Consorcio
CUNDINAMARCA JINT 17

INFORME DE ESTUDIO TALUDES

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".

3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

VERSIÓN 02

AGOSTO 2026



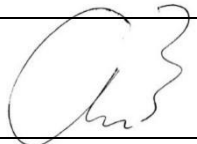
ICCU
INSTITUTO DE CAMINOS Y CONSTRUCCIONES DE CUNDINAMARCA

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".	**INFORME DE ESTUDIO DE FUNDACIONES** **3. VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE.**

CONTROL DE CAMBIOS

Rev.	Fecha	Descripción
1	04/May/2026	Entrega inicial para revisión de la interventoría mediante comunicado CCJINT17-0783-0563-26 del 04/May/2026
2	31/Jul/2026	Respuesta a comunicado T-003-2025-266-OFC, mediante comunicado CCJINT17-0783- 0986-26 del 31/Jul/2026
3	13/Ago/2026	Entrega V2 Ajustada, mediante comunicado CCJINT17-0783-1036-26 del 13/Ago/2026

REPRESENTANTES CONSULTORÍA – CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

REALIZÓ Esp. Geotecnia Consultoría	NOMBRE:	Ing. Diego A. Reyes V.
	FIRMA	
	MAT:	25202 - 75597 CND
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.

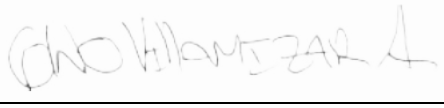
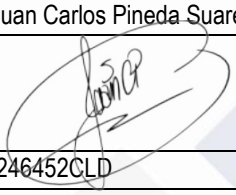
REVISIÓN Esp Geotecnia Interventoría	NOMBRE:	Ing. Gino Omar Villamizar Arévalo
	FIRMA	
	MAT:	54202-297489 NTS
VALIDACIÓN y APROBACIÓN Director Interventoría	NOMBRE:	Ing. Juan Carlos Pineda Suarez
	FIRMA	
	MAT:	1720246452CLD

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN 9

2. OBJETIVOS 11
2.1 OBJETIVO GENERAL 11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11

3. GENERALIDADES DEL CONTRATO 12
3.1 NÚMERO DEL CONTRATO: 12
3.2 OBJETO DEL CONTRATO: 12
3.3 CONTRATISTA 12
3.4 INTERVENTORÍA 12
3.5 ALCANCE DEL PROYECTO 13
3.6 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO: 13

4. GENERALIDADES 15
4.1 UBICACIÓN 15

5. DIAGNOSTICO PRELIMINAR 16
5.1 ANCHOS DE VÍA 16
5.2 OBRAS DE DRENAJE 17
5.3 OBRAS DE CONTENCIÓN 21
5.4 SITIOS CRÍTICOS 24
5.5 ESTADO DEL PAVIMENTO 26
5.6 CONCLUSIONES 28

6. GEOLOGÍA ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.1 GEOLOGÍA REGIONAL ..... **¡Error! Marcador no definido.**
6.2 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL ..... **¡Error! Marcador no definido.**
6.3 AMENAZA POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA ..... **¡Error! Marcador no definido.**
6.4 AMENAZA SÍSMICA ..... **¡Error! Marcador no definido.**

7. TRABAJOS DE CAMPO 34
7.1 EXPLORACIÓN DIRECTA DEL SUBSUELO 34

8. DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO 53
8.1 CORREDOR GEOTÉCNICO 53
8.2 DIAGNÓSTICO DEL CORREDOR 54
8.3 ENSAYOS DE CAMPO 66
8.4 NIVEL FREÁTICO 66
8.5 PERFIL ESTRATIGRÁFICO 68
8.6 RESULTADOS DE LABORATORIO 80
8.7 PARÁMETROS DE RESISTENCIA 98
8.8 PARÁMETROS DE DEFORMACIÓN 98

8.9 SECTORIZACIÓN 107
8.10 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 109

9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD 113
9.1 SITIOS CRÍTICOS 113
9.1.1 Sitio Crítico N°2 K2+130– Tramo Quipile 114
9.1.2 Sitio Crítico N°3 K2+480– Tramo Quipile 117
9.1.3 Sitio Crítico N°4 K2+770– Tramo Quipile 120
9.1.5 Sitio Crítico N°6 K3+150– Tramo Quipile 123
9.1.7 Sitio Crítico N°9 K3+850 – Tramo Quipile 126
9.1.8 Sitio Crítico N°10 K4+560 – Tramo Quipile 129
9.1.9 Sitio Crítico N11 K4+650 – Tramo Quipile 132
9.1.11 Sitio Crítico N12 K4+760– Tramo Quipile 135
9.2 PERFIL DEL SUELO 138
9.3 AMENAZA SÍSMICA 146

10. POTENCIAL EXPANSIVO 152

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 155
11.1 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE CIMIENTOS SUPERFICIALES 156
11.2 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE CAISSON 156
11.3 RECOMENDACIONES DE DRENAJE 157
11.4 RECOMENDACIONES MATERIAL DE RELLENO EN MUROS 158

12. LIMITACIONES 159

13. REFERENCIAS TÉCNICAS 160

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Localización de los tramos a ejecutar. 13
Ilustración 2. Tramo Tabacal a Quipile 14
Ilustración 3. Tramo Tabacal a Quipile 15
Ilustración 4 Fotografía en el K0+100 17
Ilustración 5 Fotografía en el K4+500 17
Ilustración 6 Alcantarilla 1 19
Ilustración 7 Alcantarilla 8 19
Ilustración 8 Alcantarilla con muro de acompañamiento 16 20
Ilustración 9 Alcantarilla con muro de acompañamiento 22 20
Ilustración 10 Muro de contención en gaviones 1 22
Ilustración 11 Muro de contención en concreto 9 22
Ilustración 12 Muro de contención en concreto 13 23
Ilustración 13 Muro de contención en concreto 20 23
Ilustración 14 Fotografía en el K0+010 24
Ilustración 15 Fotografía en el K0+100 25
Ilustración 16 Fotografía en el K0+500 25
Ilustración 17 Fotografía en el K2+500 26
Ilustración 18 Fotografía en el K0+010 26
Ilustración 19 Fotografía en el K0+100 27
Ilustración 20 Fotografía en el K0+500 27
Ilustración 21 Geología regional tramo Quipile – Tabacal .... **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 22 Geomorfología regional tramo Quipile – Tabacal .... **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 23 Zonificación de amenaza por movimientos en masa (SIMMA) .... **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 24 Catálogo de procesos de remoción en masa en el área (SIMMA) **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 25 Mapa nacional de amenaza sísmica de Colombia (INGEOMINAS-UNC, 2010), señalando la vía Quipile - Tabacal .... **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 26 Localización de sondeos. 35
Ilustración 27 Corredor Geotécnico para el tramo Tabacal - Quipille 53
Ilustración 28 Resultados nivel freático 66
Ilustración 29 Prof nivel freático vs abscisa 67
Ilustración 30 grafica resultados de clasificación del suelo. 91
Ilustración 31 Carta de plasticidad 92
Ilustración 32 grafica de consistencia del suelo 93
Ilustración 33 grafica de resultados de granulometría 94
Ilustración 34 grafica de resultados de pesos unitarios 95
Ilustración 35 grafica de resultados de carga puntual 96
Ilustración 36 grafica de resultados de compresión inconfinada 97
Ilustración 37 variación SPT S1 99
Ilustración 38 variación SPT S2 99
Ilustración 39 variación SPT S3 100
Ilustración 40 variación SPT S4 100
Ilustración 41 variación SPT S5 101
Ilustración 42 variación SPT S6 101
Ilustración 43 variación SPT S7 102
Ilustración 44 variación SPT S8 102
Ilustración 45 variación SPT S9 103

Ilustración 46 variación SPT S10 103
Ilustración 47 variación SPT S11 104
Ilustración 48 variación SPT S12 104
Ilustración 49 variación SPT S13 105
Ilustración 50 variación SPT S14 105
Ilustración 51 variación SPT S15 106
Ilustración 52 variación SPT S16 106
Ilustración 53 variación SPT S17 107
Ilustración 54 Perfiles estratigráficos encontrados en la exploración geotécnica directa 108
Ilustración 55 Sección de análisis 114
Ilustración 56 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global 115
Ilustración 57 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global 116
Ilustración 58 Sección de análisis 117
Ilustración 59 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global 118
Ilustración 60 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global 119
Ilustración 61 Sección de análisis 120
Ilustración 62 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global 121
Ilustración 63 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global 122
Ilustración 64 Sección de análisis 123
Ilustración 65 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global. 124
Ilustración 66 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global 125
Ilustración 67 Sección de análisis 126
Ilustración 68 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global 127
Ilustración 69 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global 128
Ilustración 70 Sección de análisis 129
Ilustración 71 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global 130
Ilustración 72 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global 131
Ilustración 73 Sección de análisis 132
Ilustración 74 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global 133
Ilustración 75 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global 134
Ilustración 76 Sección de análisis 135
Ilustración 77 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global 136
Ilustración 78 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global 137
Ilustración 79 Mapa valores PGA 146
Ilustración 80 Mapa valores Ss 147
Ilustración 81 Mapa valores S1 149

Índice de Tablas

Tabla 1 Anchos Promedio de Vía. 16
Tabla 2 Obras de Drenaje. 18
Tabla 3 Muros existentes 21
Tabla 4 Sitios Críticos. 24
Tabla 5Localización de sondeos 35
Tabla 6 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-1 68
Tabla 7 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-2 69
Tabla 8 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-3 69
Tabla 9 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-4 70
Tabla 10 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-5 70
Tabla 11 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-6 71
Tabla 12 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-7 71
Tabla 13 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-8 72
Tabla 14 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-9 72
Tabla 15 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-10 73
Tabla 16 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-11 73
Tabla 17 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-12 74
Tabla 18 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-13 75
Tabla 19 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-14 76
Tabla 20 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-15 77
Tabla 21 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-16 78
Tabla 22 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-17 79
Tabla 23 Resumen resultados de laboratorio 81
Tabla 24 Sectores definidos según la estratigrafía 108
Tabla 25 Tipo de terreno según la morfología encontrada 108
Tabla 26 Sectorización definitive del corredor vial 108
Tabla 27 Parámetros Geotécnicos para el Sector 1 (K0+000 – K2+950) 109
Tabla 28 Parámetros Geotécnicos para el Sector 2 (K2+950 – K3+950) 109
Tabla 29 Parámetros Geotécnicos para el Sector 3 (K3+950 – K4+300) 109
Tabla 30 Parámetros Geotécnicos para el Sector 4 (K4+300 – K4+895) 109
Tabla 31 Parámetros geotécnicos K2+140 - SONDEO 15 110
Tabla 32 Parámetros geotécnicos K2+500 – SONDEO 14 110
Tabla 33 Parámetros geotécnicos K2+750 - SONDEO 13 111
Tabla 34 Parámetros geotécnicos K3+115 – SONDEO 11 111
Tabla 35 Parámetros geotécnicos K3+581 - SONDEO 9 111
Tabla 36 Parámetros geotécnicos K3+832 – SONDEO 8 111
Tabla 37 Parámetros geotécnicos K4+573 - SONDEO 4 112
Tabla 38 Parámetros geotécnicos K4+680 – SONDEO 3 112
Tabla 39 Parámetros geotécnicos K4+800 - SONDEO 2 112
Tabla 40 – Estructuras proyectadas para los sitios críticos 113
Tabla 41 Perfil de Suelos Sondeo 1 138
Tabla 42 Perfil de Suelos Sondeo 2 138
Tabla 43 Perfil de Suelos Sondeo 3 138
Tabla 44 Perfil de Suelos Sondeo 4 139
Tabla 45 Perfil de Suelos Sondeo 5 139
Tabla 46 Perfil de Suelos Sondeo 6 139

Tabla 47 Perfil de Suelos Sondeo 7 140
Tabla 48 Perfil de Suelos Sondeo 8 140
Tabla 49 Perfil de Suelos Sondeo 9 141
Tabla 50 Perfil de Suelos Sondeo 10 141
Tabla 51 Perfil de Suelos Sondeo 11 142
Tabla 52 Perfil de Suelos Sondeo 12 142
Tabla 53 Perfil de Suelos Sondeo 13 143
Tabla 54 Perfil de Suelos Sondeo 14 143
Tabla 55 Perfil de Suelos Sondeo 15 144
Tabla 56 Perfil de Suelos Sondeo 16 144
Tabla 57 Perfil de Suelos Sondeo 17 145
Tabla 58 Resumen resultados de perfil de suelo obtenidos. 145
Tabla 59 factor de sitio según Tabla 3.10.3.2-1 150
Tabla 60 factor Fa según Tabla 3.10.3.2-2 150
Tabla 61 factor Fv según Tabla 3.10.3.2-3 151
Tabla 62 Resumen factores obtenidos 151
Tabla 63 Perfil de Suelos por Sector 151

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.

En el presente informe se tiene como finalidad realizar el análisis centrado en la estabilidad de los puntos críticos identificados en el corredor vial que desde el sector tabacal conduce al casco urbano del municipio de Quipile, departamento de Cundinamarca.

El estudio aborda el análisis de estabilidad y la evaluación de condiciones de posible inestabilidad a lo largo del tramo, considerando factores geológicos, geotécnicos, geomorfológicos e hidrológicos que inciden en el comportamiento de los taludes y la estructura vial.

Asimismo, contempla la formulación de recomendaciones de estabilización y/o la implementación de obras complementarias, el diseño de estructuras de contención tipo suelo reforzado cuando sea requerido, y la definición de medidas de reforzamiento orientadas a garantizar la estabilidad y funcionalidad del corredor vial.

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.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis de estabilidad de puntos críticos, para la construcción de las obras de intervención requeridas a lo largo del corredor del proyecto, del polígono suministrado para el Tramo 3, vía que desde el sector Tabacal conduce al casco urbano del municipio de Quipile, para el CONTRATO DE CONSULTORÍA ICCU-783-2025 **ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA CORREDORES VIALES EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos para la realización del estudio son:

- Revisión documental y técnica de los estudios previos o información de referencia existente para el corredor vial.
- Exploración geotécnica encaminada a la caracterización de los materiales encontrados.
- Revisión y determinación del perfil estratigráfico del terreno mediante sondeos directos.
- Caracterización geomecánica del terreno mediante pruebas de resistencia y deformación en campo y laboratorio.
- Determinación de los parámetros de resistencia y deformación de los suelos.
- Determinar la caracterización geológica regional y local asociada al corredor vial objeto de estudio.
- Determinarse las condiciones de taludes para los sitios que se requieran y los análisis de estabilidad.
- Plantear las recomendaciones constructivas pertinentes, esto de acuerdo con los resultados de los análisis de estabilidad.
- Establecer los sectores críticos del tramo y en caso de existir determinar la dinámica del movimiento, sus causas y las obras requeridas para su estabilización que permitan la operación vehicular de manera adecuada y segura.

3. GENERALIDADES DEL CONTRATO

3.1 NÚMERO DEL CONTRATO:

ICCU-783-2025

3.2 OBJETO DEL CONTRATO:

"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 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".

3.3 CONTRATISTA

El 06 de noviembre de 2025 suscribió el Acta de Inicio No. 01 del Contrato ICCU No. 783 de 2025 , dando inicio formal a la ejecución del proyecto a cargo del CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17 por un valor total de $4.589.706.723,00. El objeto contractual consiste en REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LAS VÍAS: 1. DESDE EL CASCO URBANO DE LENGUAZAQUE AL CASCO URBANO DE VILLAPINZÓN; 2. DESDE EL CASCO URBANO DE JERUSALÉN AL CRUCE DE LA VÍA RUTA 45; 3. DESDE EL SECTOR TABACAL AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE; 4. DESDE EL CASCO URBANO DE CHOCONTÁ AL CASCO URBANO DE CUCUNUBÁ; 5. CONEXIÓN DEL CRUCE CON EL CORREDOR BOGOTÁ-FONTIBÓN-FACATATIVÁ-LOS ALPES, SECTOR LA VIRGEN, HASTA LA VÍA FACATATIVÁ-EL ROSAL; Y 6. DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO. Para el desarrollo de estas actividades, se estableció un plazo de ejecución de ocho (8) meses , fijando como fecha de terminación el 06 de julio de 2026.

3.4 INTERVENTORÍA

CONTRATO N° ICCU-CTO-881-2025.

INTERVENTORÍA A LA CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS 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 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.

3.5 ALCANCE DEL PROYECTO

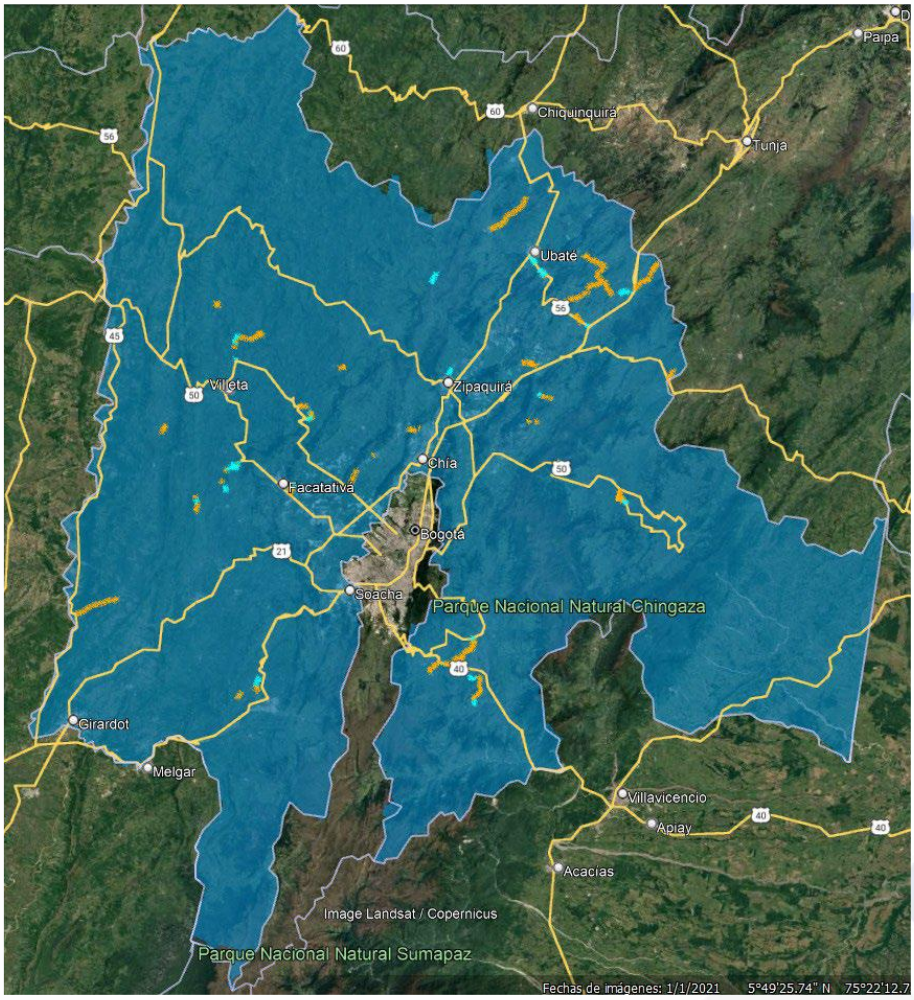
Realizar todos los estudios y diseños definitivos, Fase III, en las vías secundarias priorizadas existentes en el Departamento de Cundinamarca, utilizando metodologías y tecnologías de punta que le permitan al Departamento avanzar en el desarrollo de la infraestructura vial para la competitividad, en armonía con el Plan Nacional de Desarrollo y el Plan Departamental de Desarrollo.

