en el K8+830. El curso de este cauce sigue aproximadamente el curso del tren estructural (NE-SW), aproximadamente sobre el tramo de una falla de cabalgamiento con vergencia al noroeste. El fondo del valle es rellenado por una amplia franja de acumulación fluviograciar (Q1f), detectado por la cartografía regional, dentro de la que se diferencia una franja de depósitos aluviales (Qal), del río, dentro de la que el curso activo desarrolla un curso sinuoso (Ilustración 85). El valle es asimétrico, con menor pendiente e índice de relieve en su flanco norte, desarrollado sobre sedimentitas blandas de la Fm. Guaduas, al sur de la Falla de Nemocón, que la separa de la secuencia del Grupo Guadalupe al norte. Esta zona corresponde al flanco sur de una amplia estructura sinclinal (sinclinal de Suesca).

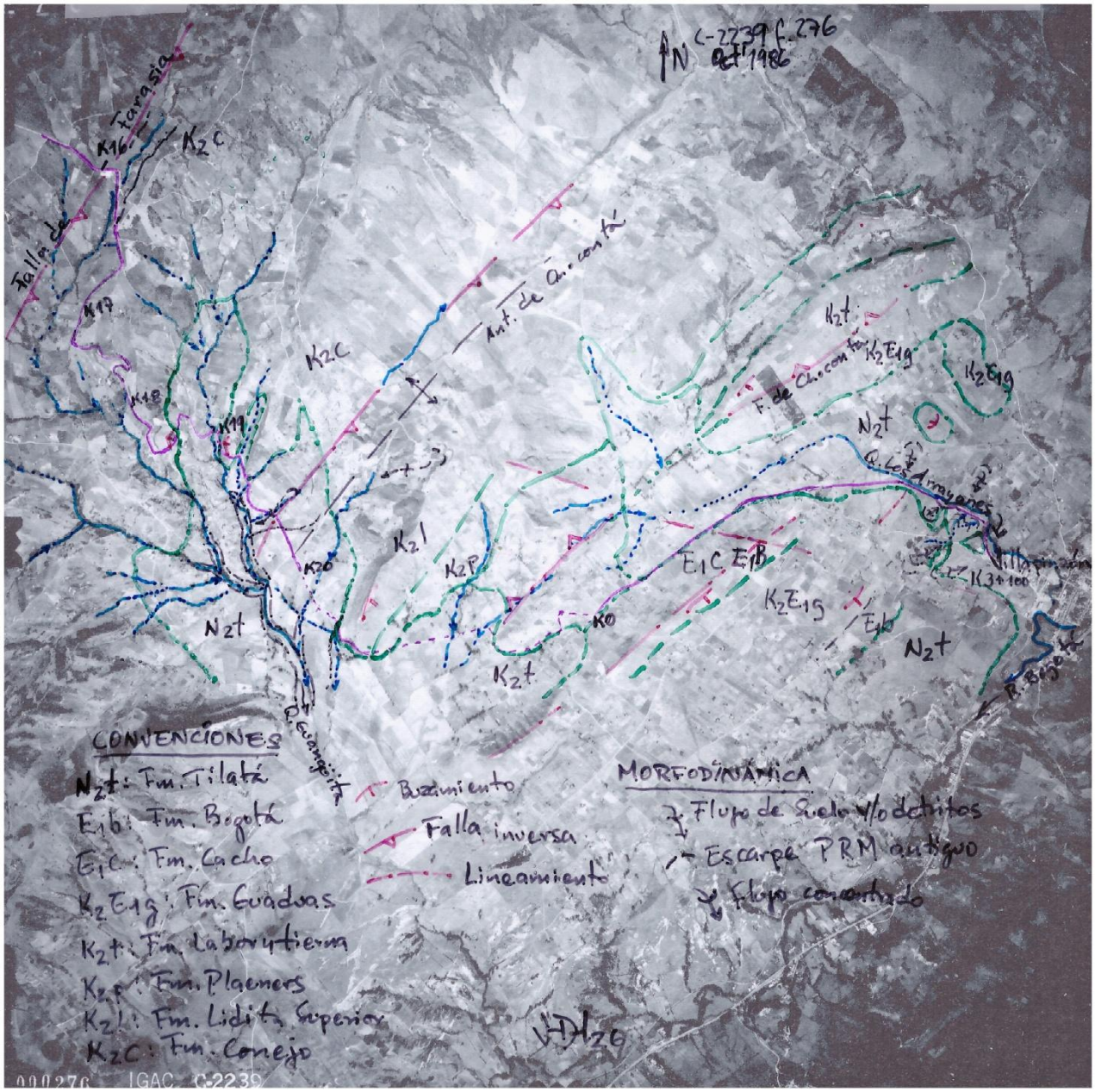
Ilustración 85 Fotointerpretación de la zona occidental del corredor vial.



Los procesos morfodinámicos que afectan la vía se concentran en el flanco sur de la sierra con control estructural, que la vía sigue en el contacto entre la pendiente estructural y la planicie aluvial, luego de cruzar el río Lenguazaque, aproximadamente hasta el K12+500. Al suroriente del K12+500 la complejidad tectónica es alta, entre trazos de fallas de cabalgamiento y ejes de estructuras sinclinales y anticlinales alternantes, que pliegan la secuencia cretácea del Grupo Guadalupe.

En la Ilustración 86 puede apreciarse la parte oriental del corredor de mejoramiento, entre el K16 y el K20, así como el tramo de rehabilitación (K0-K3+100), llegando a Villapinzón. Al oriente de la falla de cabalgamiento de Farasia (K16), la vía se desarrolla sobre la Fm. Conejo (K2c), la cual constituye la base de la secuencia estratigráfica en la zona; adelante del K18 la ladera se suaviza por depósitos fluvio-glaciares que rellenan el fondo del valle de la Q. Guangüita, correlacionables con la Fm. Tilatá, la cual la cartografía regional coloca un poco más al sur.

Ilustración 86 Fotointerpretación de la zona oriental del corredor vial.

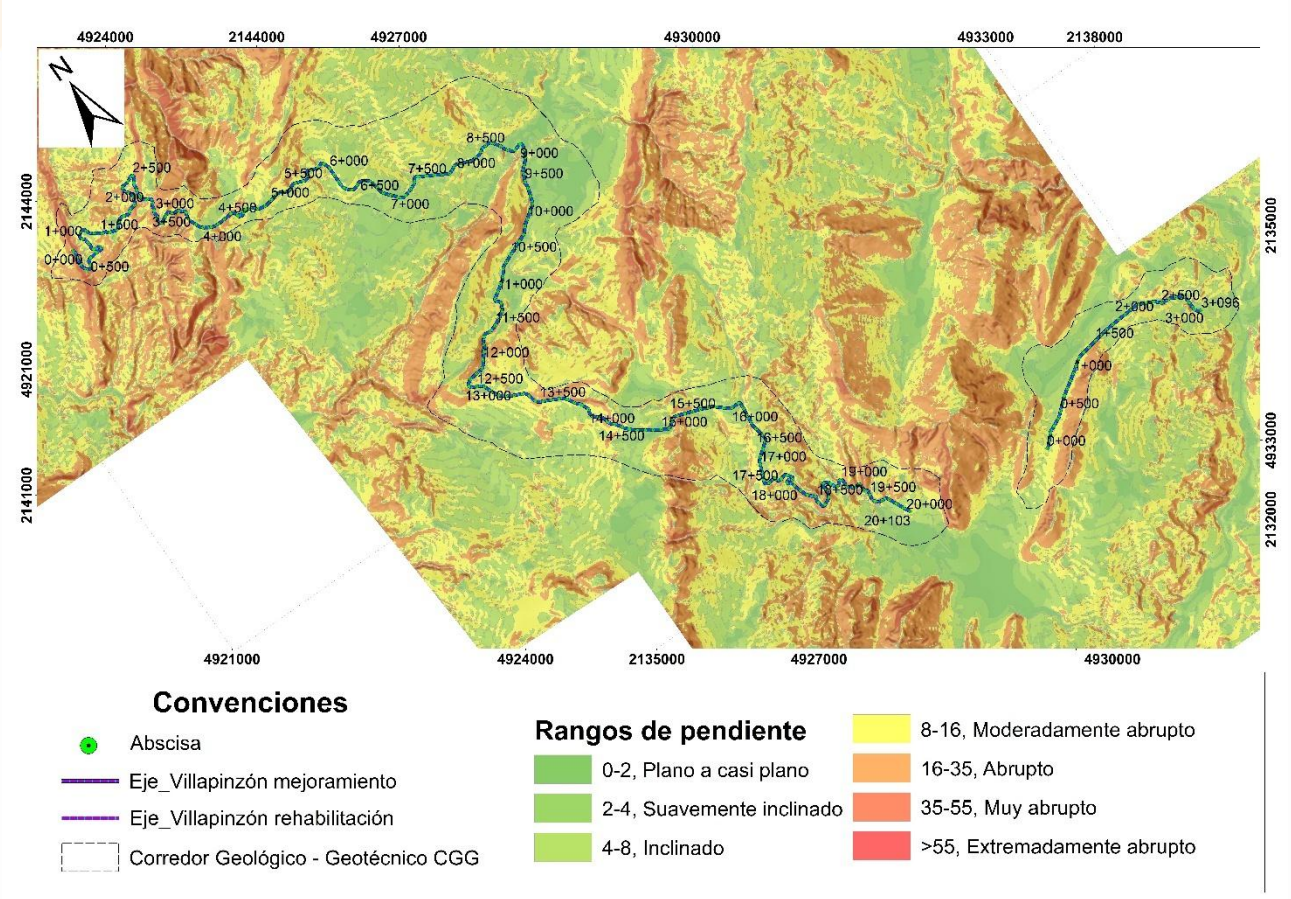


El corredor en rehabilitación, K0 a K3+100, finalizando en la entrada por el occidente al centro poblado de Villlapinzón, se desarrolla sobre relieve ondulado a colinado, desarrollado por la Fm. Tilatá (N2t), puntualmente con relieve montañoso por el costado derecho, desarrollado sobre la Fm. Cacho.

7.2 MAPA DE PENDIENTES

A continuación, se detalla la metodología e insumos técnicos utilizados para la generación del mapa de pendientes del corredor vial del tramo que de Lenguazaque conduce a Villapinzón (Ilustración 87) Para la generación de los modelos de pendientes y de sombras del corredor vial Lenguazaque - Villapinzón, la mejor opción disponible fue la construcción del DEM a partir de la cartografía base a escala 1:10.000 del IGAC, procesándolas con las herramientas de sistemas de información geográficas (SIG) de código abierto.

Ilustración 87 Mapa de pendientes corredor geotécnico Lenguazaque - Villapinzón



A partir del mapa de pendientes se genera el modelo de sombras; con el análisis de los modelos de pendientes y sombras, la fotointerpretación y el control de las imágenes de Google Earth y el reconocimiento de campo, se diferencian y delimitan los elementos geomorfológicos, generando el respectivo plano, en el que se incluyen además los procesos morfodinámicos diferenciados en imágenes y en el terreno. Los contrastes del relieve permiten la diferenciación de depósitos cuaternarios: de vertiente y aluviales, que complementan el mapa geológico local y permiten, los análisis precisos del corredor geotécnico definido.

8 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL

8.1 GEOLOGÍA LOCAL

La geología del corredor geotécnico se complementa fundamentalmente con las coberturas cuaternarias, desde los hallazgos de campo y el análisis de imágenes. En el inicio del corredor de mejoramiento la vía se desarrolla en media ladera, con sección muy abrupta, desarrollada sobre una sierra elongada de sur a norte, en rocas de la Fm. Cacho, dispuestas favorablemente (buzamiento hacia el interior del talud: 87/23°, 89/27°). Aflora una secuencia de cuarzo-areniscas friables, intercaladas con arcillolitas grises. Son comunes depósitos de vertiente (Qdv) en este piedemonte, justamente donde se desarrolla la vía, detectados en campo y en la fotointerpretación.

Al respaldo de esta sierra estructural se desarrolla sobre la Fm. Guaduas (K2E1g), dispuesta monoclinalmente, con buzamiento al oriente, como una vertiente amplia. Son comunes coberturas de depósitos de vertiente, y algunas franjas aluviales. Hacia la parte alta de la vertiente, ya sobre el cretáceo, definido sobre las formaciones Labor y Tierna (K2t), Plaeners (K2p) y Lidita Superior (K2l), se diferencia una franja de abanico fluvio-glaciar (Qafg), en el cruce de la Falla de Nemocón (K4), que marca el inicio del amplio sinclinal de Suesca, conformado totalmente sobre K2E1g. Esta zona corresponde a la margen norte del valle del río Lenguazaque, cruzado por la v{ia en el K8+800.