Evaluar los costos precisos de la ejecución de las obras, teniendo en cuenta los costos de mitigación ambiental cuantificados de conformidad con la naturaleza de cada tramo vial.

3.6 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO:

Los estudios y diseños se realizarán en diferentes corredores viales del Departamento. Los cuales se muestran en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 1. Localización de los tramos a ejecutar.



Fuente: Tomado del Anexo Técnico del proceso ICCU-CM-017-2025

En el caso del tramo Tabacal Quipile, la vía se desarrolla a lo largo de 5.0 km, desde el cruce de la vía Alto del Trigo – La Sierra hasta el caso urbano de Quipile:

Ilustración 2. Tramo Tabacal a Quipile



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

Las elevaciones del proyecto son variables entre los 1,469 m.s.n.m. y los 1,826 m.s.n.m., con las menores cotas a la entrada de Quipile.

4. GENERALIDADES

El objeto del Contrato es "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".

4.1 UBICACIÓN

El corredor vial objeto del presente estudio se localiza en la región occidental del departamento de Cundinamarca. El tramo comprende la vía que desde el sector Tabacal conduce al casco urbano del municipio de Quipile, atravesando un territorio caracterizado por relieve ondulado a montañoso, con presencia de laderas y zonas de transición propias de la vertiente occidental de la Cordillera Oriental.

El municipio de Quipile hace parte de la provincia del Tequendama, ubicada en el suroccidente del departamento de Cundinamarca.

El corredor vial comprendido dentro del alcance del proyecto se desarrolla específicamente entre el sector Tabacal y el casco urbano del municipio de Quipile, constituyendo un eje de conexión relevante para la movilidad local y el acceso entre las áreas rurales y el centro urbano del municipio.

Ilustración 3. Tramo Tabacal a Quipile



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

Se trata de una carretera de alta montaña con pendientes transversales que son medias a altas, y un corredor vial estrecho.

5. DIAGNOSTICO PRELIMINAR

Se realizaron recorridos en este caso en la vía que desde el sector tabacal conduce al casco urbano del municipio de Quipile, donde se recolecto evidencia del estado actual de la vía, se realizó el inventario de estructuras existentes en el corredor, (alcantarillas, puentes, box coulverts), además de puntos o sitios críticos por causa de deslizamientos o por manejo inadecuado de las aguas. El abscisado representado en este documento está amarrado a los postes de kilometraje existentes en el corredor. De acuerdo con la información recolectada en campo, se tiene lo siguiente:

5.1 ANCHOS DE VÍA

A lo largo del corredor se tomó los anchos de vía existentes y anchos entre cercas donde existente cada 7.50 m en promedio, de donde se construyó la siguiente tabla resumen:

Tabla 1 Anchos Promedio de Vía.

TRAMO	ANCHO VÍA	CERCAS	TOTAL
1	7.6	9	9.3
2	7.6	9.2	9.2
3	10	12.8	12.8
4	7.6	10	10
5	7	9.6	9.6
6	6.5	9.5	9.5
7	7.5	10	10
8	7.5	9.8	9.8
9	7.6	9.5	9.5
10	9.8	12.3	12.3
11	9.6	11.9	11.9
12	7.6	10.4	10.4
13	7.2	10.9	10.9
14	7.2	11.3	11.3
15	7.2	10.6	10.6
16	7.2	9.8	9.8
17	7.2	10.1	10.1
18	7.2	9.9	9.9
19	7.2	10.5	10.5
20	8.4	11.3	11.3
21	7.2	10.8	10.8
22	7.2	9.8	9.8
23	7.2	10.3	10.3
24	8	11.3	11.3
25	7.2	9.5	9.5
26	7.2	9.2	9.2

Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

A continuación, se presenta fotografías representativas de la sección vial en el corredor:

Ilustración 4 Fotografía en el K0+100



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 5 Fotografía en el K4+500



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

5.2 OBRAS DE DRENAJE

A lo largo del corredor se realizó el inventario de las obras de drenaje existentes, con dicha información se elaboraron las siguientes tablas resumen:

Tabla 2 Obras de Drenaje.

ABSC	DIÁMETRO	TUBOS	COLMATADO	ENCOLE	DESCOLE	POCETA	CLASE
1	36"	7	SI	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
2	30"	7	NO	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
3	36"	10	20%	SI	SI	SI	ALCANTARILLA
4	24"	7	SI	SI	NO	NO	ALCANTARILLA
5	36"	7	50%	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
6	36"	6	70%	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
7	36"	7	40%	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
8	36"	7	60%	SI	SI	SI	ALCANTARILLA
9	30"	7	—	SI	SI	SI	ALCANTARILLA
10	30"	9	30%	SI	SI	NO	BOXCOULVERT
11	24"	9	—	SI	SI	NO	BOXCOULVERT
12	36"	7	SI	SI	SI	SI	ALCANTARILLA
13	24"	7	20%	SI	SI	SI	ALCANTARILLA
14	36"	7	10%	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
15	24"	7	—	SI	SI	SI	ALCANTARILLA
16	24"	7	50%	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
17	24"	—	100%	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
18	24"	—	100%	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
19	24"	7	—	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
20	24"	6	—	SI	SI	SI	ALCANTARILLA
21	24"	7	—	SI	SI	SI	ALCANTARILLA
22	24"	7	30%	SI	SI	SI	BOXCOULVERT
23	24"	7	80%	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
24	—	—	100%	SI	SI	NO	ALCANTARILLA
25	—	—	100%	SI	SI	SI	ALCANTARILLA
26	24"	7	40%	SI	SI	SI	ALCANTARILLA

Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Las obras de drenaje corresponden a alcantarillas transversales, box culverts, pontones y puentes, en razón a la ausencia de superficie de rodadura en el pavimento no se cuenta con cunetas.
A continuación, se presenta fotografías de las obras más representativas en el corredor.

Ilustración 6 Alcantarilla 1



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 7 Alcantarilla 8



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 8 Alcantarilla con muro de acompañamiento 16



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 9 Alcantarilla con muro de acompañamiento 22



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

5.3 OBRAS DE CONTENCIÓN

A lo largo del corredor se realizó el inventario de los muros de contención existentes en el corredor, con la que se elaboró la siguiente tabla resumen:

Tabla 3 Muros existentes

No de Obra	ABSCISA	LONGITUD (m)	ESPESOR (m)	ALTURA (m)	COSTADO	CLASE
0	K0+015	10.00	1.10	2.50	IZQUIERDO	MURO GAVION
2	K0+047	4.00	1.10	2.50	IZQUIERDO	MURO GAVION
3	K0+334	30.00	1.10	2.50	IZQUIERDO	MURO GAVION
4	K0+400	11.00	1.10	2.50	IZQUIERDO	MURO GAVION
5	K0+545	15.00	1.10	2.50	IZQUIERDO	MURO GAVION
6	K1+008	20.00	1.10	2.50	IZQUIERDO	MURO GAVION
7	K1+340	45.00	1.10	2.50	IZQUIERDO	MURO GAVION
9	K1+977	35.00	0.25	2.80	IZQUIERDO	MURO DE CONCRETO
10	K2+100	30.00	0.35	3.00	IZQUIERDO	MURO DE CONCRETO
11	K2+164	70.00	0.20	3.00	IZQUIERDO	MURO DE CONCRETO
12	K2+511	170.00	0.20	2.50	IZQUIERDO	MURO DE CONCRETO
13	K2+838	15.00	0.30	2.50	IZQUIERDO	MURO DE CONCRETO
14	K2+905	45.00	1.10	2.50	IZQUIERDO	MURO GAVION
15	K4+500	35.00	0.30	3.20	DERECHO	MURO DE CONCRETO
16	K4+654	32.00	0.30	3.50	DERECHO	MURO DE CONCRETO
17	K4+776	23.00	0.30	2.50	IZQUIERDO	MURO DE CONCRETO
18	K4+852	20.00	0.30	2.50	IZQUIERDO	MURO DE CONCRETO

Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Los muros de contención corresponden a muros de acompañamiento cuya función principal es confinar y mantener el ancho de la estructura de pavimento. No se identifican muros construidos por condiciones de estabilidad geotécnica o como medidas de estabilización de taludes. Desde el punto de vista geotécnico, los muros no presentan evidencias de inestabilidad asociadas a las condiciones del terreno. La evaluación de su estado y comportamiento estructural se desarrolla en el informe correspondiente a la especialidad de Estructuras.

A continuación, se presentan fotografías de los muros más representativos en el corredor:

Ilustración 10 Muro de contención en gaviones 1



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 11 Muro de contención en concreto 9



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 12 Muro de contención en concreto 13



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 13 Muro de contención en concreto 20



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

5.4 SITIOS CRÍTICOS

A lo largo del corredor se realizó el inventario de los sitios críticos que se observaron en el corredor, los cuales están asociados a las áreas de geotecnia e hidráulica, con la que se elaboró la siguiente tabla resumen:

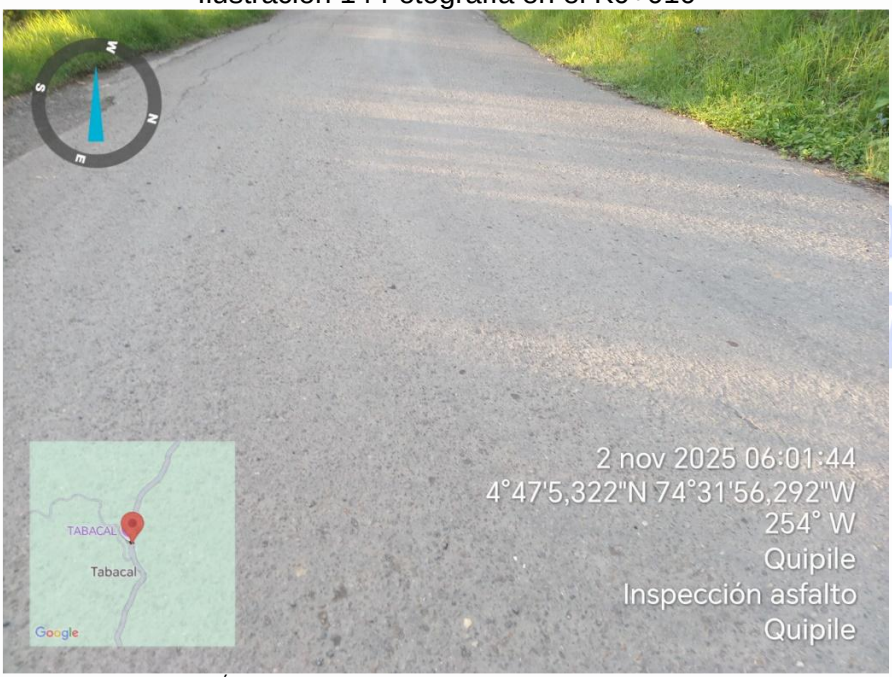
Tabla 4 Sitios Críticos.

Abscisa	ESTADO	Longitud (m)	Ancho (m)
1	P BANCA	20.0	1.8
2	P BANCA	14.0	3.0
3	P BANCA	10.3	1.2
4	P BANCA	27.0	2.5

Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

A continuación, se presentan fotografías de estos puntos críticos en el corredor:

Ilustración 14 Fotografía en el K0+010



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 15 Fotografía en el K0+100



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 16 Fotografía en el K0+500



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 17 Fotografía en el K2+500



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

5.5 ESTADO DEL PAVIMENTO

En el tramo que está dispuesto para rehabilitación entre el K0+000 y K5+000 el estado del pavimento se encuentra en mal estado, se encuentra con piel de cocodrilo fisuras longitudinales y transversales

A continuación, se presentan fotografías del estado del pavimento con sus principales daños.

Ilustración 18 Fotografía en el K0+010



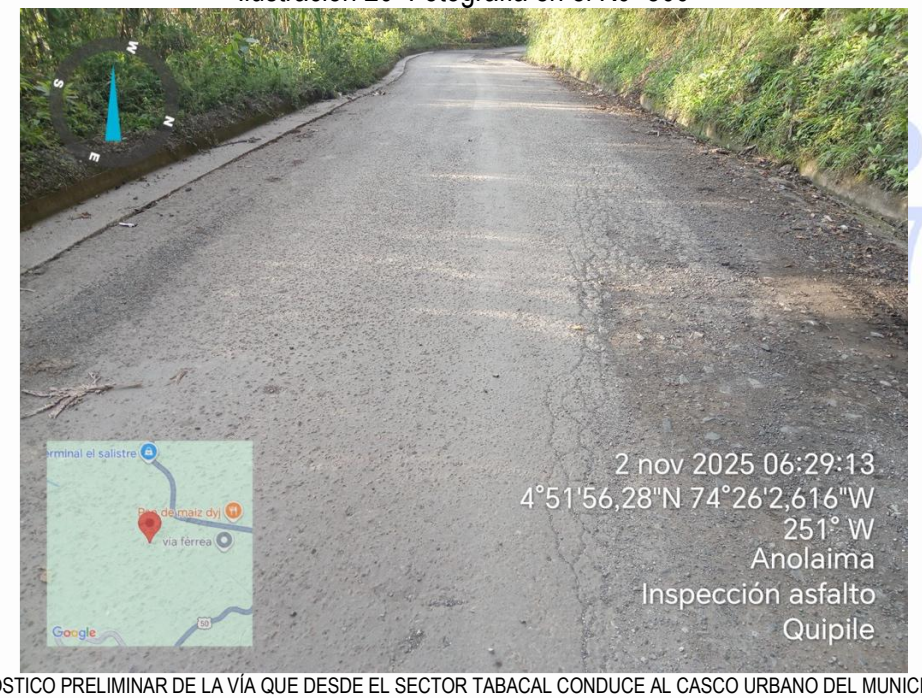
Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 19 Fotografía en el K0+100



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

Ilustración 20 Fotografía en el K0+500



Fuente: DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA VÍA QUE DESDE EL SECTOR TABACAL CONDUCE AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE QUIPILE

5.6 CONCLUSIONES

Como resultado del presente diagnóstico, podemos resumir de la siguiente forma:

- El ancho de la vía en promedio es de 7.50
- El ancho entre cercas es de 10.00
- Existen 26.00 alcantarillas de (24,30,36)"
- Existen 0.00 box Culvert de varias dimensiones
- Existen 0 puentes de 37.00 m de luz
- Existen 8.00 muros de gaviones
- Existen 9.00 muros de concreto
- Existen 4.00 puntos críticos de geotecnia
- Existen 0.00 puntos críticos de hidráulica
- El estado del pavimento es malo

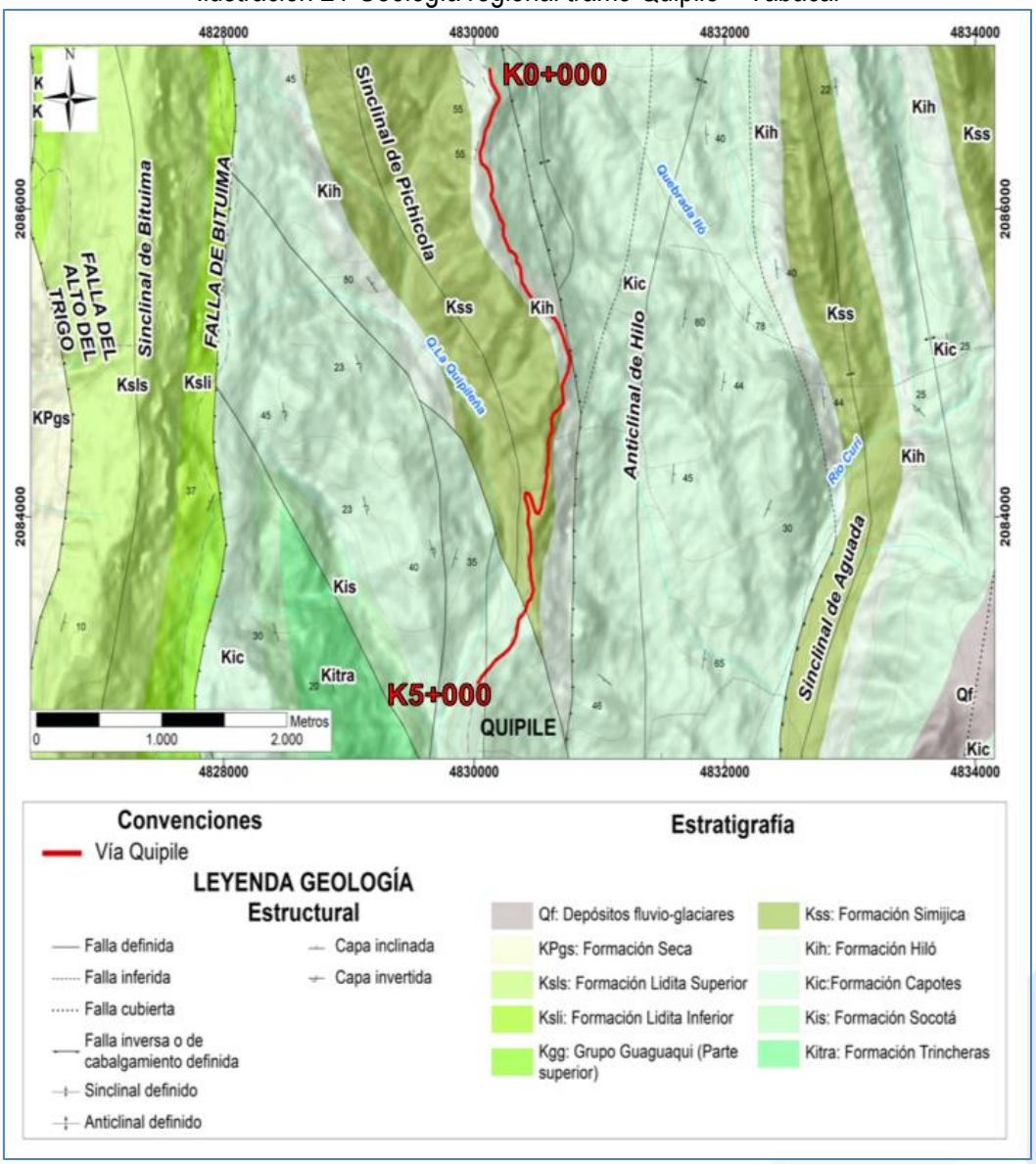
6. GEOLOGÍA

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 227 – La Mesa.

6.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La vía se desarrolla entre ejes de estructuras anticlinales y sinclinales contiguas, separadas por el trazo de una falla de cabalgamiento, con vergencia al occidente (Ilustración 21). El tren estructural dominante es sur-norte, con algunos trazos de falla y flexiones de pliegues en dirección noroeste.