El río Lenguazaque corre de NE a SW, sobre un fondo amplio de depósitos fluvio-glaciares (Q1f), diferenciados en la cartografía regional, así como una franja más restringida, de depósitos de terraza (Qt) y aluviales (Qal), acumulados por el mismo río y afluentes importantes. Desde la serranía que bordea la margen izquierda-sur del río, se diferencia la secuencia cretácea, comenzando con su base (K2t), entre sucesiones de pliegues anticlinales y sinclinales, afectados por fallas de cabalgamiento, principalmente con vergencia al occidente. Se determinan, a partir de

A partir de la divisoria de aguas del río Lenguazaque (K12+500), hacia el sur, las laderas comienzan a tener fuerte influencia de los ciclos glaciares cuaternarios, suavizado las pendientes y escarpes de niveles duros, y generando amplios depósitos de abanicos fluvio-glaciares (Qafg), que se sobreponen a la secuencia cretácea cartografiada por la geología regional, principalmente por los extensos afloramientos de la Fm. Conejo (K2c), base de la secuencia estratigráfica en el corredor, que constituyen el núcleo del anticlinal de Chocontá, entre el K16 al K19, aproximadamente. El fondo del valle de la Q. Guangüita, sobre cuya margen izquierda, nor-oriental, se desarrolla la vía, es cubierto por un extenso depósito de abanico fluvio-torrencial (Qaft), detectado en el análisis de imágenes.

El tramo de rehabilitación se desarrolla hacia el fondo de la quebrada Los Arrayanes, la cual nace prácticamente en el inicio del tramo. La vía sigue por la margen derecha-sur del valle, inicialmente sobre niveles residuales arcillosos sobre la Fm. Guaduas, continuado poco más adelante sobre la Formación Cacho, en una vertiente estructural asociada con un amplio sinclinorio al sur. En la ladera, a partir del análisis de imágenes, se aprecian depósitos de glacis (Qga) cubriendo la vertiente, entre K0+400 y K1+600. En el fondo del valle se diferencian, mediante el análisis de imágenes, un extenso depósito de abanico fluvio-torrencial (Qaft), que sigue el cauce de la Q. Los Arrayanes, sobre los que se ubica la calzada entre el K0+900 y K1+300 y K1+600 al K2+050.

El sector final de rehabilitación, entre el K2+100 y el K3+096, discurre entre la vertiente sur-margen derecha de la Q. Los Arrayanes, constituida por la Fm. Tilatá N2t, y cubierta por abanicos coluviales (Qac), determinados en los análisis de imágenes. El cauce de la quebrada muestra una franja estrecha de acumulación fluvial (Qal). La margen izquierda de la quebrada corresponde a una terraza alta (Qta), antigua.

En los últimos 120 m se ha configurado un depósito antrópico amplio (Qan), por la intervención de un área en la periferia del centro poblado de Villapinzón.

8.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

El modelo geomorfológico del corredor geotécnico muestra transición entre valles y las vertientes montañosas que los separan. En el inicio del tramo de mejoramiento por el occidente, se asciende sobre escarpes desarrollados sobre unidad dura, la Fm. Cacho, definida como contrapendiente de sierra denudada abrupta (Scpsda). La vertiente continúa su ascenso suavizando la pendiente, sobre la Fm. Guaduas, más blanda. Se intercalan elementos principalmente de origen estructural, modelados entre los pliegues y trazos de falla alternantes. El ascenso termina aproximadamente en K4+500, con un remate escalonado por un depósito de abanico fluvio-glaciar (Qafg), que cubre el trazo de la Falla de Nemocón. En la Ilustración 88 se aprecia la cartografía de elementos geomorfológicos, entre el K0 al K11 del corredor de mejoramiento.

En el descenso al valle del río Lenguazaque (K8+830), dominan geoformas denudacionales en la vertiente norte, volviendo al dominio estructural al sur. Desde la divisoria entre el río Subachoque y la Q. Guangüita (K12+500), se intercalan geoformas de origen estructural, con extensas coberturas de origen glaciar, que suavizan el relieve estructural y rellenan valles con extensos conos y lóbulos de gelifracción (Gclg). Para este tramo del K11 en adelante se contó con las definiciones de la cartografía geomorfológica de la sabana de Bogotá (INGEOMINAS, 2004), especialmente de las definiciones de los paisajes de origen glaciar que dominan las coberturas estructurales en las vertientes. En la Ilustración 89 puede apreciarse la condición del corredor entre el K11 y el K20 del tramo de mejoramiento.

Ilustración 88 Geomorfología del corredor geotécnico entre el K0 y el K11 del tramo de mejoramiento

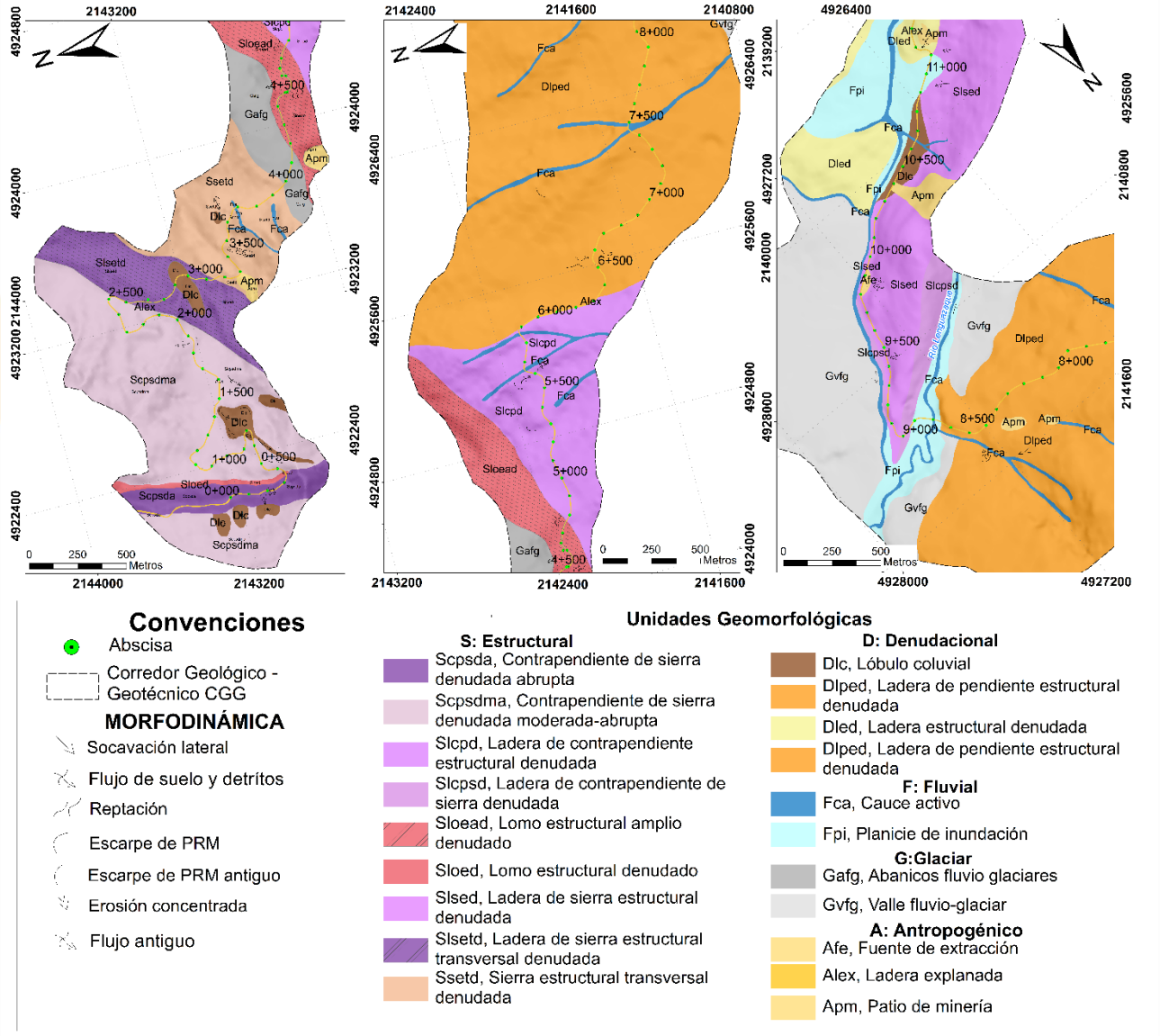
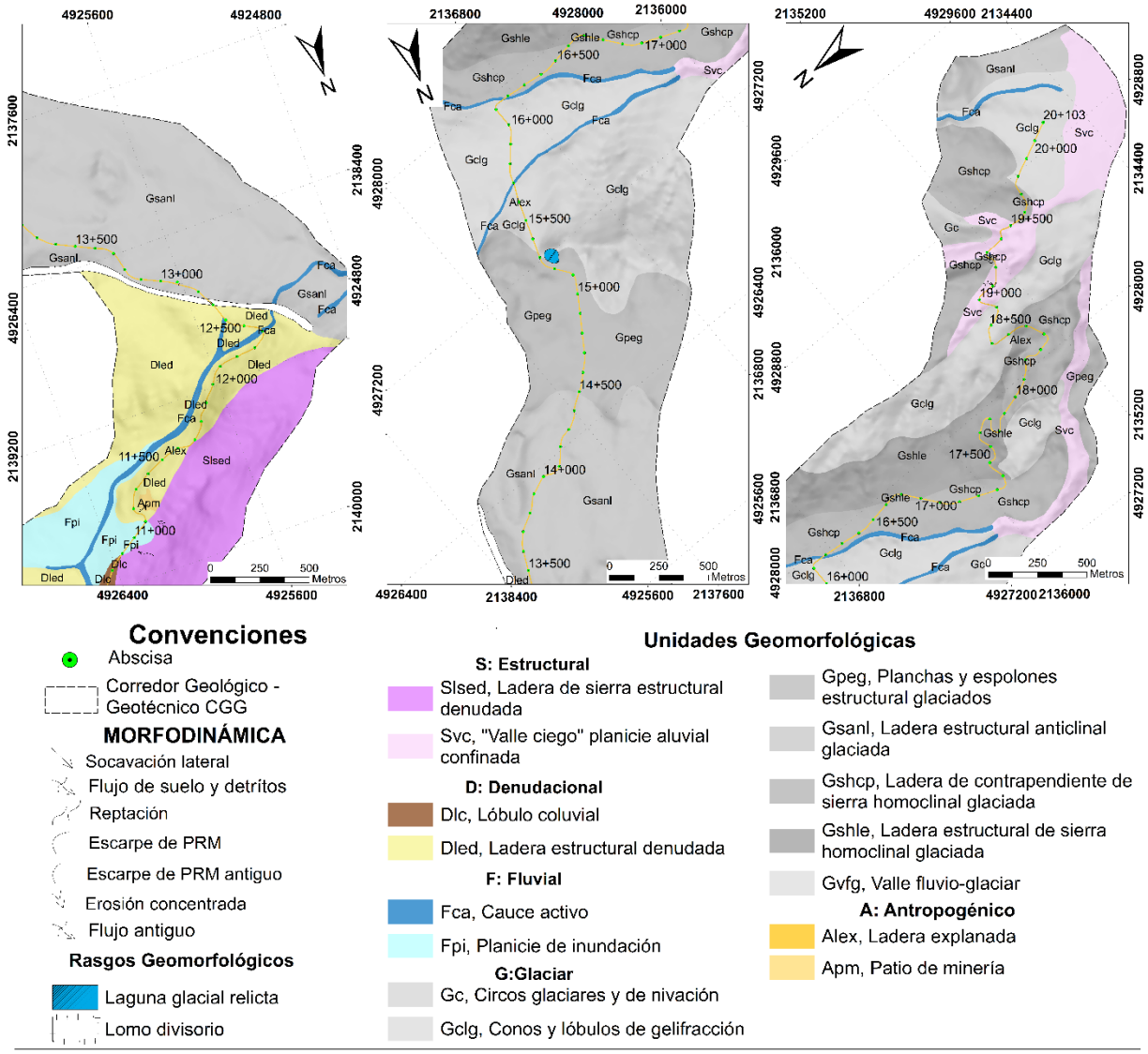
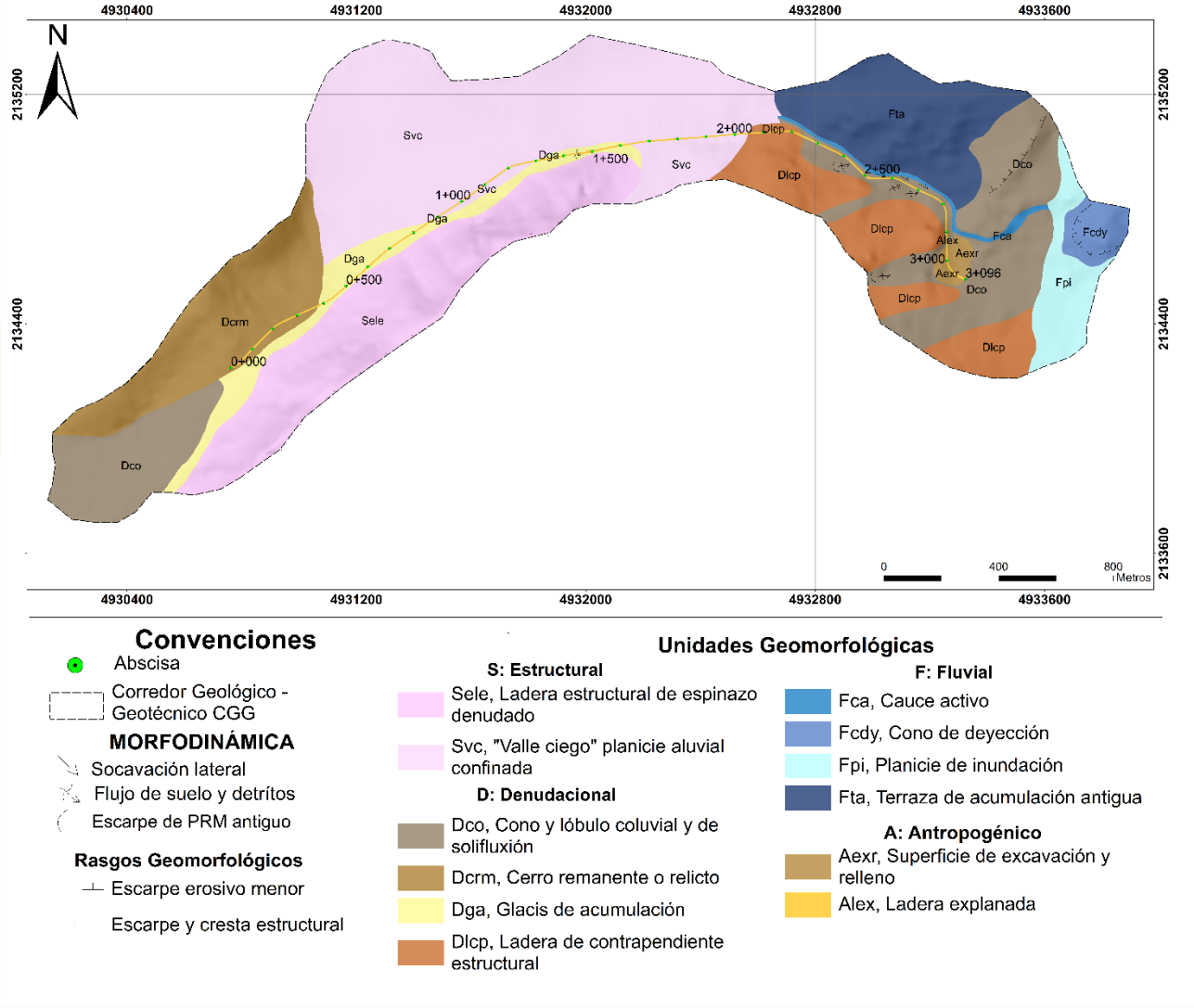