Ilustración 21 Geología regional tramo Quipile – Tabacal



Fuente: Elaboración propia sobre sector del mapa geológico de la plancha 227-La Mesa (INGEOMINAS, 1999)

La secuencia de sedimentitas que conforma la vertiente sobre la que se desarrolla la vía, conformada predominantemente por lutitas, se sitúan en la contrapendiente estructural del flanco occidental de un anticlinal, con un trazo de falla de cabalgamiento sur-norte hacia la parte media-alta de la ladera inferior. La cartografía de la plancha 227 señala la banca entre las Formaciones Hiló (Kih), Capotes (Kic) y Simimjaca (Kss). La Fm. Hiló se describe como secuencias de limolitas silíceas y lodolitas calcáreas, a veces silíceas, con estratificación delgada a media, laminación plano paralelo y esporadicas capas de micrita. Infrayacíendola tanto estratigráficamente como en la vertiente, se presenta la Fm. Capotes, constituida por lodolitas calcáreas y arcillolitas negras con algunos niveles de concreciones; estratigráficamente por encima de Hiló, y hacia la parte alta de la banca-talud interior, se aprecia la Fm. Simijaca, la cual es descrita como series de arcillolitas y limolitas negras a gris oscuro, con esporádicas intercalaciones de arenita de cuarzo de grano fino.

6.2 GEOLOGÍA LOCAL

Las laderas sobre las que se desarrolla la vía están constituidas sobre rocas predominantemente blandas, como lo son las lutitas, con algunos niveles duros, correspondientes a capas de caliza y limolita. Inicialmente en el recorrido se aprecian lutitas muy meteorizadas, de color gris parduzco, con niveles de limolitas grises, correspondientes al perfil de meteorización de la Fm. Capotes (Kic). Rápidamente la sección en la vía pasa a la sucesión de capas de caliza, con niveles de lutita y limolita, de la Fm. Hiló (Kih), dominante en la sección de la banca entre K0+230 al K2+900, con meteorización moderada a fuerte, especialmente marcada en los niveles lutíticos. Los afloramientos en general son de rocas con moderada a alta meteorización, sin espesores importantes de suelo residual.

La segunda mitad del corredor vial, entre el K2+500 y el K5, está conformado por la Fm. Simijaca, constituida predominantemente por lutitas meteorizadas, que desarrollan relieve bajo, con escasa exposición en los taludes de la vía.

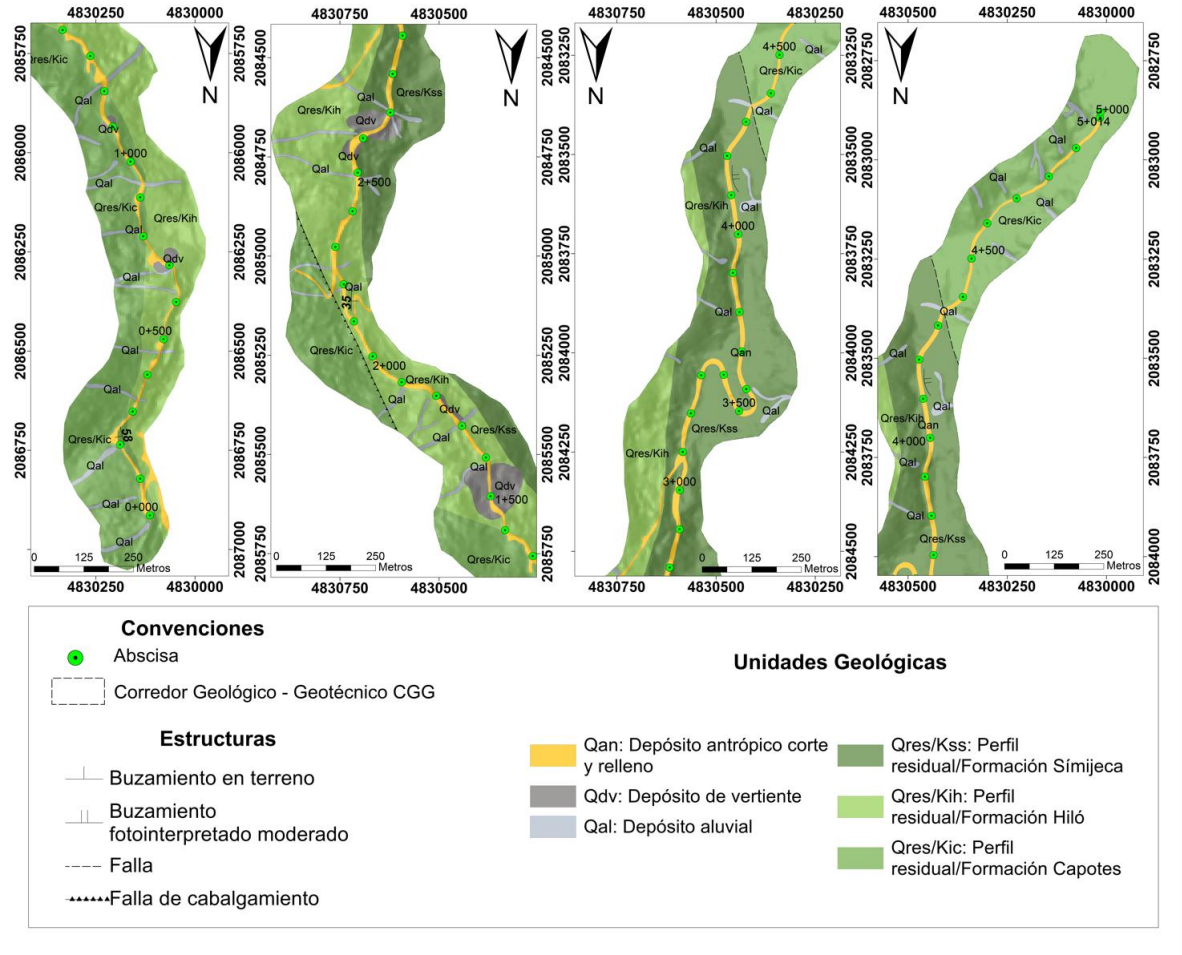
Puntualmente se observan zonas de depósitos de vertiente (Qdv) o coluviales, el más grande de estos entre K1+440 y K1+600, con altura entre cotas de casi 60 m. Composicionalmente los depósitos coluviales son marcadamente matriz-soportados, reflejando su roca fuente que es un macizo rocoso de rocas blandas meteorizadas, con predominio de lutitas en la secuencia aflorante.

Finalmente se distinguen pequeñas franjas aluviales (Qal), correspondientes a arroyos que, en las zonas de nacimientos de las vertientes, alimentan las quebradas que discurren de norte a sur, en el fondo de las vertientes, con indicado control estructural.

Estructuralmente la zona con mayor influencia es la de las más grandes alturas de cortes, entre el K0 y el K2+900, con dominio de buzamiento desfavorable (al oriente), en los primeros dos kilómetros, mientras que en el último kilómetro se hace favorable (al occidente).

En los registros de los sondeos adelantados, los perfiles residuales sobre las formaciones Hiló, Simijaca y Capotes, se aprecian espesores del horizonte superficial, suelo residual y saprolito, de entre 2 y 4m, infrayacidos por roca entre alta y moderadamente meteorizada (IIA-IIB de Deere y Patton), entre 6 y 8 m, sin alcanzar niveles de roca débilmente meteorizada (II de Dearman)

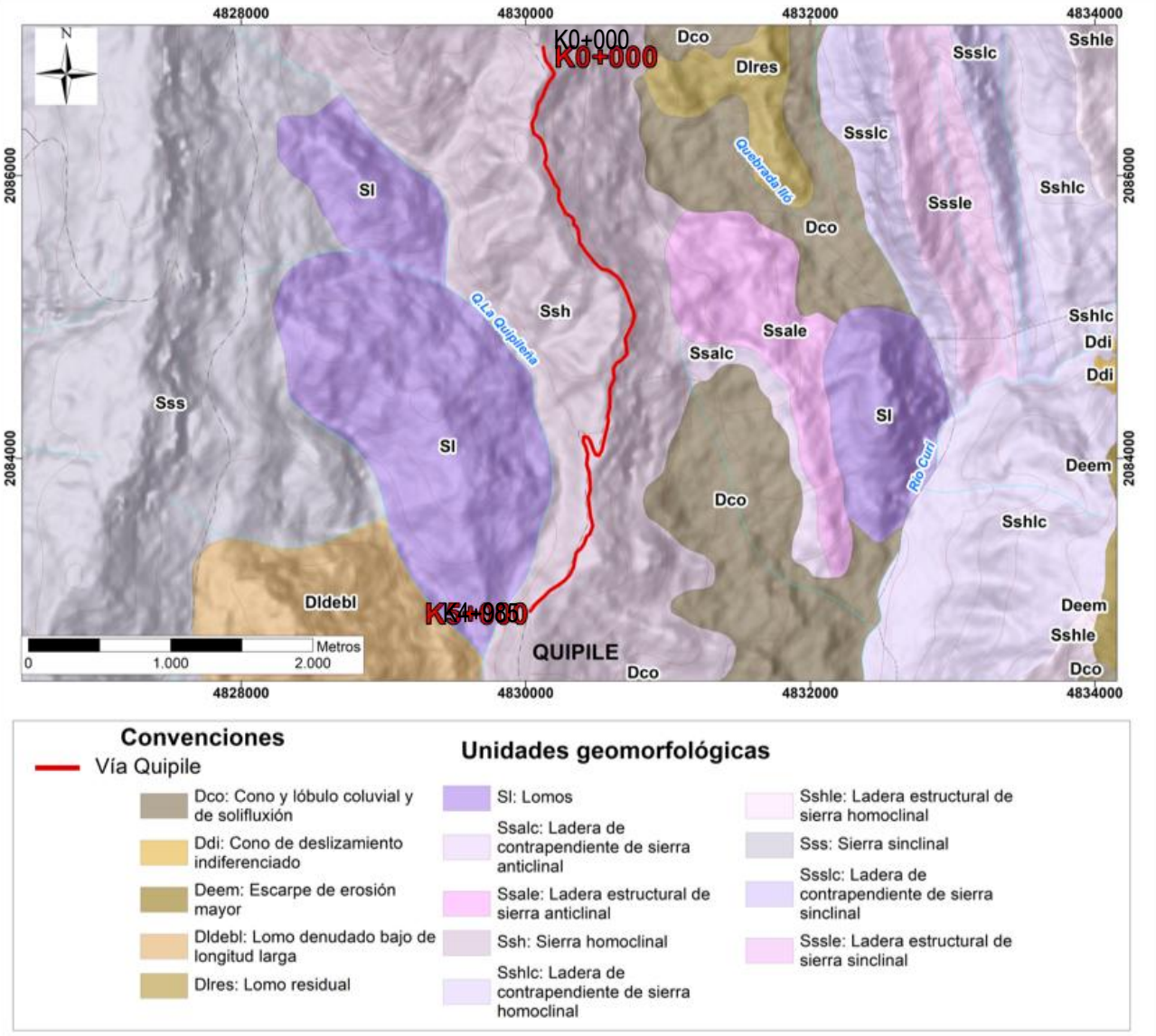
Ilustración 22. Geología del corredor geotécnico Tabacal - Quipile



6.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La condición estructural dominante en la vertiente sobre la que se desarrolla el corredor vial se refleja en la cartografía regional de la plancha 227-La Mesa (SGC-UPTC, 2018), como se aprecia en la Ilustración 23. De acuerdo con este mapa, la totalidad de la vertiente sobre la que se desarrolla la vía corresponde con la unidad morfogenética de sierra homoclinal (Ssh), descrita como: "*Prominencias topográficas ligeramente simétricas, elongadas y de morfología montañosa y de cimas agudas. Está definida por una secuencia de estratos o capas apilados e inclinados en una misma dirección, con laderas de longitud larga a extremadamente larga con valores que superan los 2.300 m aproximadamente, con pendientes muy abruptas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 16° y 40°. Se presentan procesos erosivos en alto grado, lo que contribuye al desarrollo de procesos de inestabilidad. Desarrollada sobre rocas de las formaciones cretácicas:* Capotes (Kic), Hiló (Kih), Simijaca (Kss)*, Conejo (Kscn), Grupo Guadalupe, Formación Arenisca Dura (Ksgd), formación Plaeners (Ksgpl), Labor y Tierna (Ksglt), y Seca (KPgs). Se ubican de manera dispersa sobre los municipios de* Quipile*, Bituima, Tabio, Chía, la Mesa".*

Ilustración 23 Geomorfología regional tramo Quipile – Tabacal



Fuente: Elaboración propia sobre sector del mapa geomorfológico de la plancha 227-La Mesa (SGC-UPTC, 2018)

6.4 AMENAZA POR PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA

El mapa nacional de amenaza por procesos de remoción en masa del SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa), del SGC, cataloga la amenaza en el corredor vial, así como sobre una amplia zona de la cordillera Oriental en este sector (Ilustración 24), como alta. El inventario de eventos de procesos de remoción en masa del mismo catálogo concentra eventos de tipo deslizamiento, en la zona próxima al casco urbano de Quipile (Ilustración 25), toda vez que estos reportes son de tipo estadístico, fundamentalmente reconocidos por su afectación a pobladores, más no a la infraestructura, a no ser que la importancia, por ejemplo, de vías, sea alta.

Ilustración 24 Zonificación de amenaza por movimientos en masa (SIMMA)

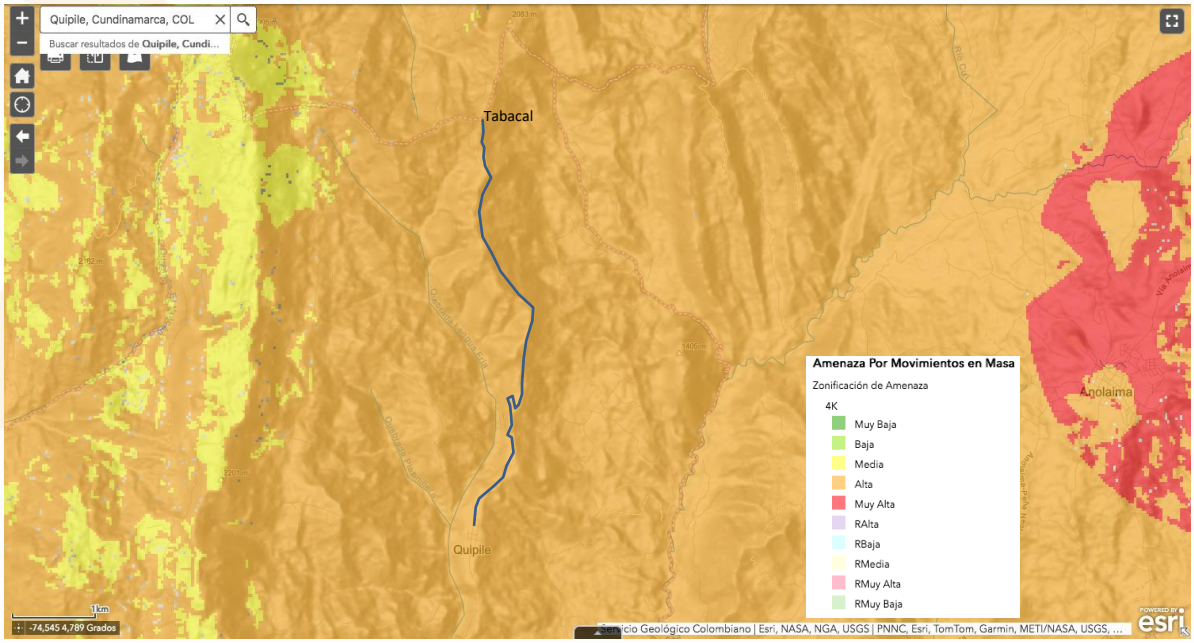
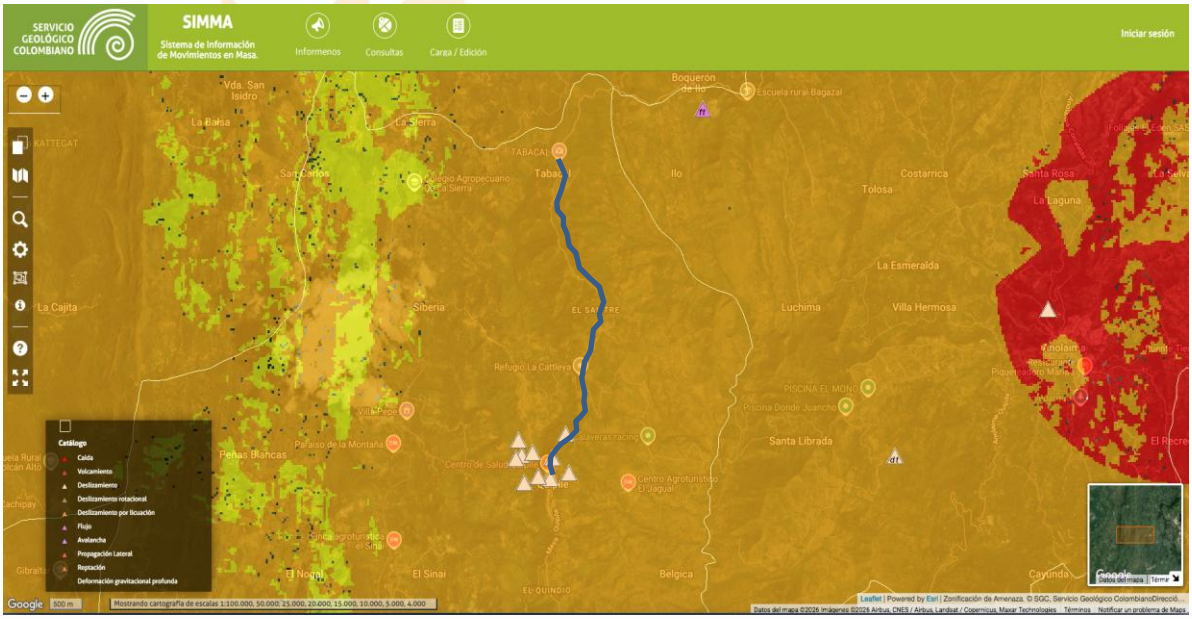


Ilustración 25 Catálogo de procesos de remoción en masa en el área (SIMMA)



7. TRABAJOS DE CAMPO

Para adelantar los análisis geotécnicos se requiere efectuar exploraciones directas (sondeos y barrenos), exploración indirecta (geofísica), ensayos "in situ" y ensayos de laboratorio, los cuales se cuantificaron y localizaron en un documento aparte denominado Plan de Exploración, revisado y aprobado por parte de Interventoría.

7.1 EXPLORACIÓN DIRECTA DEL SUBSUELO

Para la determinación de las propiedades índices y geomecánicas de los materiales fue necesario la recolección y toma de muestras para que sean ensayadas, ya sea en campo o en laboratorio. De esta manera, se implementó una exploración geotécnica que cumpla con los requerimientos técnicos y con las especificaciones avaladas por el INVIAS para este tipo de estudio, en especial las buenas prácticas y los requisitos planteados por el Código Colombiano de Puentes CCP-14, tanto para la determinación de las propiedades y parámetros de campo; así como para los sondeos, apiques y trincheras que sean necesarios implementar para lograr la caracterización de los materiales.

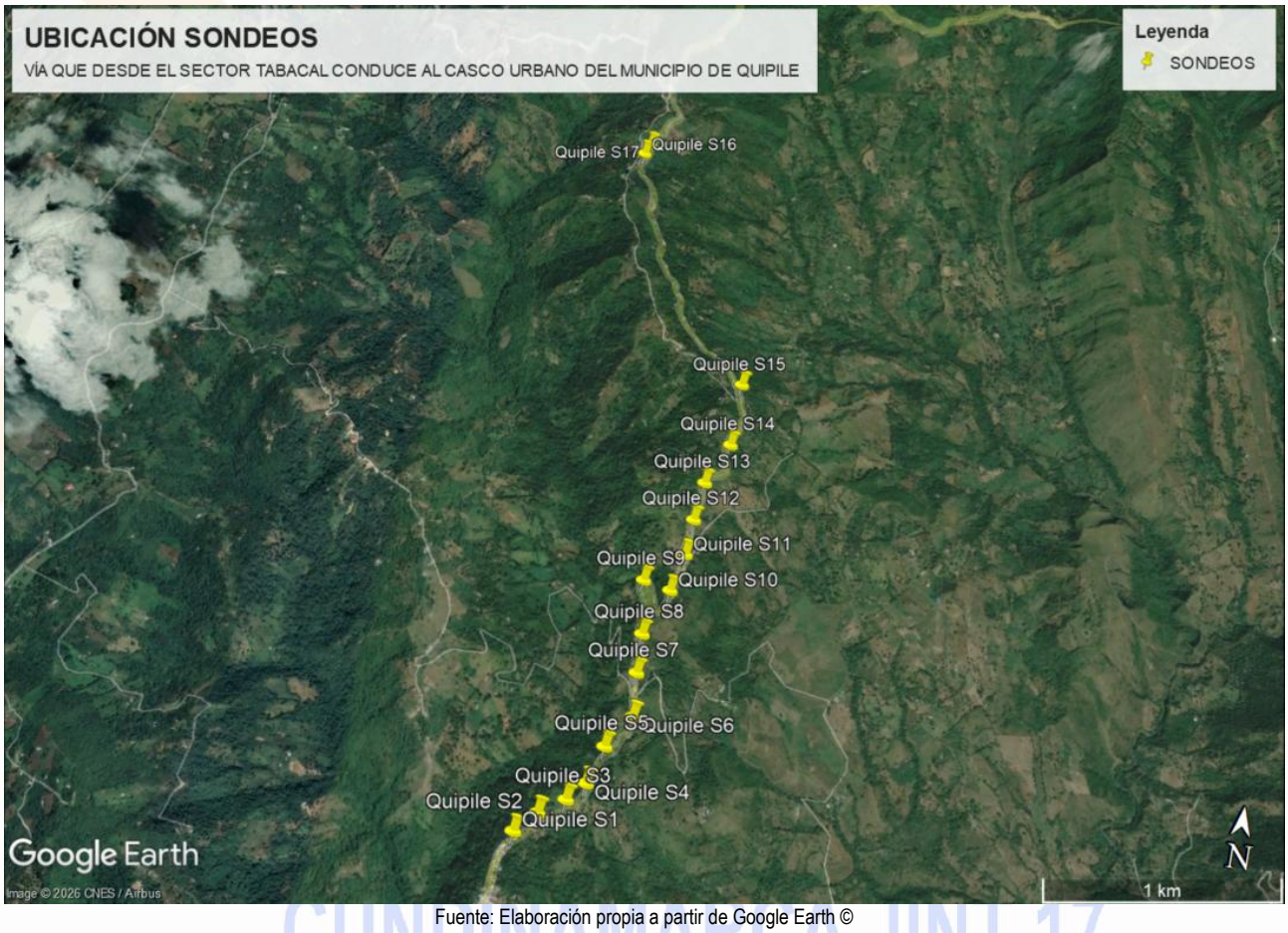
Los sondeos se realizaron por los métodos de percusión y avance con lavado hasta la profundidad indicada, así como métodos por lavado. Además, se efectuaron las pruebas de campo como Ensayos de Penetración Estándar (SPT: Por sus siglas en Ingles), en los materiales donde sus características mecánicas lo permitieron (suelos friccionante, gravas, arenas y finos, de consistencia mecánica de medianamente firme a dura) y Shelby (SH).

En el programa de exploración directa se realizó la ejecución de 17 sondeos localizados a lo largo del corredor.

La profundidad de ejecución de estos fue de 10.0m de profundidad. Se encontró nivel freático en 10 de los 17 sondeos.

A continuación, se presenta la localización de los sondeos ejecutados sobre el corredor:

Ilustración 26 Localización de sondeos.



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth ©

En la Tabla 5 , se presenta la ubicación y coordenadas de los sondeos ejecutados en el corredor.

Tabla 5Localización de sondeos

SONDEO	LATITUD	LONGITUD	ABSCISA	PROFUNDIDAD
QUIPILE-S1	4°44'56.36"N	74°31'58.50"O	K4+870	10,00m
QUIPILE - S2	4°44'59.21"N	74°31'55.78"O	K4+800	10,00m
QUIPILE - S3	4°45'1.52"N	74°31'52.38"O	K4+680	10,00m
QUIPILE - S4	4°45'4.04"N	74°31'50.14"O	K4+573	10,00m
QUIPILE - S5	4°45'9.27"N	74°31'48.49"O	K4+400	10,00m
QUIPILE - S6	4°45'14.05"N	74°31'45.38"O	K4+211	10,00m
QUIPILE - S7	4°45'20.38"N	74°31'45.92"O	K4+014	10,00m
QUIPILE - S8	4°45'26.03"N	74°31'46.07"O	K3+832	10,00m
QUIPILE - S9	4°45'33.91"N	74°31'47.12"O	K3+581	10,00m
QUIPILE - S10	4°45'32.65"N	74°31'43.03"O	K3+300	10,00m
QUIPILE -S11	4°45'38.33"N	74°31'41.66"O	K3+115	10,00m
QUIPILE S-12	4°45'43.79"N	74°31'41.22"O	K2+943	10m
QUIPILE - S13	4°45'49.78"N	74°31'40.41"O	K2+750	10,00m
QUIPILE S14	4°45'56.68"N	74°31'37.42"O	K2+500	10,00m
QUIPILE S-15	4°46'7.33"N	74°31'37.01"O	K2+140	10.00m

SONDEO	LATITUD	LONGITUD	ABSCISA	PROFUNDIDAD
QUIPILE S-16	4°46'47.55"N	74°31'59.06"O	K+600	10,00m
QUIPILE S-17	4°46'49.63"N	74°31'58.33"O	K+546	10,00m

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los sondeos presentados en el presente informe geotécnico se encuentran referenciados al abscisado definitivo correspondiente al eje del diseño geométrico del proyecto, con el fin de mantener coherencia con la información técnica empleada para el desarrollo de los análisis y recomendaciones. No obstante, es importante señalar que durante la etapa de campo las perforaciones fueron localizadas con base en un abscisado preliminar obtenido a partir de la información cartográfica generada en Google Earth mediante un archivo KMZ utilizado en la fase inicial de diagnóstico. En consecuencia, los formatos de campo y registros originales de perforación pueden presentar diferencias en la identificación del abscisado respecto al consignado en el presente informe, situación que obedece exclusivamente al ajuste posterior derivado del levantamiento topográfico y la definición del eje definitivo del proyecto, sin que ello implique modificación en la ubicación real de los sondeos ejecutados.

En el ANEXO 1 REGISTROS DE PERFORACIÓN, se presentan los perfiles de campo de la ejecución de sondeos ejecutada para el tramo.

7.2 EXPLORACIÓN INDIRECTA DEL SUBSUELO

Con el propósito de complementar la información obtenida mediante la exploración directa y lograr una caracterización continua de las condiciones geotécnicas del subsuelo a lo largo del corredor, se implementó un programa de exploración indirecta basado en métodos geofísicos no invasivos. Estos métodos permiten estimar la distribución espacial de las propiedades dinámicas y estratigráficas del terreno, proporcionando información sobre la geometría de las unidades geológicas, la profundidad del material competente y la variación lateral de las condiciones del subsuelo.

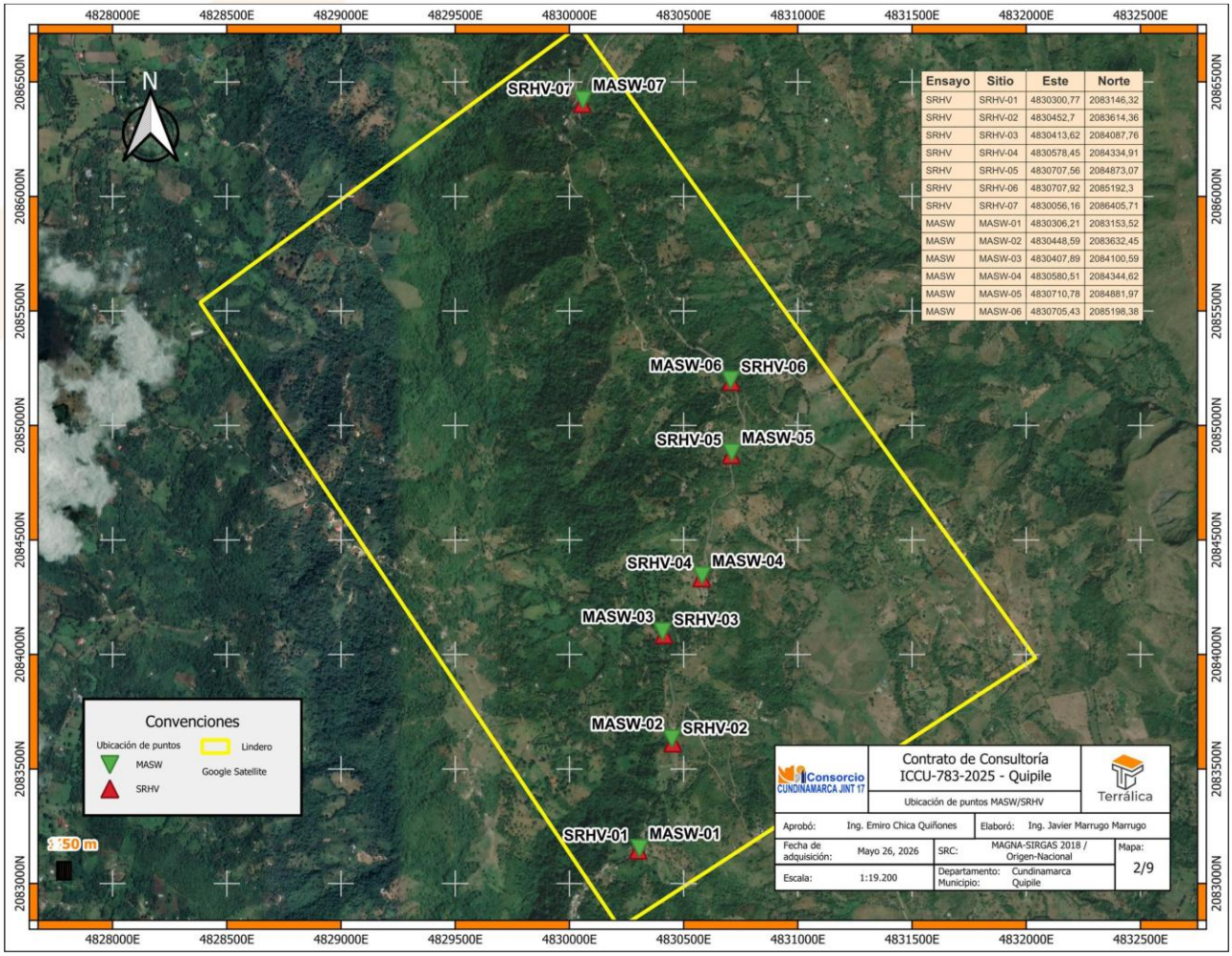
Para el presente estudio se emplearon los métodos de Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) y Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW), técnicas ampliamente utilizadas en estudios geotécnicos por su capacidad para determinar la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el terreno. La Tomografía de Refracción Sísmica permitió definir la distribución de velocidades de onda P (Vp), facilitando la identificación de interfaces geológicas, zonas meteorizadas y el espesor de los diferentes estratos. Por su parte, el método MASW permitió obtener los perfiles de velocidad de onda de corte (Vs), parámetro fundamental para la evaluación de la rigidez dinámica de los materiales, la clasificación sísmica del sitio y la determinación de parámetros geotécnicos de diseño.

El programa de exploración indirecta contempló la ejecución de 7 líneas geofísicas, distribuidas estratégicamente a lo largo del corredor en sectores representativos de las condiciones geológicas y geotécnicas identificadas durante la etapa de reconocimiento y exploración directa. La longitud y disposición de cada línea fueron definidas de acuerdo con las características del terreno y los objetivos específicos de la investigación.

Los resultados obtenidos mediante la interpretación conjunta de los métodos TRS y MASW fueron correlacionados con la información proveniente de los sondeos, ensayos de campo y resultados de laboratorio, permitiendo mejorar el modelo geotécnico del subsuelo y reducir la incertidumbre en la caracterización de las unidades presentes a lo largo del corredor.

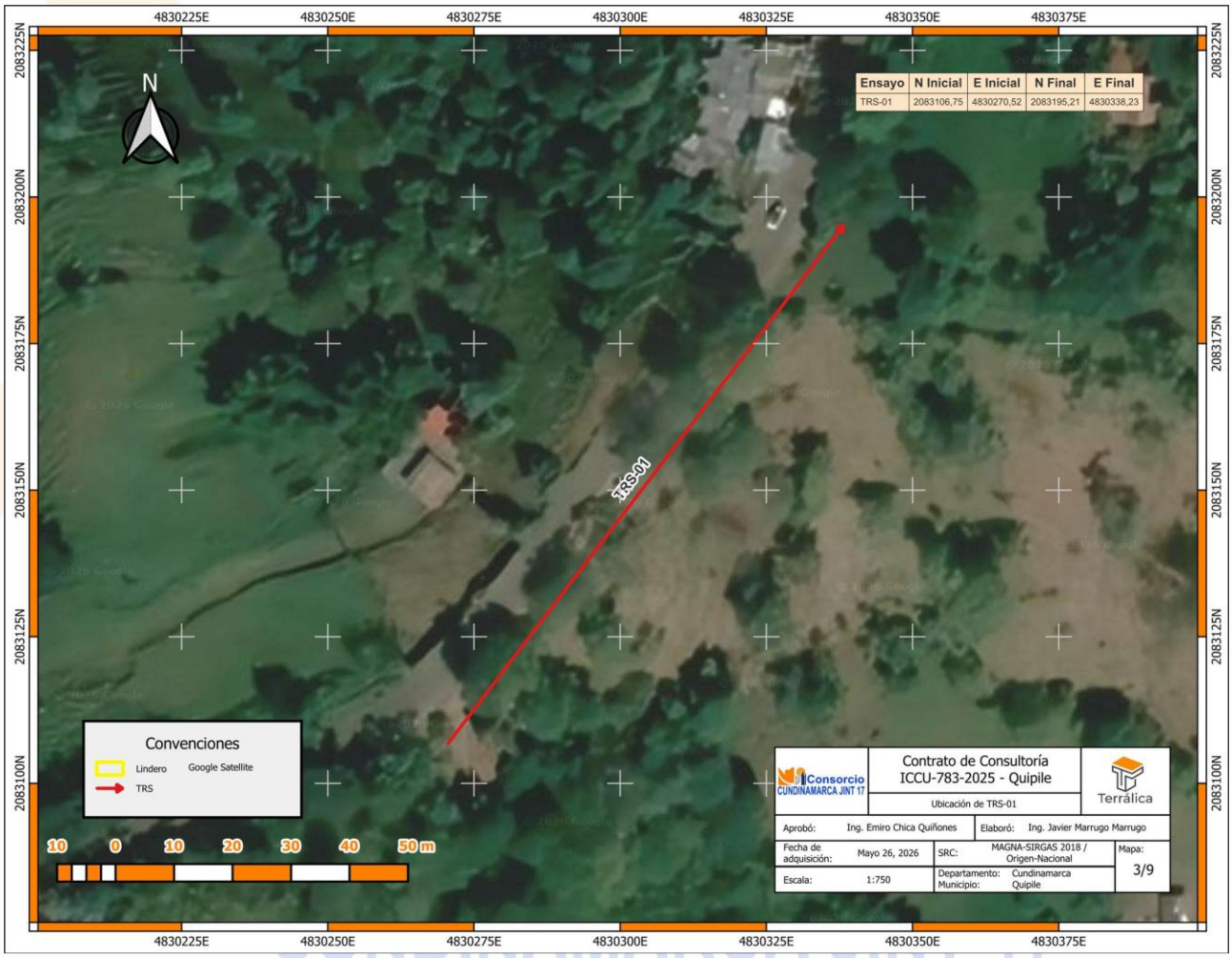
En la Ilustración 27 Localización de líneas geofísicas, se presenta la ubicación de las líneas de Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) y Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) ejecutadas durante el desarrollo del estudio.

Ilustración 27 Ubicación líneas sísmicas.



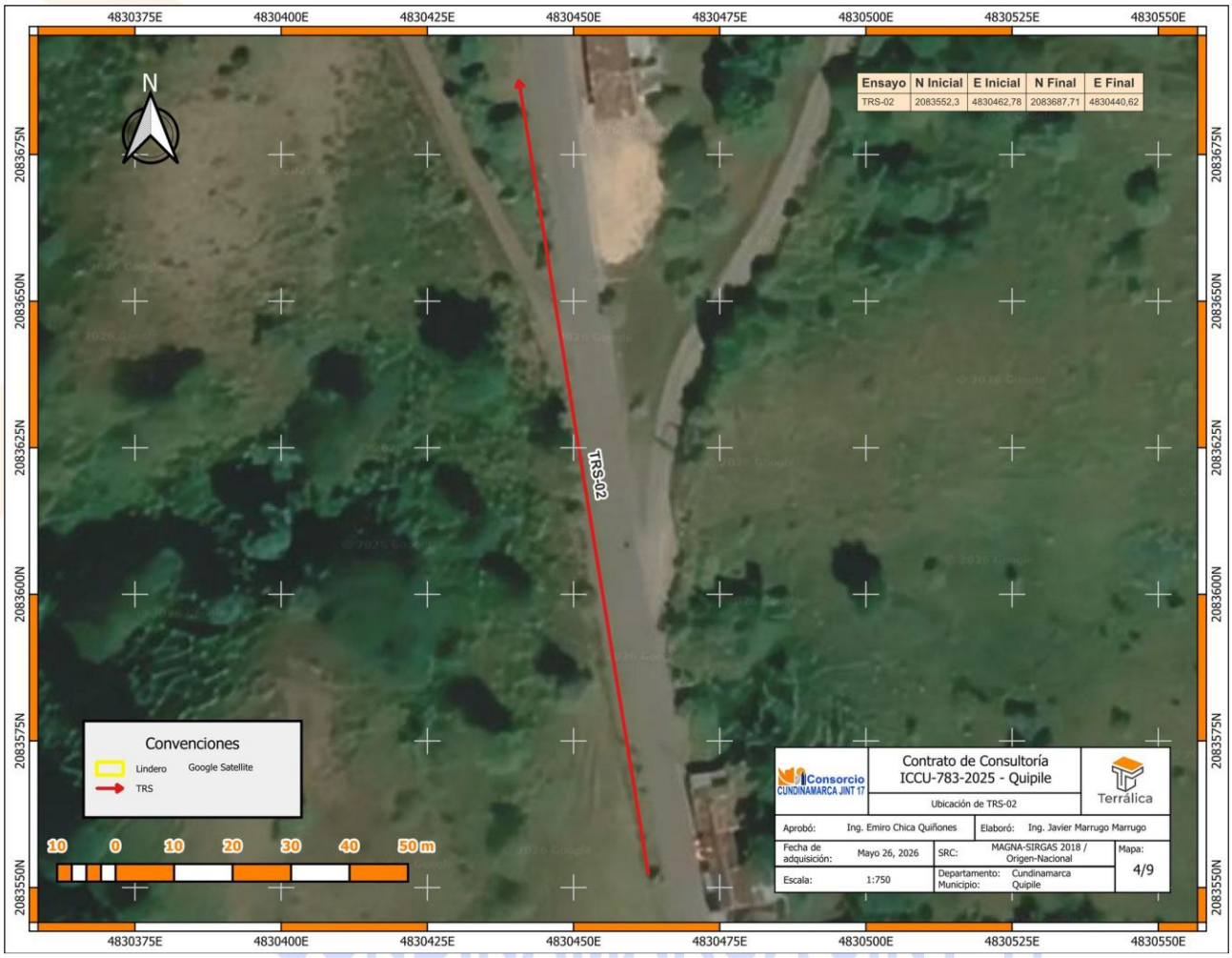
Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 28 Ubicación de TRS-01.



Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 29 Ubicación de TRS-02



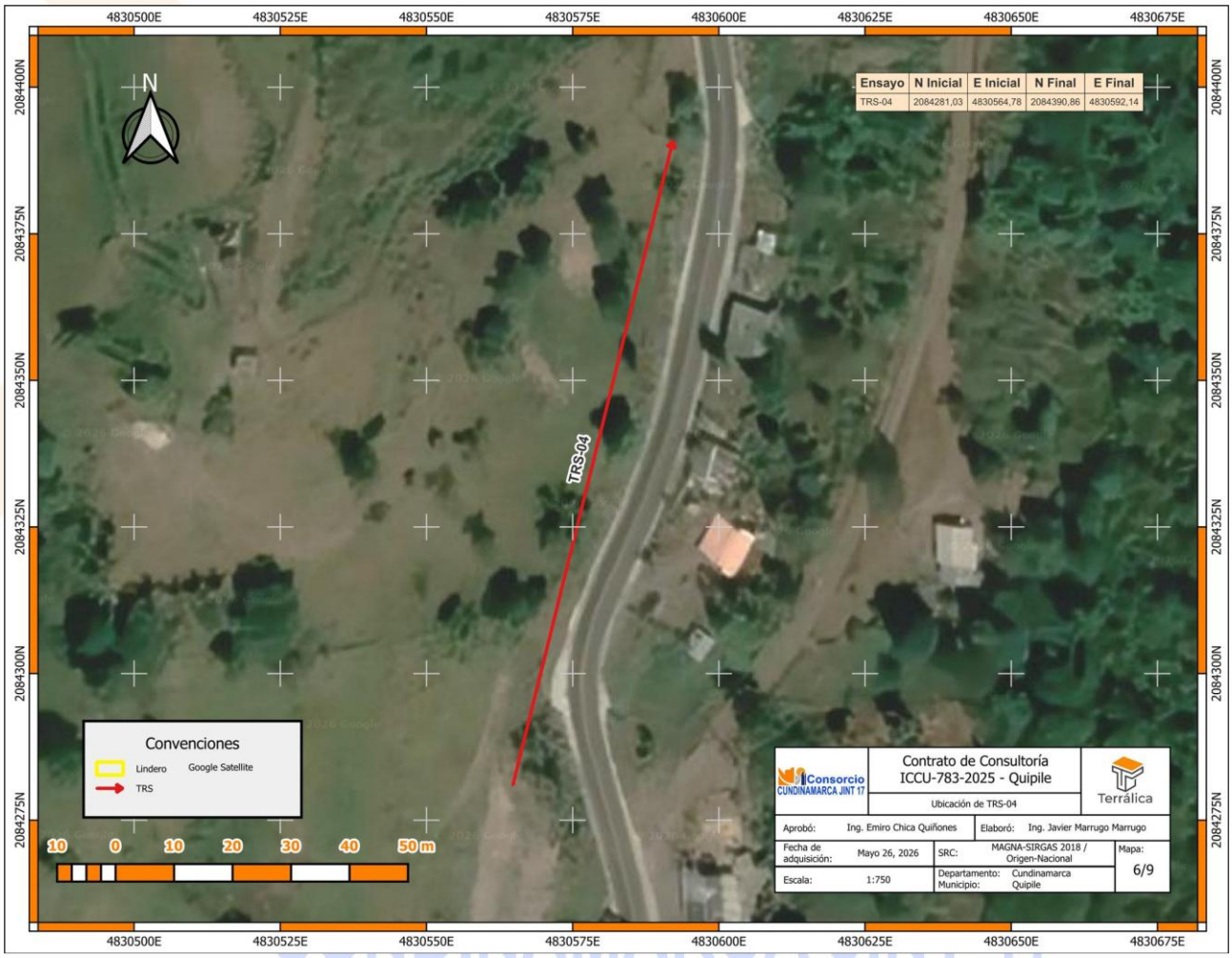
Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 30 Ubicación de TRS-03



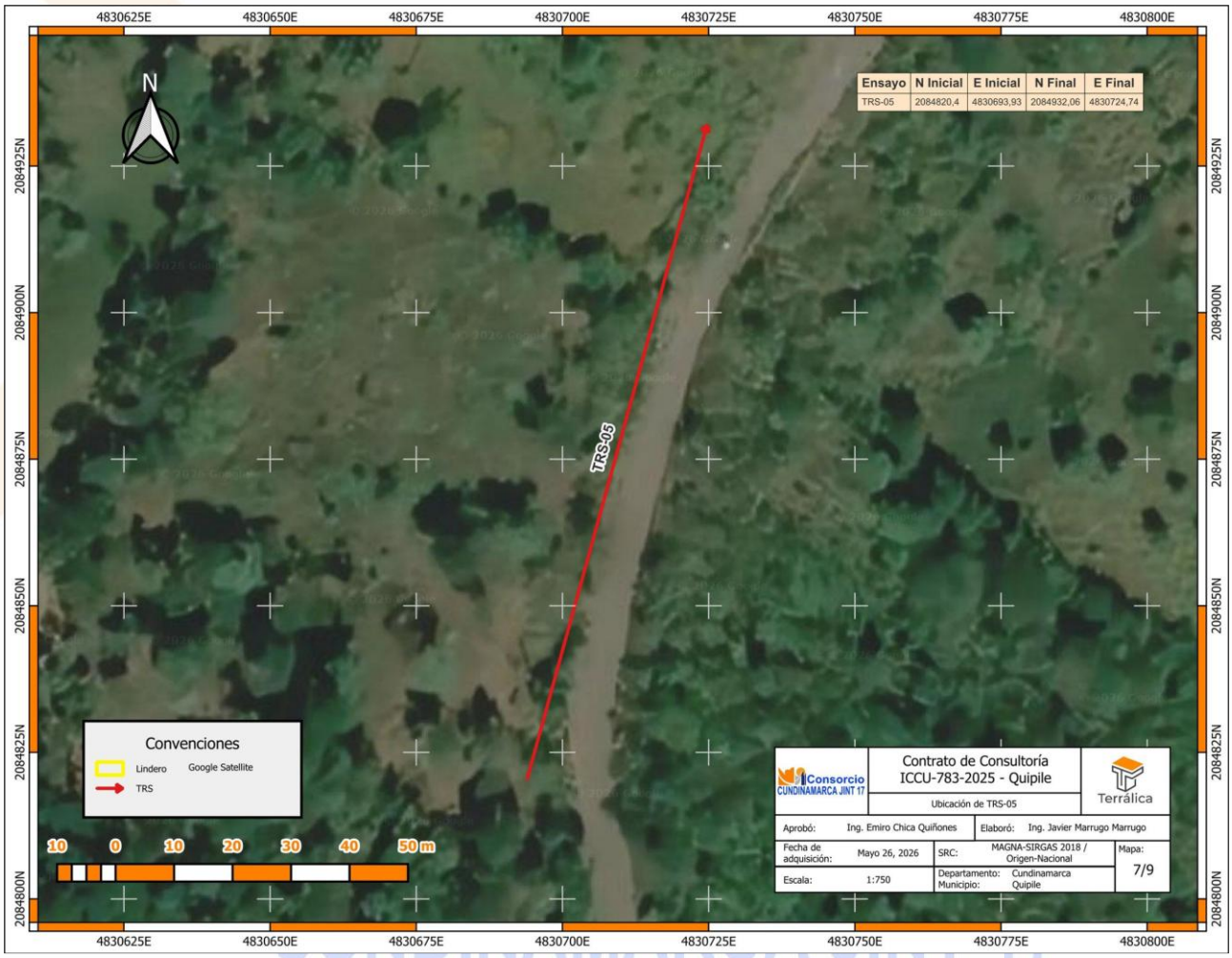
Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 31 Ubicación de TRS-04



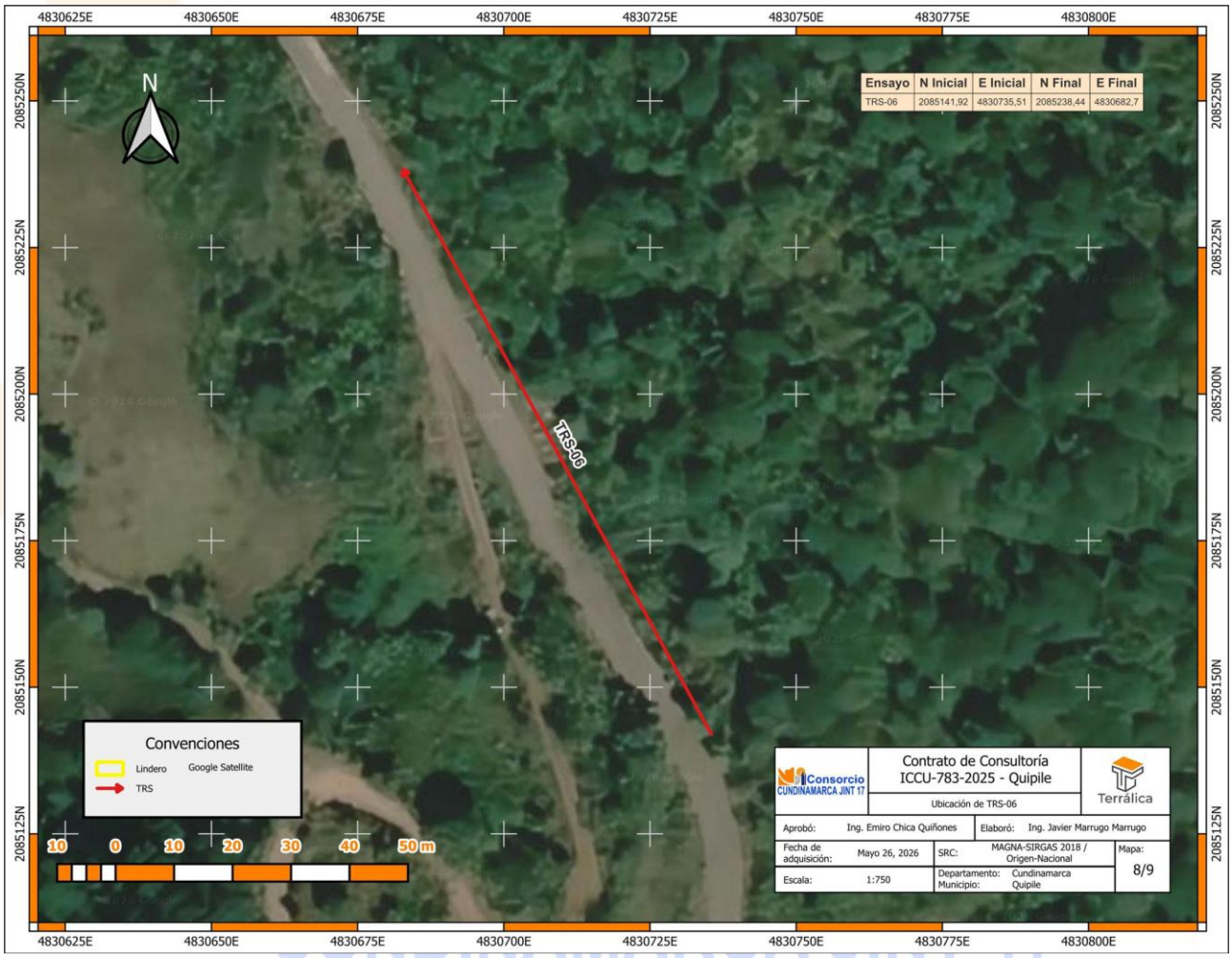
Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 32 Ubicación de TRS-05



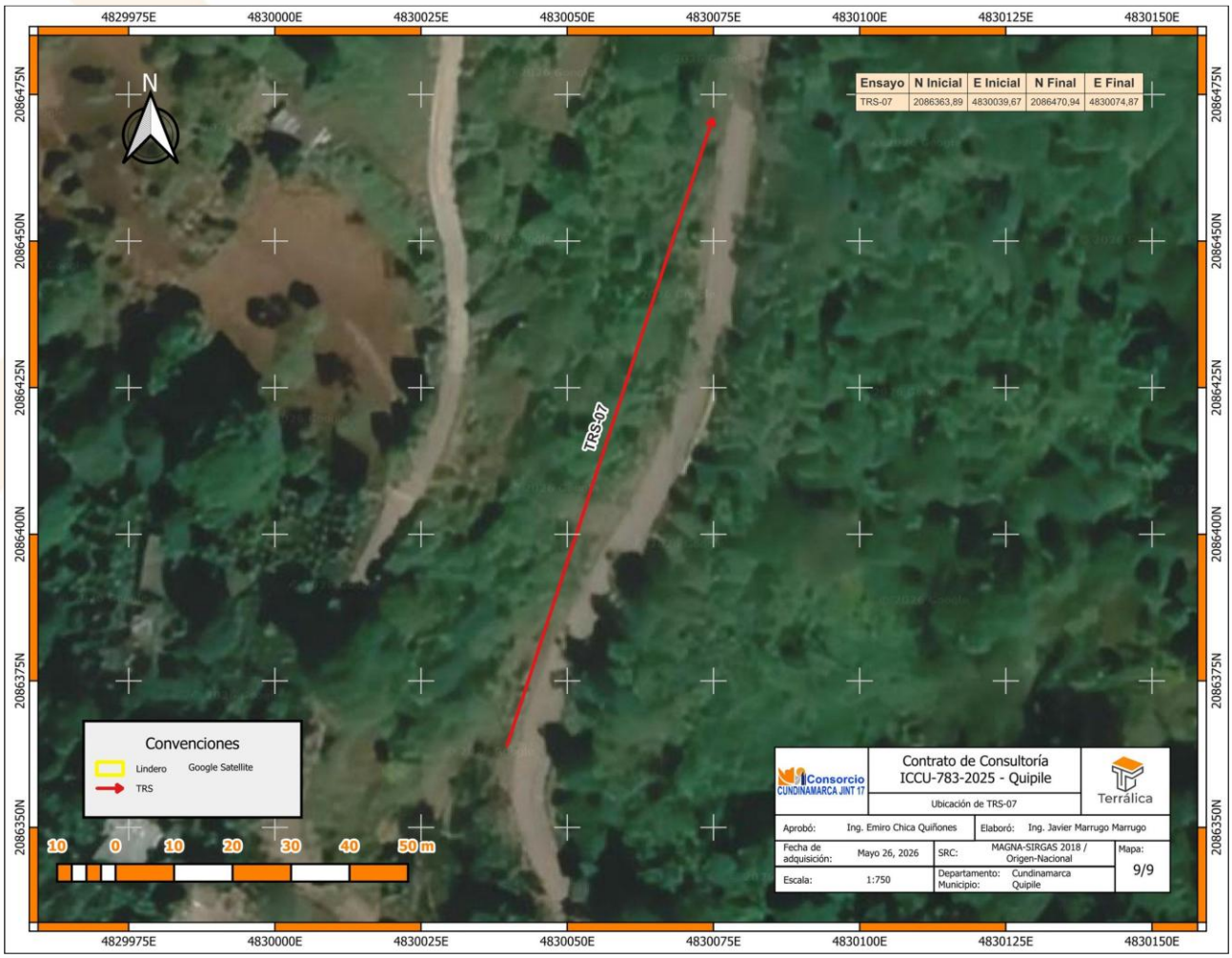
Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 33 Ubicación de TRS-06



Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 34 Ubicación de TRS-07



Fuente: Informe Final de Geofísica

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las líneas de exploración geofísica ejecutadas mediante los métodos de Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) y Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW). Para cada línea se incluyen los principales productos derivados del procesamiento e interpretación de la información adquirida en campo, tales como las curvas de dispersión, los perfiles de velocidad de onda de corte (Vs), la estimación de parámetros geomecánicos, la clasificación del terreno a partir del parámetro Vs30, los resultados del análisis HVSR, así como la correlación con los ensayos de penetración estándar (SPT) ejecutados en los sondeos cercanos. La integración de estos resultados permitió validar la caracterización estratigráfica del subsuelo, identificar las variaciones laterales de las propiedades mecánicas de los materiales y complementar la información obtenida mediante la exploración directa, proporcionando un modelo geotécnico más representativo del corredor objeto de estudio.