Ilustración 89 Geomorfología del corredor geotécnico entre el K11 y el K20 del tramo de mejoramiento



El tramo en rehabilitación se desarrolla en la vertiente sur-margen derecha de la Q. Los Arrayanes, entre el fondo del valle, cubierto por depósitos aluviales de origen estructural, definidos como valle ciego (Svc) y la franja del cauce activo (Fca), mientras las vertientes son modeladas por laderas estructurales (Sele), hasta el K1+500, y denudativos (Dlcp), cubiertos por glacis (Dga), y conos y lóbulos coluviales y de solifluxión (Dco). En la Ilustración 90 puede apreciarse la distribución de elementos geomorfológicos en el tramo de rehabilitación.

Ilustración 90 Geomorfología del corredor geotécnico entre el K11 y el K20 del tramo de mejoramiento



8.2.1 MORFODINÁMICA

Los rasgos morfodinámicos que afectan el corredor geotécnico se detectan desde el reconocimiento de campo y el análisis de imágenes: fotointerpretación y satelitales de Google Earth. El proceso de mayor incidencia es el de flujos, desde los de detritos, en los escarpes iniciales, sobre la Formación Cacho (K0+100-K0+200). El proceso de remoción en masa de mayor cobertura es el flujo cuyo escarpe afecta el borde externo de la banca en el K1+450, extendiéndose por la vertiente hasta la curva del K0+700, continuándose ladera abajo, sobre la vertiente exterior. En el ascenso hasta la divisoria de aguas (K4+500), se observan pequeños flujos que afectan especialmente el borde externo de la banca.

En el sector de rehabilitación en sector inestable es el del K2+700, donde los flujos sobre la vertiente, desarrollados sobre conos y lóbulos coluviales muy antiguos, que ya constituyen vaguadas incipientes, movilizan una franja larga de la vertiente, incluyendo la banca, a los que se suma socavación desde la pata, por la Q. Los Arrayanes (ver Ilustración 78 Panorámica del sector del K2+700, vista hacia Villapinzón (Az 150)).

9 GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

Se presenta en este capítulo el análisis de las características geológicas y geomorfológicas del corredor vial, incluido dentro del corredor geotécnico, el cual se ha establecido como la franja de la vertiente dentro de la que se ubica la vía, en la cual, los materiales y geoformas que la caracterizan, son o pueden llegar a ser afectados por los procesos morfodinámicos que la modelan.

9.1 CORREDOR GEOTÉCNICO

El Corredor Geotécnico se define como la franja de terreno en la que se circunscribe el corredor vial, dentro de la que los procesos morfodinámicos detectados, llegan o pueden llegar a afectar la vía. Tanto para el tramo en mejoramiento como para el de rehabilitación, establece dicho corredor como la franja de la vertiente en la que se aprecian los procesos morfodinámicos que afectan o pueden llegar a afectar la vía, con un ancho aproximado de entre 500 m y 1.200 m, centrado en el eje en la vía.