Ilustración 35 Resultados del procesamiento e interpretación de la línea MASW-01

Módulos Geotécnicos | Contrato Consultoria ICCU-783-2025, Quipile, Cundinamarca — MASW-07

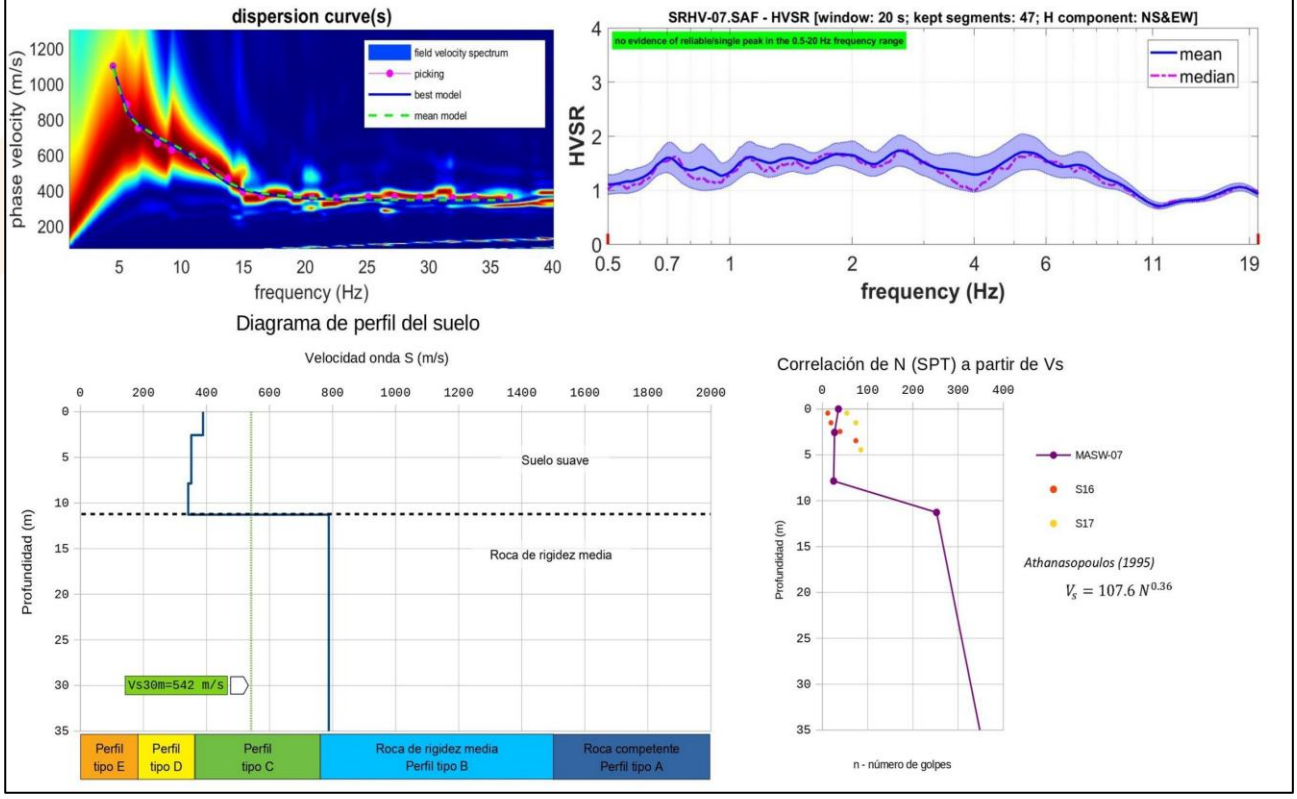
Elevación (msnm)	Profundidad (m)	Velocidad onda P (m/s)	Velocidad onda S (m/s)	Densidad (kg/m³)	N	Coeficiente Poisson	Módulo cortante (Mpa)	Módulo de Young (Mpa)	Módulo Bulk (Mpa)
0.0	0.0	810	389	2020	36	0.35	306	825	1,325
-2.6	2.6	582	352	1990	27	0.21	247	597	674
-7.9	7.9	671	342	1980	25	0.32	232	613	891
-11.3	11.3	1,870	788	2210	252	0.39	1,372	3,821	7,728
-35.1	35.1	1,610	885	2240	348	0.28	1,754	4,504	5,806
-57.6	57.6	2,465	1038	2290	543	0.39	2,467	6,870	13,915

Vs30m

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
1	2.6	2.6	389
2	7.9	5.3	352
3	11.3	3.4	342
4	30.0	18.7	788

Vs30m=542 m/s

Perfil suelo muy denso o roca blanda: tipo C



Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 36 Resultados del procesamiento e interpretación de la línea MASW-02

Módulos Geotécnicos | Contrato Consultoria ICCU-783-2025, Quipile, Cundinamarca — MASW-01

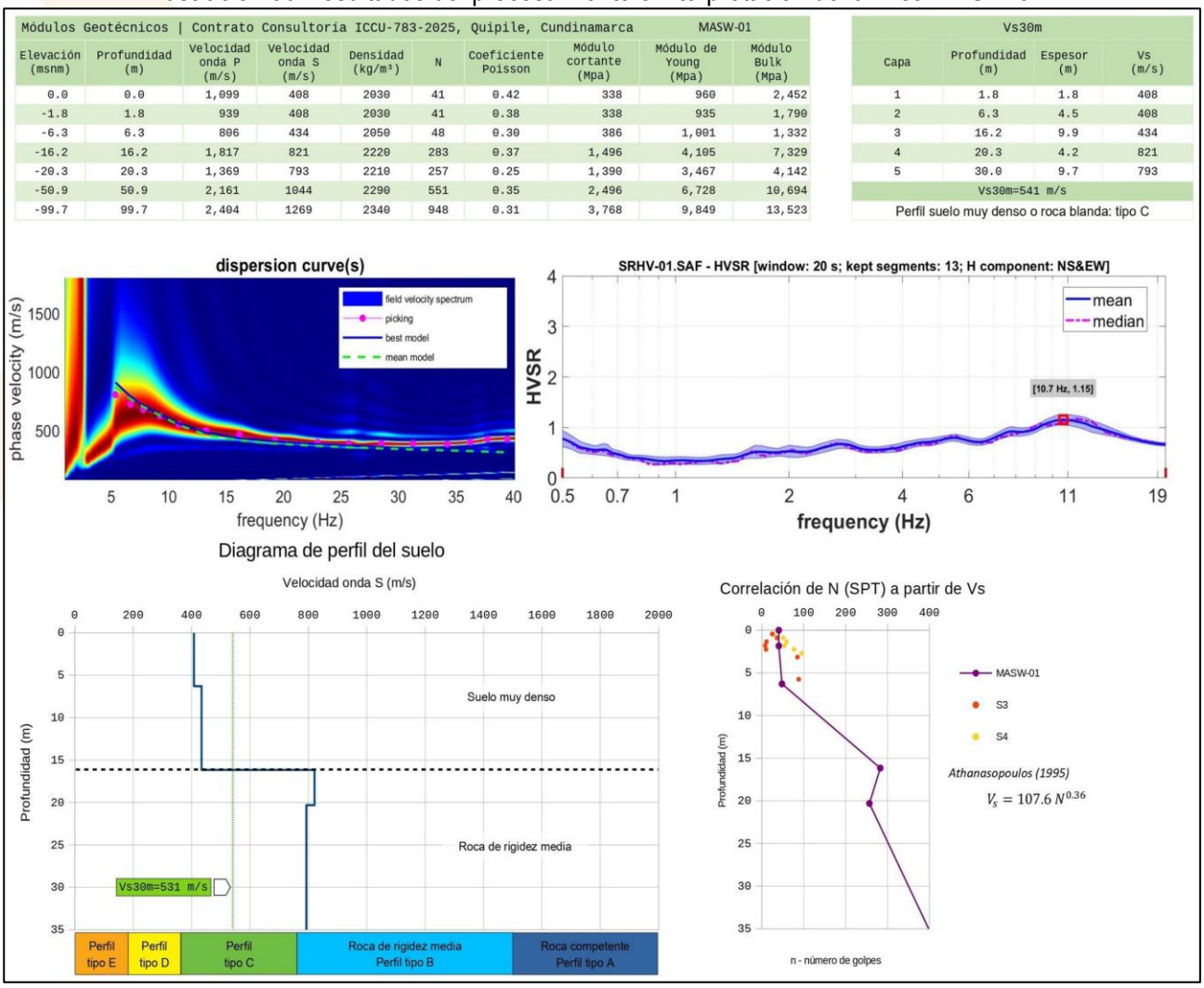
Elevación (msnm)	Profundidad (m)	Velocidad onda P (m/s)	Velocidad onda S (m/s)	Densidad (kg/m³)	N	Coeficiente Poisson	Módulo cortante (Mpa)	Módulo de Young (Mpa)	Módulo Bulk (Mpa)
0.0	0.0	1,099	408	2030	41	0.42	338	960	2,452
-1.8	1.8	939	408	2030	41	0.38	338	935	1,790
-6.3	6.3	806	434	2050	48	0.30	386	1,001	1,332
-16.2	16.2	1,817	821	2220	283	0.37	1,496	4,105	7,329
-20.3	20.3	1,369	793	2210	257	0.25	1,390	3,467	4,142
-50.9	50.9	2,161	1044	2290	551	0.35	2,496	6,728	10,694
-99.7	99.7	2,404	1269	2340	948	0.31	3,768	9,849	13,523

Vs30m

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
1	1.8	1.8	408
2	6.3	4.5	408
3	16.2	9.9	434
4	20.3	4.2	821
5	30.0	9.7	793

Vs30m=541 m/s

Perfil suelo muy denso o roca blanda: tipo C



Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 37 Resultados del procesamiento e interpretación de la línea MASW-03

Módulos Geotécnicos | Contrato Consultoría ICCU-783-2025, Quipile, Cundinamarca — MASW-02

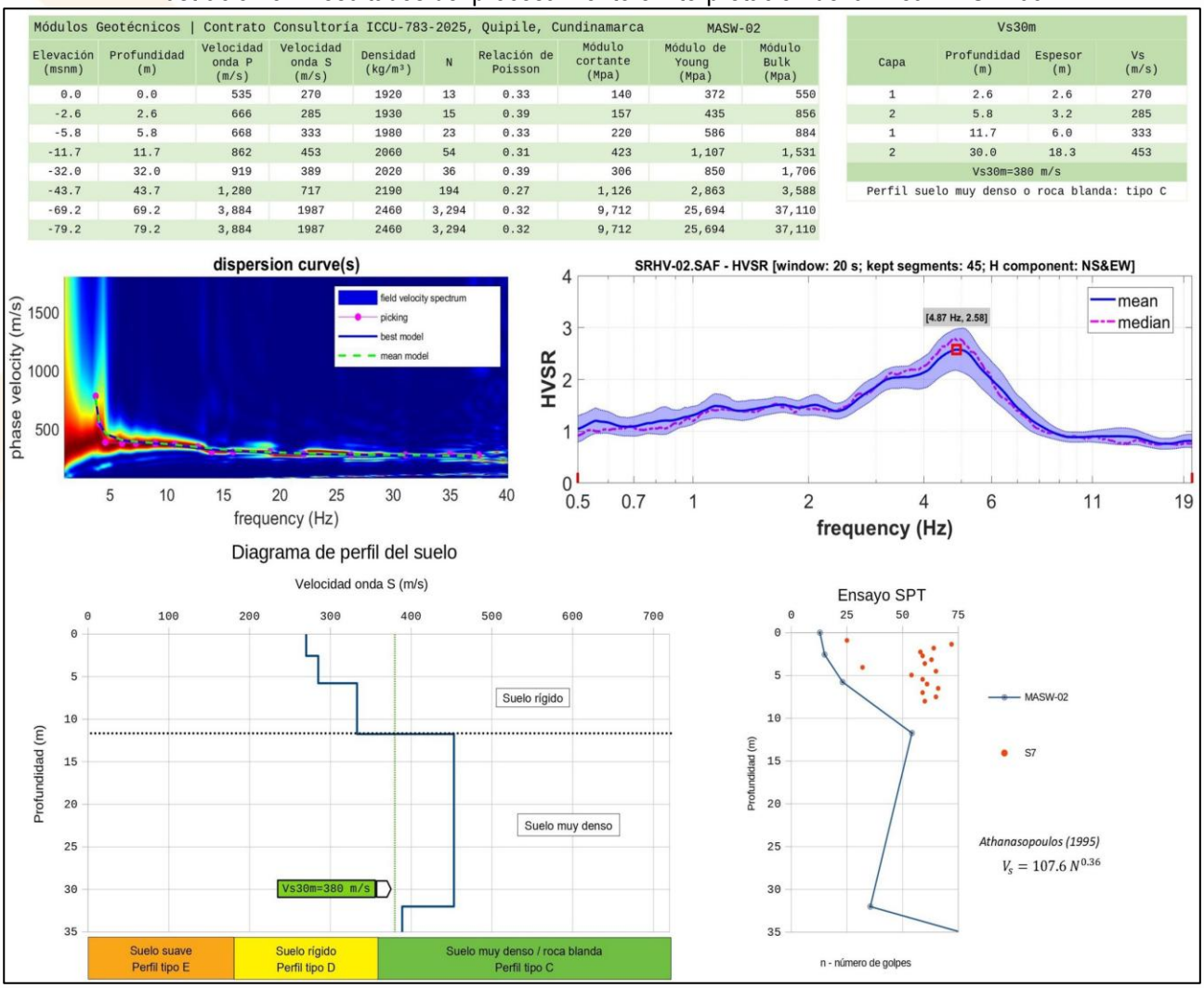
Elevación (msnm)	Profundidad (m)	Velocidad onda P (m/s)	Velocidad onda S (m/s)	Densidad (kg/m³)	N	Relación de Poisson	Módulo cortante (Mpa)	Módulo de Young (Mpa)	Módulo Bulk (Mpa)
0.0	0.0	535	270	1920	13	0.33	140	372	550
-2.6	2.6	666	285	1930	15	0.39	157	435	856
-5.8	5.8	668	333	1980	23	0.33	220	586	884
-11.7	11.7	862	453	2060	54	0.31	423	1,107	1,531
-32.0	32.0	919	389	2020	36	0.39	306	850	1,706
-43.7	43.7	1,280	717	2190	194	0.27	1,126	2,863	3,588
-69.2	69.2	3,884	1987	2460	3,294	0.32	9,712	25,694	37,110
-79.2	79.2	3,884	1987	2460	3,294	0.32	9,712	25,694	37,110

Vs30m

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
1	2.6	2.6	270
2	5.8	3.2	285
1	11.7	6.0	333
2	30.0	18.3	453

Vs30m=380 m/s

Perfil suelo muy denso o roca blanda: tipo C



Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 38 Resultados del procesamiento e interpretación de la línea MASW-04

Módulos Geotécnicos | Contrato Consultoría ICCU-783-2025, Quipile, Cundinamarca — MASW-03

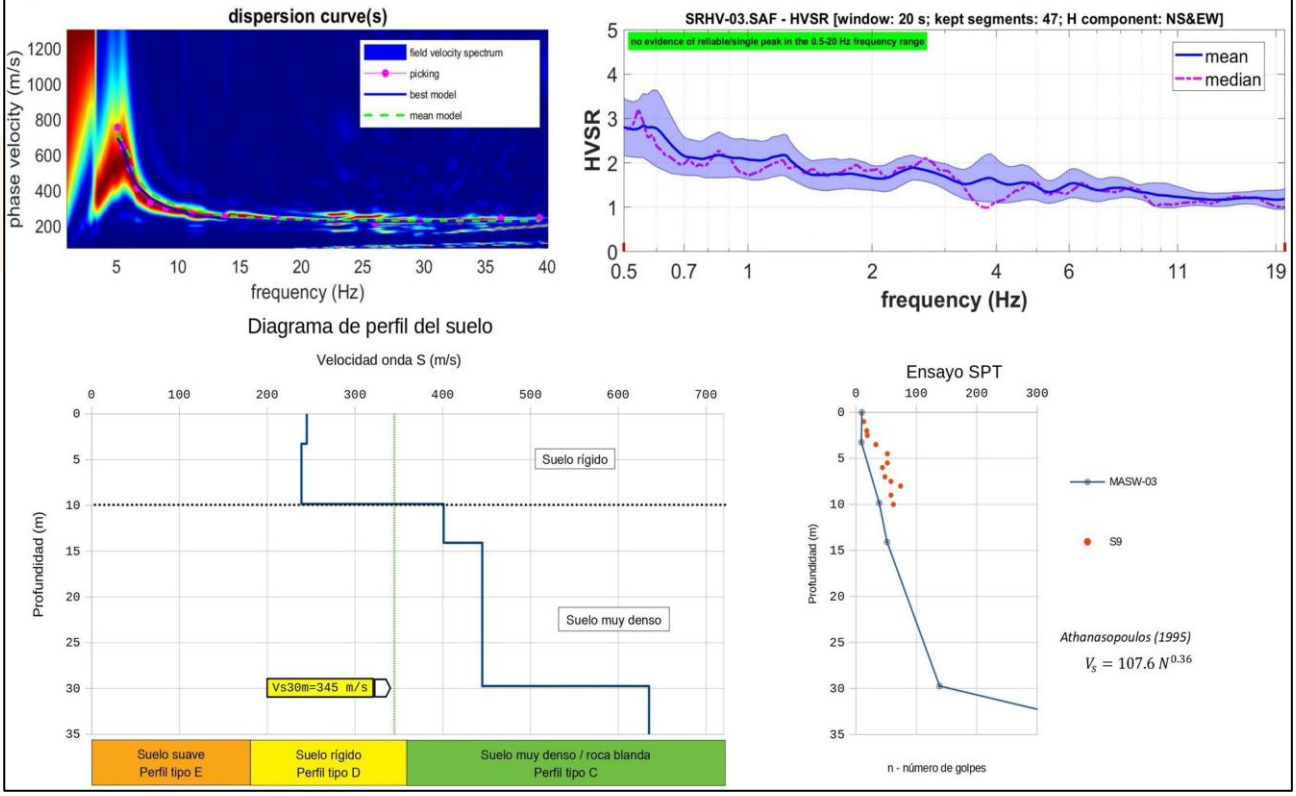
Elevación (msnm)	Profundidad (m)	Velocidad onda P (m/s)	Velocidad onda S (m/s)	Densidad (kg/m³)	N	Relación de Poisson	Módulo cortante (Mpa)	Módulo de Young (Mpa)	Módulo Bulk (Mpa)
0.0	0.0	401	245	1890	10	0.20	113	273	304
-3.3	3.3	429	239	1890	9	0.27	108	275	348
-9.8	9.8	1,274	401	2030	39	0.45	326	943	3,295
-14.1	14.1	938	445	2060	52	0.35	408	1,105	1,812
-29.7	29.7	1,278	635	2150	139	0.34	867	2,317	3,512
-35.1	35.1	2,239	994	2270	481	0.38	2,243	6,178	11,380
-55.8	55.8	3,920	2361	2510	5,318	0.22	13,992	34,010	38,570
-65.8	65.8	3,920	2361	2510	5,318	0.22	13,992	34,010	38,570

Vs30m

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
1	3.3	3.3	245
2	9.8	6.6	239
1	14.1	4.2	401
2	29.7	15.7	445
1	30.0	0.3	635

Vs30m=345 m/s

Perfil suelo rígido: tipo D



Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 39 Resultados del procesamiento e interpretación de la línea MASW-05

Módulos Geotécnicos | Contrato Consultoría ICCU-783-2025, Quipile, Cundinamarca — MASW-04

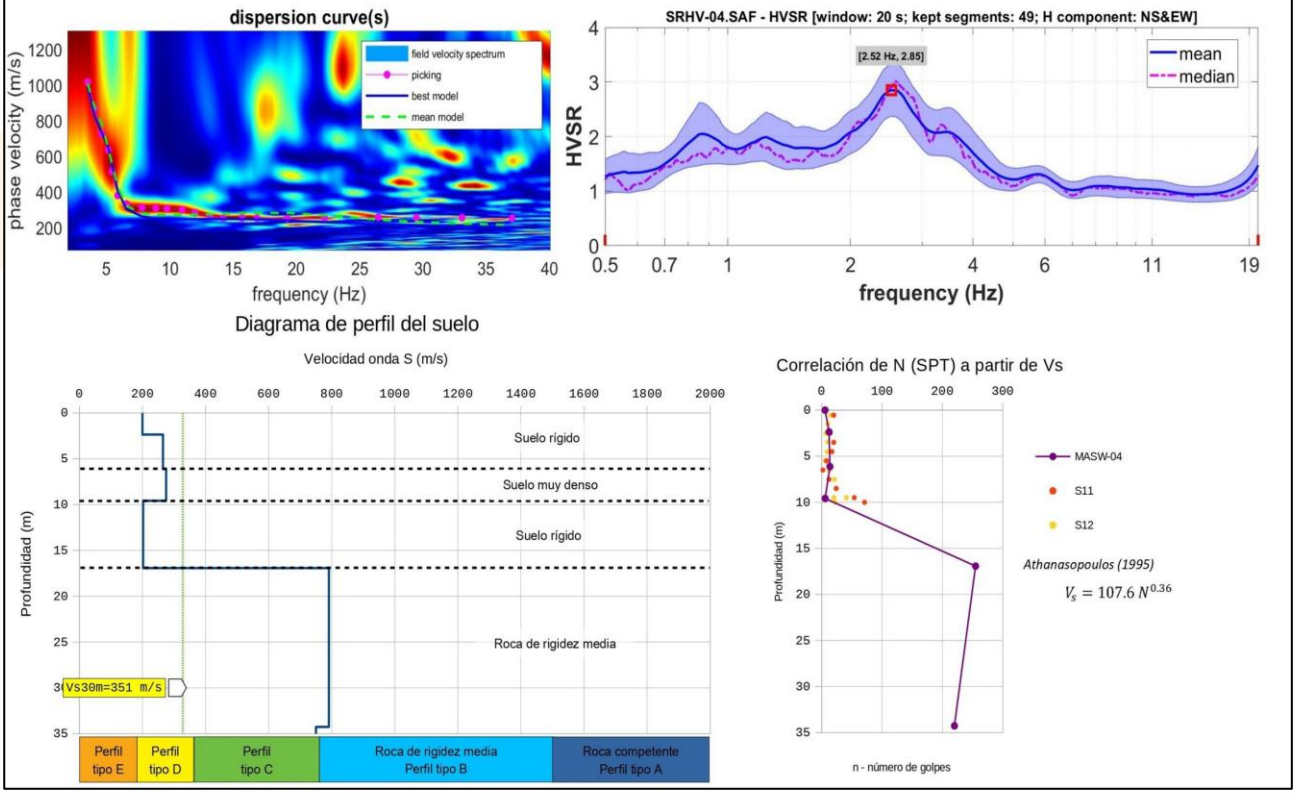
Elevación (msnm)	Profundidad (m)	Velocidad onda P (m/s)	Velocidad onda S (m/s)	Densidad (kg/m³)	N	Coeficiente Poisson	Módulo cortante (Mpa)	Módulo de Young (Mpa)	Módulo Bulk (Mpa)
0.0	0.0	466	200	1840	6	0.39	74	204	400
-2.4	2.4	659	265	1910	12	0.40	134	377	829
-6.1	6.1	745	275	2100	14	0.42	159	451	1,166
-9.6	9.6	428	202	1840	6	0.36	75	204	337
-16.9	16.9	1,976	791	2210	255	0.40	1,383	3,884	8,629
-34.3	34.3	1,373	750	2200	220	0.29	1,238	3,186	4,147

Vs30m

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
1	2.4	2.4	200
2	6.1	3.8	265
3	9.6	3.5	275
4	16.9	7.4	202
5	30.0	13.1	791

Vs30m=328 m/s

Perfil suelo rígido: tipo D



Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 40 Resultados del procesamiento e interpretación de la línea MASW-06

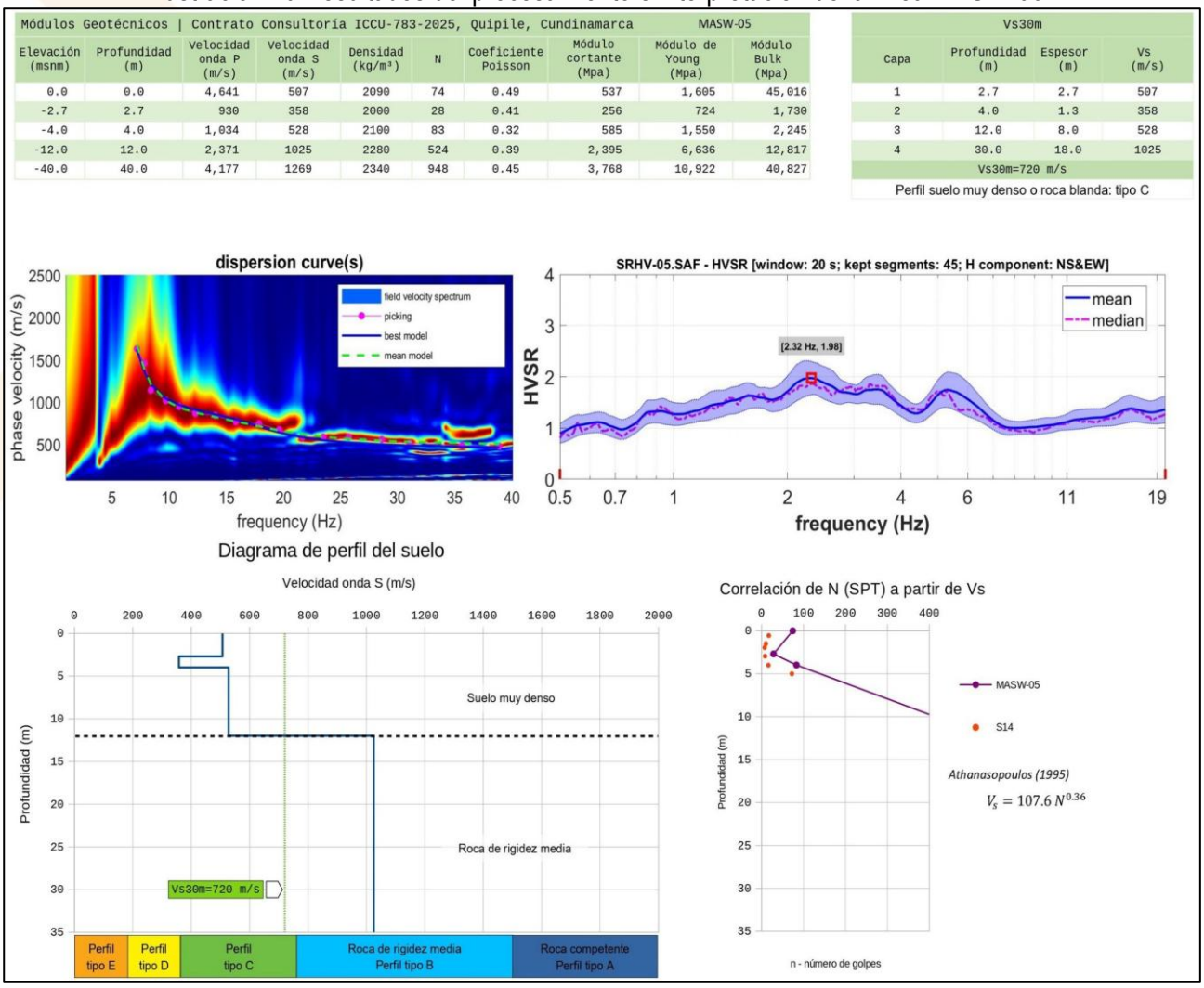
Módulos Geotécnicos | Contrato Consultoria ICCU-783-2025, Quipile, Cundinamarca — MASW-05

Elevación (msnm)	Profundidad (m)	Velocidad onda P (m/s)	Velocidad onda S (m/s)	Densidad (kg/m³)	N	Coeficiente Poisson	Módulo cortante (Mpa)	Módulo de Young (Mpa)	Módulo Bulk (Mpa)
0.0	0.0	4,641	507	2090	74	0.49	537	1,605	45,016
-2.7	2.7	930	358	2000	28	0.41	256	724	1,730
-4.0	4.0	1,034	528	2100	83	0.32	585	1,550	2,245
-12.0	12.0	2,371	1025	2280	524	0.39	2,395	6,636	12,817
-40.0	40.0	4,177	1269	2340	948	0.45	3,768	10,922	40,827

Vs30m

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
1	2.7	2.7	507
2	4.0	1.3	358
3	12.0	8.0	528
4	30.0	18.0	1025
Vs30m=720 m/s			

Perfil suelo muy denso o roca blanda: tipo C



Fuente: Informe Final de Geofísica

Ilustración 41 Resultados del procesamiento e interpretación de la línea MASW-07

Módulos Geotécnicos | Contrato Consultoría ICCU-783-2025, Quipile, Cundinamarca — MASW-06

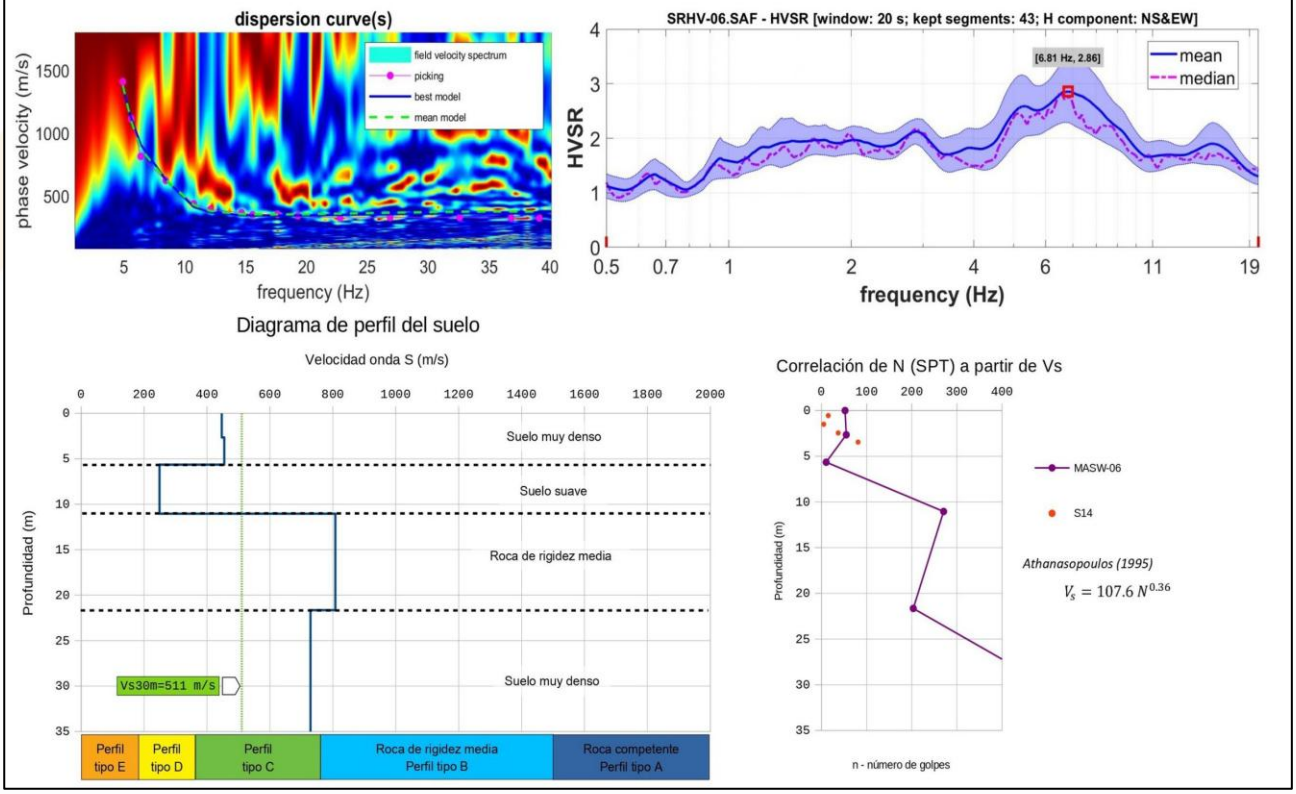
Elevación (msnm)	Profundidad (m)	Velocidad onda P (m/s)	Velocidad onda S (m/s)	Densidad (kg/m³)	N	Coeficiente Poisson	Módulo cortante (Mpa)	Módulo de Young (Mpa)	Módulo Bulk (Mpa)
0.0	0.0	928	447	2060	52	0.35	412	1,110	1,774
-2.7	2.7	832	455	2060	55	0.29	426	1,097	1,426
-5.7	5.7	477	249	1900	10	0.31	118	309	432
-11.0	11.0	1,533	808	2220	271	0.31	1,449	3,791	5,217
-21.7	21.7	1,365	729	2190	203	0.30	1,164	3,027	4,080
-38.4	38.4	2,614	1192	2320	797	0.37	3,296	9,024	15,853

Vs30m

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
1	2.7	2.7	447
2	5.7	3.0	455
3	11.0	5.4	249
4	21.7	10.6	808
5	30.0	8.4	729

Vs30m=511 m/s

Perfil suelo muy denso o roca blanda: tipo C



Fuente: Informe Final de Geofísica

El procesamiento conjunto de MASW y SRHV permitió obtener una solución robusta y coherente, reduciendo el efecto de no unicidad implícita en la inversión de datos geofísicos, reduciendo la incertidumbre de los resultados obtenidos.

De acuerdo con el modelo de velocidades obtenido, el valor de Vs30m en el sitio 1 es de 531 m/s. Se recomienda clasificar el sitio como Perfil del Suelo Tipo C. La frecuencia fundamental del sitio es 10.70 Hz (T0 = 0.093 s).

De acuerdo con el modelo de velocidades obtenido, el valor de Vs30m en el sitio 2 es de 380 m/s. Se recomienda clasificar el sitio como Perfil del Suelo Tipo C. La frecuencia fundamental del sitio es 4.87 Hz (T0 = 0.205 s).

De acuerdo con el modelo de velocidades obtenido, el valor de Vs30m en el sitio 3 es de 345 m/s. Se recomienda clasificar el sitio como Perfil del Suelo Tipo D. La frecuencia fundamental del sitio no pudo ser determinada ya que la curva SRHV es plana, asociada a un suelo rígido.

De acuerdo con el modelo de velocidades obtenido, el valor de Vs30m en el sitio 4 es de 351 m/s. Se recomienda clasificar el sitio como Perfil del Suelo Tipo D. La frecuencia fundamental del sitio es 2.52 Hz (T0 = 0.397 s).

De acuerdo con el modelo de velocidades obtenido, el valor de Vs30m en el sitio 5 es de 720 m/s. Se recomienda clasificar el sitio como Perfil del Suelo Tipo C. La frecuencia fundamental del sitio es 2.32 Hz (T0 = 0.431 s).

De acuerdo con el modelo de velocidades obtenido, el valor de Vs30m en el sitio 6 es de 511 m/s. Se recomienda clasificar el sitio como Perfil del Suelo Tipo C. La frecuencia fundamental del sitio es 6.81 Hz (T0 = 0.147 s).

De acuerdo con el modelo de velocidades obtenido, el valor de Vs30m en el sitio 7 es de 542 m/s. Se recomienda clasificar el sitio como Perfil del Suelo Tipo C. La frecuencia fundamental del sitio no pudo ser determinada ya que la curva SRHV es plana, asociada a un suelo rígido.

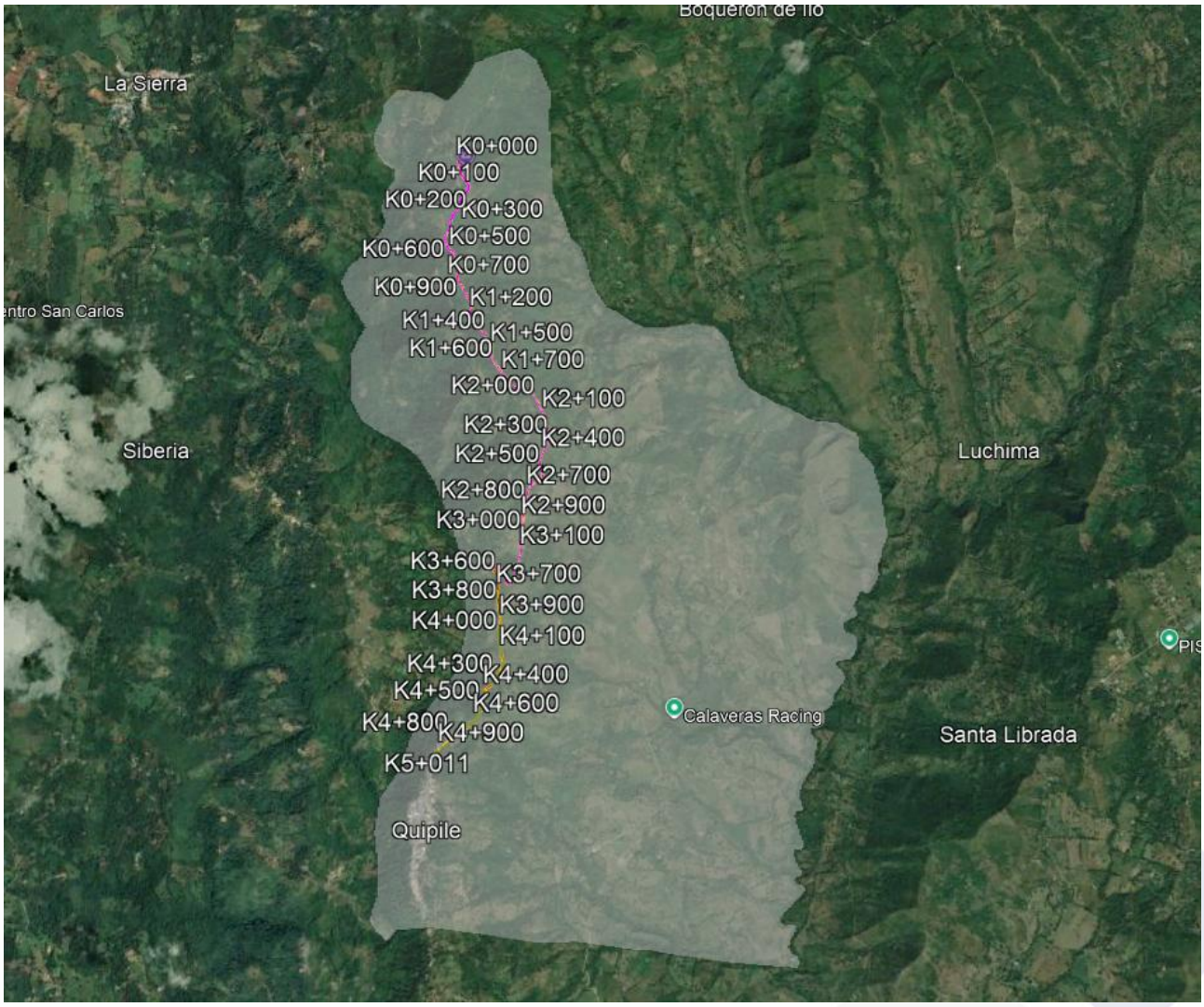
8. DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO

8.1 CORREDOR GEOTÉCNICO

El Corredor Geotécnico para el tramo Tabacal – Quipile se realizó con base en el Artículo 2 de la Resolución 2024304018375 del 30 de abril de 2024, emitida por el Ministerio de Transporte, la cual indica que "…el Corredor Geotécnico corresponde al área de referencia, en el territorio por donde discurre el corredor vial, que debe ser incorporada en el proceso de conocimiento del riesgo de un proyecto, y físicamente corresponde a la expansión de una ladera que alberga un tramo de carretera por encima y por debajo del nivel de la calzada, desde la divisoria superior, cota más alta, hasta la cota más baja, que por lo general corresponde a una zona plana al fondo de un río u otro curso natural de agua…".

Con base en estos criterios se definió el siguiente Corredor Geotécnico para el tramo Tabacal – Quipile:

Ilustración 42 Corredor Geotécnico para el tramo Tabacal - Quipille



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth (SGC-UPTC, 2018)

El área total del Corredor Geotécnico es de 13.1 km2.