9.2 ZONAS DE COMPORTAMIENTO HOMOGÉNEO

Las zonas de comportamiento geotécnico homogéneo diferenciadas para el corredor vial, circunscritas dentro del corredor geotécnico, con características geológicas y geomorfológicas propias, son las siguientes:

9.2.1 TRAMO MEJORAMIENTO

9.2.1.1 K0+000 – K0+450

Sector con sección transversal fuerte, desarrollada sobre niveles de litología dura -aunque friables- de la Fm. Cacho, por lo que cortes de altura importante muestran alta incidencia de procesos tipo flujo de detritos y suelos residuales. La afectación se da tanto en el talud de corte, al costado derecho, como en el talud exterior (ver Ilustración 18 Contacto entre la Fm. Cacho y la Fm. Guaduas, en K0+370; vista hacia Villapinzón a Ilustración 22 Panorámica del corredor vial adelante del K0+500; vista hacia Villapinzón (Az 010).

9.2.1.2 K0+450 – K2+500

Cortes bajos en relieve moderado desarrollado sobre la Fm. Guaduas, en la que predominan litologías blandas (arcillas). Se presentan varios flujos de suelo en el talud exterior, que afectan el borde externo de la banca. El flujo del K1+450 es PRM más extenso en el corredor vial de mejoramiento, extendiéndose ladera abajo hasta afectar parcialmente el talud interior en el K0+700, continuando sobre el talud exterior a lo largo del cauce incipiente que atraviesa la vía, saliendo al costado derecho en K0+600 para continuar por el costado derecho-talud exterior de la vía (ver Ilustración 26 Panorámica hacia Villapinzón (Az 095), en K1+450).

9.2.1.3 K2+500 – K4+000

En este sector la altura del talud de corte aumenta, asociado con relieve más fuerte, desarrollado sobre las Formaciones Labor y Tierna y Plaeners. En la zona del K3+300, al costado derecho de la vía, se presentan

patios de frentes de extracción de material, sobre niveles de la Fm. Plaeners. No se aprecian PRM ni erosivos de importancia, salvo caídas de detritos y suelo, en taludes subverticales.

9.2.1.4 K4+000 – K8+800

Sector montañoso con relieve moderado, desarrollado predominantemente sobre la Fm. Guaduas, que cubre la vertiente norte del río Lenguazaque, cruzado por la vía en K8+830. No se aprecian PRM ni erosivos que afecten o amenacen la vía, si bien se aprecian flujos puntuales en la fotointerpretación. Alejados de la vía se observan patios de minería, que en la zona corresponden a carbón.

9.2.1.5 K8+800 – K12+600 (Ye de Las Cruces)

Tránsito de la vía entre el fondo del valle del río Lenguazaque, cubierto por una extensa planicie de depósitos fluvio-glaciares, y la vertiente estructural labrada sobre la Fm. Labor y Tierna (K2t). El puente sobre el río se aprecia en buenas condiciones, sin tendencias fuertes a la socavación de sus estribos. En el recorrido en media ladera con el talud de corte interior al costado derecho y la planicie aluvial a la izquierda, no se observan sitios inestables ni PRM de importancia. Se observan algunos sitios de extracción de material en la vertiente rocosa, sin mayor afectación en la estabilidad de la vía.

9.2.1.6 K12+600 – K20+000

La vía discurre hacia un parte aguas, en tránsito entre las vertientes del río Lenguazaque y la quebrada Guangüita. La topografía se suaviza, entre geoformas suavizadas por acción glaciar: ladera estructural anticlinal glaciada (Gsanl), planchas y espolones estructurales graciados (Gpeg) y conos y lóbulos de gelifracción (Gclg), entre otros, hacia la cima del relieve montañoso desarrollado sobre las Formaciones Labor y Tierna (K2t), Plaeners (K2p) y Lidita Superior (K2l), que conforman el Grupo Guadalupe en la zona (ver Ilustración 51 Panorámica del corredor vial desde el K12+680 hacia Villapinzón (Az 160) a Ilustración 56 Panorámica del corredor vial desde el PR16+500; vista hacia Villapinzón (Az 170)).

Adelante del K17+400 en la ladera vuelve a aflorar la roca, con taludes de corte que llegan a alcanzar 4 m de altura, sobre la Fm. Conejo (K2c), unidad que constituye el piso de la secuencia expuesta en el corredor vial, estratigráficamente por debajo del Grupo Guadalupe. Está constituida por intercalación de niveles duros y blandos: areniscas y capas de caliza, con niveles de lodolitas, eventualmente laminares (lutitas) y liditas (ver Ilustración 57 Aspecto del talud en K17+400 (Az 015)e Ilustración 58 Panorámica del talud hacia Villapinzón (Az 120), en la zona de arcillolitas). El relieve se hace más resaltante, en general como montano bajo, entre cimas redondeadas por la acción glacial, como laderas estructurales glaciadas, entre los fondos de valles de la quebrada Guangüita y sus afluentes en la vertiente, que la vía comienza a bordear desde el K16+200, como conos y lóbulos de gelifracción (Gclg) y planicies aluviales confinadas (Svc), geoforma de origen estructural con influencia glaciar y fluvio-torrencial.

Entre el K19+150 y el 250 se aprecian condiciones de inestabilidad, en un sector donde el basamento rocoso, la Fm. Conejo, buza desfavorablemente (ver Ilustración 65 Bancos de areniscas entre arcillolitas, en K19+220; vista hacia Villapinzón (Az 075) e Ilustración 66 Acercamiento al talud en K19+250; vista hacia Villapinzón (Az 075)), con coberturas de depósitos glaciares (ver Ilustración 63 Vista panorámica hacia Villapinzón (Az 160),

desde el K19+100e Ilustración 64 Detalle del depósito que cubre la vertiente, en K19+150, aproximadamente), que cortes mayores de 4 m desconfinan, provocando caídas de suelo y bloques.

A partir del K19+500 los cortes disminuyen a menos de 2 m (menores de 1 m adelante del K19+800), en perfiles residuales sobre los depósitos de la Fm. Tilatá (N2t).

9.2.2 TRAMO REHABILITACIÓN

Se considera un solo sector de comportamiento homogéneo para el tramo de rehabilitación. En este sector la vía transita entre la planicie aluvial de la quebrada Los Arrayanes, por el costado izquierdo, y la vertiente de una serranía modelada por un sinclinorio. En los primeros 200 m, en la zona de mayor pendiente longitudinal, se aprecian cortes en cajón que llegan a alcanzar 4 m, con pendiente de unos 50°, con evidencia de reptación a flujo lento (ver Ilustración 72 Vista hacia el K0 del tramo de rehabilitación (Az 100)). Ya dentro del corredor en media ladera, cuyo flanco occidental -hacia la vía- corresponde a la Fm. Cacho (ver Ilustración 73 Vista desde el K0+850 del tramo de rehabilitación, hacia Villapinzón (Az 030)), el piedemonte es cubierto por la Fm. Tilatá (N2t) y más adelante por una franja de depósitos de glacis (Qga), eventualmente expuesta en cortes cercanos a los 3 m (escasos), con susceptibilidad a generar pequeños flujos de tierra (Ilustración 74 Pequeño flujo de tierra en K1+440, en talud al costado derecho de la vía.).

A partir del K2+500 la sección de ladera incrementa su pendiente (Ilustración 77 Vista del K2+500, hacia Villapinzón (Az 160)), en la zona del eje del sinclinorio definido en este sector, que de acuerdo con la cartografía corresponde a las formaciones Bogotá (E1b) y Tilatá (N2t), constituidas por secuencias predominantemente arcillosas -material más blando-. 200 m adelante (K2+700), se aprecia una franja de flujo lento de 40 m de ancho, que afecta la ladera, desde el talud interior, incluyendo la banca y el talud exterior, en un sector de la vertiente cubierta por antiguos depósitos de abanicos coluviales (Qac). La franja inestable corresponde a una vaguada central, por donde se extiende el depósito ladera arriba, concentrando la escorrentía (ver Ilustración 78 Panorámica del sector del K2+700, vista hacia Villapinzón (Az 150)a Ilustración 81 Vista hacia Lenguazaque (Az 290), mostrando grietas en la banca más allá del box.). En el cierre de este sector inestable, del flanco hacia Villapinzón, aparece control litológico, areniscas feldespáticas, meteorizadas (Ilustración 82 Aspecto del talud interior rocoso (costado derecho en el sentido de avance del abscisado); vista hacia lenguazaque (Az 355)), correlacionadas con la Fm. Bogotá (E1b), que constituyen en cierre del flanco suroriental de la estructura sinclinal cartografiada en este sector al sur de la vía. Los 100 m finales de la vía han sido aplanados antrópicamente (ver Ilustración 83 Izquierda: Talud de corte en areniscas de E1b, en K3+000; vista Az. 270 Derecha: relleno en talud exterior de la vía frente al K2+920; vista Az. 90).

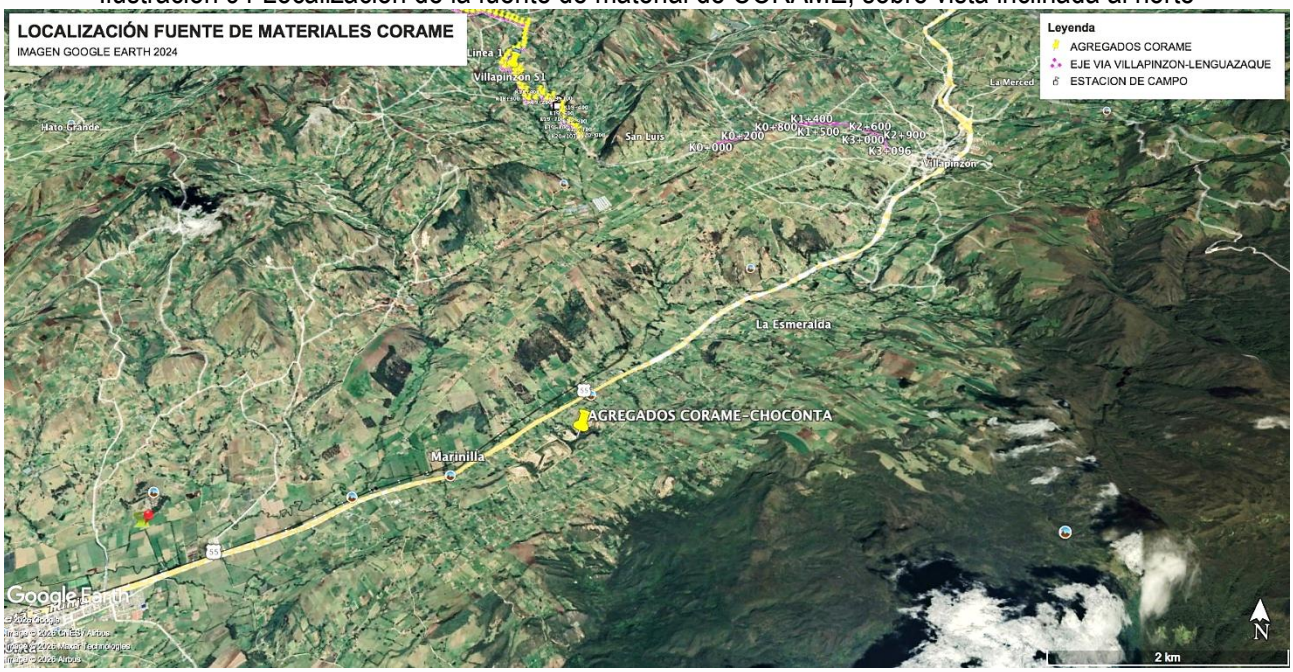
10 FUENTES DE MATERIALES Y ZODMES

Se presentan en este capítulo las fuentes de material acogidas para el proyecto, y la localización y caracterización de lugares para la disposición adecuada de los estériles que puedan resultar de las obras de mejoramiento y rehabilitación planteadas.

10.1 FUENTES DE MATERIAL

Para el suministro de los materiales que puedan requerir las obras planteadas por los diseños planteados, la fuente con las características adecuadas, que cuentan además con los títulos mineros y licencia ambiental, es la de la planta de agregados CORAME ASOCIADOS S.A.S, ubicada cerca de 9 km al suroccidente del K3 del tramo de rehabilitación, sobre un acceso de unos 900 m que se desprende por el costado derecho de la Autopista Bogotá – Tunja (Ilustración 91).

Ilustración 91 Localización de la fuente de material de CORAME, sobre vista inclinada al norte



Fuente: Elaboración propia sobre vista inclinada imagen Google Earth

Geología

La fuente de materiales CORAME ofrece arena y grava, beneficiadas desde las rocas aflorantes en la zona: La Formación Tilatá (N2t), constituida por capas gruesas de guijos-guijarros-gránulos con geometría cuneiforme y arenas de grano fino a grueso. El material es de carácter friable, lo cual beneficia su arranque con cargador.

Caracterización

En la fuente de la cantera CORAME se ofrece arena lavada y grava de 1/2", como agregados para concreto hidráulico.

10.2 ZODME

Para la disposición de materiales sobrantes del proceso constructivo, se contempla un área de 0,53 Ha, en una franja rectangular al costado izquierdo de la vía, entre el K0+000 y el K0+100 (ver Ilustración 92 e Ilustración 93). El terreno está constituido sobre suelos residuales arcillosos, en un relieve colinado, desarrollado sobre la Fm. Guaduas.

Ilustración 92 Panorámica del sector del Zodme 1, en el K0 del tramo de rehabilitación

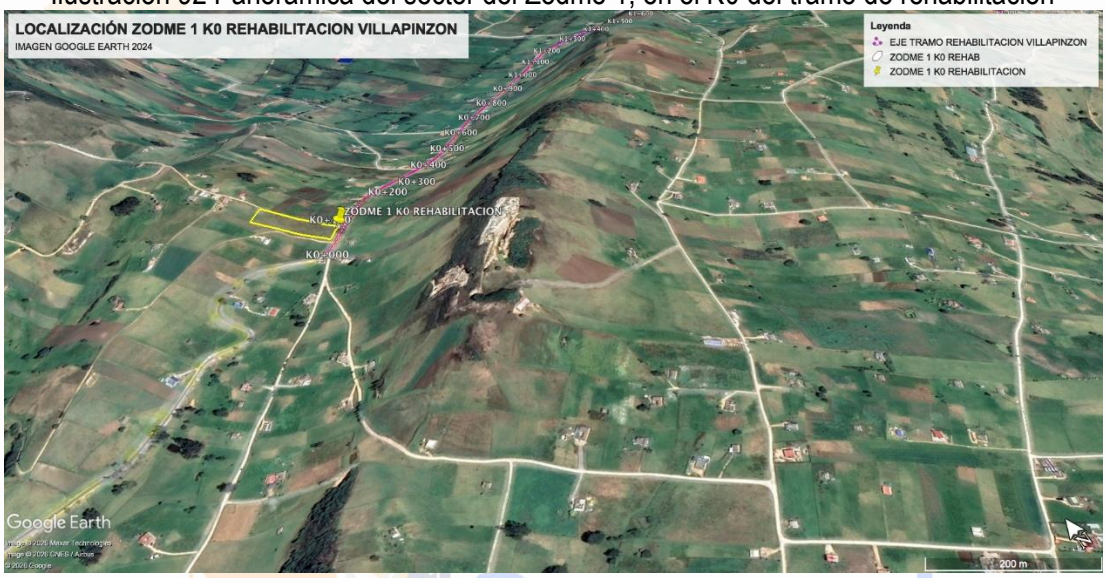


Ilustración 93 Vista del acceso al ZODME 1, ilustrando el acceso al área.



El acceso está por el costado izquierdo del K0+100 del inicio del trazado de rehabilitación, en terreno firme, sin evidencias de procesos de remoción en masa, escasa cobertura vegetal (zona de pastos), ni cursos de agua cercanos.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El corredor vial Lenguazaque – Villapinzón en el tramo de mejoramiento (K0 – K20), se desarrolla entre relieve montañoso y valles aluviales, del río Lenguazaque (K8+800), y la quebrada Guangüita (K20), se desarrolla entre secuencia estratigráfica desde la Fm. Conejo (K2c) y el Grupo Guadalupe, constituido por la Formaciones Lidita Superior (K2l), Planers (K2l) y Labor y Tierna (K2t), la Fm. Guaduas (K2E1g), Fm. Cacho (E1c), Fm. Bogotá (E1b) y la Fm. Tilatá (N2t), afectadas por replegamiento y fallas de cabalgamiento, de un tren con vergencia SW-NE, transversal a la dirección principal de la vía: NW-SE.

- El tramo en rehabilitación (K0 – K3+100), se desarrolla entre las vertientes y el valle de la quebrada Los Arrayanes, modelados entre la secuencia terciaria de las Formaciones Cacho, Bogotá y Tilatá, con menos de 200 m en el inicio sobre la Fm. Guaduas, mientras en fondo del valle es rellenado por depósitos aluviales confinados entre las vertientes.

- Los procesos morfodinámicos que afectan el corredor de mejoramiento, se concentran en los escarpes rocosos en los primeros 350 m, que afectan taludes subverticales con más de 5 m, sobre areniscas friables intercalados con arcillas, de la Formación Cacho. El segundo sitio de interés geotécnico corresponde a una corona de flujo, que afecta el borde externo de la banca, en K1+450, como un flujo concentrado antiguo largo, que se evidencia más abajo en la vía, en K0+700, el cual debería tratarse de manera integral, buscando desde la protección del borde de la vía, en K1+450, hasta la implementación de filtros en los taludes internos de la vía, buscando drenar las aguas que se concentran por la línea de flujo.

- En el tramo de rehabilitación se presenta un sitio de interés geotécnico en un flujo que afecta los taludes y la banca, en K2+700, en una zona cóncava de la vertiente de la margen derecha de la quebrada Los Arrayanes, que concentra la escorrentía, en una zona modelada sobre flujos antiguos. En este tramo de la vía, de unos 40 m de longitud, debe implementarse un filtro robusto en el talud interior, y filtros en espina de pescado en el talud interior, buscando abatir el nivel freático del terreno. Debería también implementarse obras de protección de orillas en la pata del talud, en la orilla de la margen derecha de la Q. Los Arrayanes, sin constreñir el cauce.

12 BIBLIOGRAFÍA

- INGEOMINAS, 2000. Atlas de aguas subterráneas de Colombia, mapa de unidades hidrogeológicas de la plancha 5-09.

- INGEOMINAS, 2004. Mapa geomorfológico de la Sabana de Bogotá, planchas 209-III-D y 209-III-A y B.

- INGEOMINAS, 2012. Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia.

- SGC, 2003. Cartografía geológica de la plancha 209 – Zipaquirá.

- SGC, 2016. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.

- SGC-UPTC, 2018. Mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa de la plancha 209-Zipaquirá.

-