8.2 DIAGNÓSTICO DEL CORREDOR

Según la visita de campo y reconocimiento al proyecto denominado: **"ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA DESDE EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SUPATÁ AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE PACHO, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA"**, se presentan los resultados de una visita

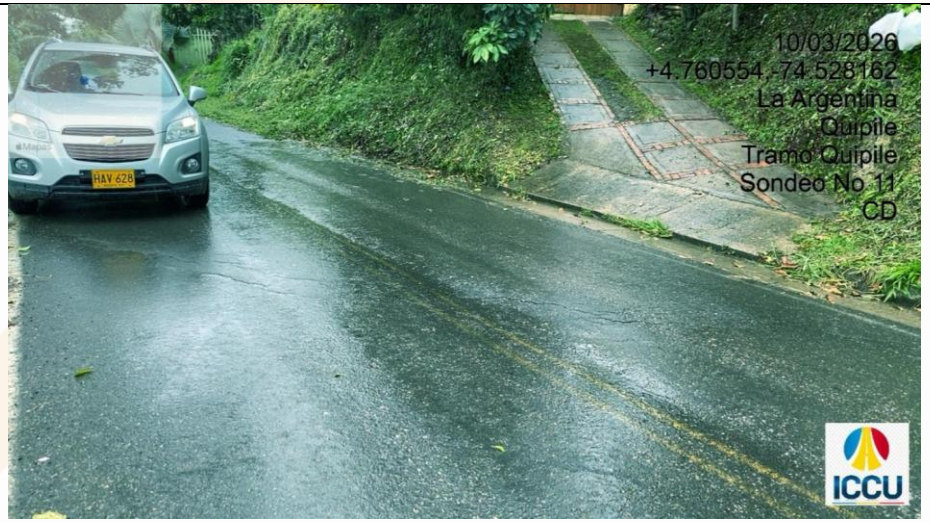
El propósito de la visita fue la identificación de sitios críticos y reconocimiento geotécnico en cada sector, estableciendo parámetros que se deberá tener en cuenta para el desarrollo de los trabajos en campo: Ubicación del punto, tipo de falla, longitud de afectación, factores incidentes, tipo de materiales, geología, geomorfología, métodos de exploración previa, cantidad y profundidad de perforaciones, ensayos de laboratorio, alternativas de solución, recomendación de posibles obras y consecuencias del no desarrollo de las obras de ingeniería requeridas en tramo vial.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC1 (S-16)		K0+550 – K0+640	Talud Interno Deslizamientos Traslacionales de suelos residuales a lo largo del contacto con la roca.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC2 (S-15)		K2+120 – K2+130	Talud Externo Pérdida de Banca por Deslizamiento Traslacional de suelos residuales a lo largo del contacto con la roca.
SC3 (S-14)		K2+490 – K2+520	Talud Externo Hundimiento en Medialuna en el Carril Externo por Cabeceo del Muro de Contención existente. El muro se encuentra facturado

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC4 (S-13)		K2+770 – K2+780	Talud Externo Pérdida de Banca por Deslizamiento Traslacional de suelos residuales a lo largo del contacto con la roca. Sector sin Muro existente.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC5 (S-12)		K2+930 – K3+060	Talud Interno Ladera superior altamente saturada con evidencias de desplazamiento lateral y de empujes contra la estructura del pavimento. Hundimientos locales por desconfinamiento en la pata del talud superior.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC6 (S-11)		K3+100 – K3+120	Talud Externo Hundimiento en Medialuna en el Carril Externo por remoción del talud inferior.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC7 (S-10)		K3+310 – K3+330	Costado Izquierdo Piel de Cocodrilo en el pavimento por falta de confinamiento y de obras de drenaje en la vía.
SC8 (S-9)		K3+570 - K3+620	Costado Derecho Piel de Cocodrilo en el pavimento por desplazamiento lateral de la banca de la vía.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC9 (S-8)		K3+840 – K3+860	Talud Externo Hundimiento en Medialuna en el Carril Externo por desplazamiento lateral de la banca de la vía.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC10 (S-4)		K4+540 - K4+580	Talud Externo Costado Derecho Hundimiento en Medialuna en el Carril Externo por desplazamiento lateral de la banca de la vía.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC11 (S-3)		K4+650 – K4+720	Talud Externo Costado Derecho Hundimiento en Medialuna en el Carril Externo por desplazamiento lateral del descole de la alcantarilla existente.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
SC12 (S-2)	 	K4+750 – K4+900	Taludes Interno y Externo Sector afectado localmente por grietas longitudinales por desplazamiento lateral del muro del costado izquierdo al inicio del tramo, hundimientos de banca por falta de muros de confinamiento en dos sitios del talud externo, y hundimientos escalonados y talud superior erosionado en la parte alta del tramo.

SITIO CRÍTICO (SONDEO)	IMAGEN	ABSCISA	DESCRIPCIÓN
S13 (S-1)		K4+900 - K4+950	Talud Externo Desplazamiento lateral de la banca a causa de la retracción impuesta por la vegetación sembrada en la corona del talud inferior a la vía; la carpeta asfáltica fue retirada.

8.3 ENSAYOS DE CAMPO

Se realizaron pruebas de Resistencia a la Penetración Estándar (SPT) en los materiales existentes por encima del basamento rocoso, y siempre que los tamaños de partícula lo permitieron.

Los resultados muestran resistencias variables que pueden incrementar, disminuir o mantenerse con la profundidad.

Los resultados para cada sondeo se presentan en el capítulo 8.7 PARÁMETROS DE DEFORMACIÓN.

8.4 NIVEL FREÁTICO

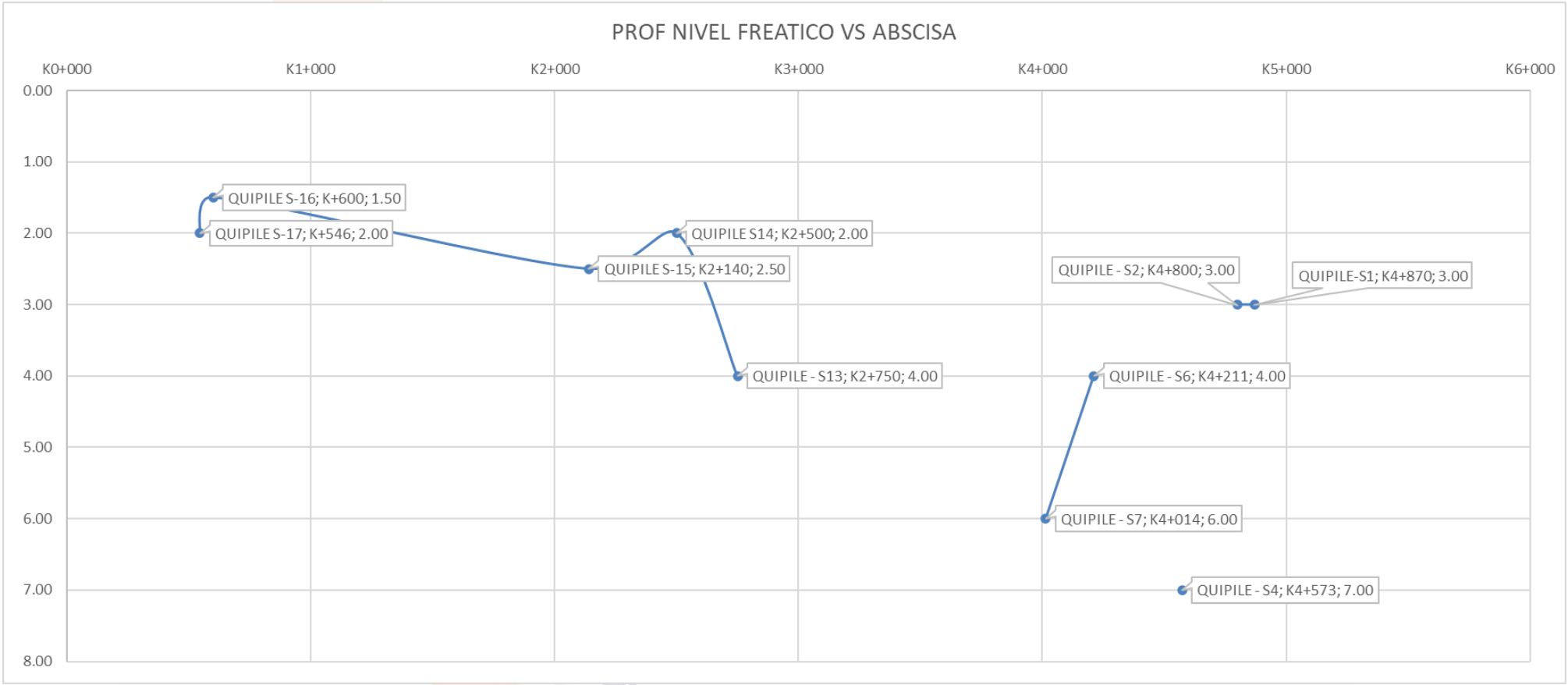
Con el fin de evaluar las condiciones hidrogeológicas del corredor vial objeto de estudio, se realizó el registro del nivel freático durante la ejecución de los sondeos geotécnicos distribuidos a lo largo del eje del proyecto. La medición del nivel de agua se efectuó durante las actividades de perforación, permitiendo identificar la profundidad a la cual se intercepta el agua subterránea en los diferentes puntos investigados. La Figura correspondiente presenta la variación de la profundidad del nivel freático en función del abscisado del eje vial, lo que permite reconocer tendencias espaciales en la presencia de agua subterránea y posibles sectores donde las condiciones hidráulicas del subsuelo pueden influir en el comportamiento geotécnico de los materiales que conforman la subrasante y las estructuras proyectadas.

Ilustración 43 Resultados nivel freático

SONDEO	ABSCISA	PROFUNDIDAD	RESULTADO
QUIPILE-S1	K4+870	10,00m	3.00
QUIPILE - S2	K4+800	10,00m	3.00
QUIPILE - S3	K4+680	10,00m	N.R.
QUIPILE - S4	K4+573	10,00m	7.00
QUIPILE - S5	K4+400	10,00m	N.R.
QUIPILE - S6	K4+211	10,00m	4.00
QUIPILE - S7	K4+014	10,00m	6.00
QUIPILE - S8	K3+832	10,00m	N.R.
QUIPILE - S9	K3+581	10,00m	N.R.
QUIPILE - S10	K3+300	10,00m	N.R.
QUIPILE -S11	K3+115	10,00m	N.R.
QUIPILE S-12	K2+943	10.00m	N.R.
QUIPILE - S13	K2+750	10,00m	4.00
QUIPILE S14	K2+500	10,00m	2.00
QUIPILE S-15	K2+140	10.00m	2.50
QUIPILE S-16	K+600	10,00m	1.50
QUIPILE S-17	K+546	10,00m	2.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 44 Prof nivel freático vs abscisa



Fuente: Elaboración propia

CUNDINAMARCA JINT 17

La variación del nivel freático a lo largo del eje del proyecto evidencia un comportamiento irregular, con profundidades que oscilan aproximadamente entre 1,5 m y 7,0 m. En los primeros tramos (K0+000 a K3+000), el nivel freático se presenta relativamente somero, entre 1,5 m y 2,5 m, con una leve tendencia a profundizarse. Sin embargo, hacia el sector central se observa un descenso más marcado, alcanzando valores cercanos a 4,0 m."

En los tramos posteriores (alrededor de K4+000 a K5+500), el nivel freático presenta una mayor variabilidad, con profundidades que van desde aproximadamente 3,0 m hasta 7,0 m, lo que sugiere condiciones hidrogeológicas más heterogéneas, posiblemente asociadas a cambios litológicos, grado de meteorización de la lutita o condiciones locales de drenaje.

8.5 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

De acuerdo con los materiales y las resistencias halladas en cada una de las perforaciones, es posible establecer para cada una de ellas el Perfil Estratigráfico de campo para el terreno.

A continuación, se presenta el perfil estratigráfico de los sondeos realizados.

Tabla 6 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-1

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE-S1	M1	0	0.45	Relleno de color habano
QUIPILE-S1	M2	0.45	0.9	Relleno y limolita de color negro
QUIPILE-S1	M3	1.55	2	Limolita de color negro
QUIPILE-S1	M4	2	2.45	Limolita de color negro
QUIPILE-S1	M5	2.45	2.9	Limolita de color negro
QUIPILE-S1	M6	2.9	3.35	Limolita de color negro
QUIPILE-S1	M7	3.35	3.8	Arcilla limosa color negro
QUIPILE-S1	M8	3.8	4.25	Arcilla limosa color negro
QUIPILE-S1	M9	4.25	4.65	Arcilla limosa color negro
QUIPILE-S1	M10	4.65	5.5	Lutita color negro
QUIPILE-S1	M11	5.5	6.5	Lutita color negro
QUIPILE-S1	M12	6.5	7.5	Lutita color negro
QUIPILE-S1	M13	7.5	8	No recupera muestra
QUIPILE-S1	M13	8	9	Se toma muestra por lavado no recupera lutita meteorizada se toma SPT, pero no penetra
QUIPILE-S1	M14	9	10	Se toma muestra por lavado porque no recupera lutita meteorizada color negro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-2

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S2	M1	0	0.45	Material de relleno y arcilla de color gris
QUIPILE - S2	M2	0.45	0.9	Arcilla limosa color gris
QUIPILE - S2	M3	0.9	1.35	Limolita de color gris oscuro
QUIPILE - S2	M4	1.35	1.8	Lulita de color gris oscuro
QUIPILE - S2	M5	1.8	3	Lulita meteorizada color negro
QUIPILE - S2	M6	3	4	Lulita meteorizada color negro
QUIPILE - S2	M7	4	5.5	Lulita meteorizada color negro
QUIPILE - S2	M8	5.5	7	Lulita de color negro meteorizada se toma muestra por lavado no recupera
QUIPILE - S2	M9	7	8	Lulita meteorizada color negro
QUIPILE - S2	M10	8	9	Lulita meteorizada color negro
QUIPILE - S2	M11	9	10	Lulita meteorizada color negro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-3

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S3	M1	0	0.45	Material de relleno con gravas medianas
QUIPILE - S3	M2	0.45	0.9	Material de relleno color habano
QUIPILE - S3	M3	0.9	1.35	Material de relleno habano
QUIPILE - S3	M4	1.35	1.8	Relleno de color habano y café
QUIPILE - S3	M5	1.8	2.25	Relleno de color y café
QUIPILE - S3	M-	2.25	2.7	No recupera muestra
QUIPILE - S3	M6	2.7	3.15	Material de relleno café oscuro con gravas gruesas
QUIPILE - S3	M7	3.15	4.5	Bloque de concreto
QUIPILE - S3	M8	4.5	5.3	Bloque de concreto
QUIPILE - S3	M9	5.3	5.75	Arcilla de color gris con gravas y lutita color gris
QUIPILE - S3	M10	5.75	7	Arcilla color gris oscuro y cambia por lutita meteorizada
QUIPILE - S3	M11	7	8.5	Lutita meteorizada color gris oscuro
QUIPILE - S3	M12	8.5	10	Lutita meteorizada color negro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-4

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S4	M1	0	0.45	Material de relleno
QUIPILE - S4	M2	0.45	0.9	Arcilla limosa gris oscuro
QUIPILE - S4	M3	0.9	1.35	Arcilla limosa gris oscuro
QUIPILE - S4	M4	1.35	1.8	Arcilla limosa gris oscuro
QUIPILE - S4	M5	1.8	2.25	Arcilla color gris oscura
QUIPILE - S4	M6	2.25	2.7	Lutita de color gris oscuro
QUIPILE - S4	M7	2.7	4	Lutita meteorizada de color negro
QUIPILE - S4	M8	4	5.5	Lutita meteorizada de color negro
QUIPILE - S4	M9	5.5	7	Lutita meteorizada de color negro
QUIPILE - S4	M10	7	8.5	Lutita meteorizada color negro
QUIPILE - S4	M11	8.5	10	Lulita meteorizada color negro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-5

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S5	M1	0	0.45	Material de relleno color habano
QUIPILE - S5	M2	0.45	0.9	Arcilla limosa color marrón
QUIPILE - S5	M3	0.9	1.35	Arcilla limosa color marrón
QUIPILE - S5	M4	1.35	1.8	Arcilla limosa color marrón
QUIPILE - S5	M5	1.8	2.25	Arcilla limosa color marrón
QUIPILE - S5	M6	2.25	2.7	Arcilla limosa color marrón
QUIPILE - S5	M7	2.7	3.15	Arcilla limosa color marrón
QUIPILE - S5	M8	3.15	4.5	Arcilla limosa color marrón y cambia por lutita de color marrón
QUIPILE - S5	M9	4.5	5.5	Lutita meteorizada color negro
QUIPILE - S5	M10	5.5	7	Lutita meteorizada color negro
QUIPILE - S5	M11	7	8.5	Lutita de color negro
QUIPILE - S5	M12	8.5	10	Lutita meteorizada color negro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-6

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S6	M1	0	0.45	Material de relleno café oscuro y arcilla limosa color marrón
QUIPILE - S6	M2	0.45	0.9	Arcilla limosa color marrón
QUIPILE - S6	M3	0.9	2.5	Arcilla limosa color marrón se toma muestra por lavado porque no se recupera
QUIPILE - S6	M-	2.5	2.5	Se toma el SPT, pero no avanza a 50 golpes
QUIPILE - S6	M4	2.5	4	Arcilla limosa de color marrón se toma muestra por lavado
QUIPILE - S6	M-	4	4	Se toma el SPT, pero no avanza a 50 golpes de rechazo
QUIPILE - S6	M5	4	5	Lutita meteorizada color marrón
QUIPILE - S6	M6	5	6	Lutita meteorizada color marrón
QUIPILE - S6	M7	6	7	Lutita meteorizada color marrón
QUIPILE - S6	M8	7	8	Lutita meteorizada color marrón se tomó muestra por lavado porque no se recupera
QUIPILE - S6	M9	8	9	Lutita meteorizada color marrón
QUIPILE - S6	M10	9	10	Lutita meteorizada color marrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-7

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S7	M1	0	0.45	Material de lleno café oscuro
QUIPILE - S7	M2	0.45	0.9	Relleno y cambia por arcilla limosa color marrón
QUIPILE - S7	M3	0.9	1.35	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M4	1.35	1.8	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M5	1.8	2.25	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M6	2.25	2.7	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M7	2.7	3.15	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M8	3.15	3.6	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M9	3.6	4.05	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M10	4.05	4.5	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M11	4.5	4.95	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M12	5	5.45	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M13	5.55	6	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M14	6.05	6.5	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M15	6.55	7	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M16	7.05	7.5	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M17	7.55	8	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M18	8.05	8.5	Arcilla limosa color Marrón
QUIPILE - S7	M19	8.5	10	Lutita meteorizada color negro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-8

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S8	M1	0	0.5	Asfalto y material de relleno color café claro
QUIPILE - S8	M2	0.5	0.95	Relleno color café claro
QUIPILE - S8	M3	0.95	1.4	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M4	1.4	1.85	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M5	1.85	2.3	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M6	2.3	2.75	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M7	2.75	3.2	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M8	3.2	3.65	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M9	3.65	4.1	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M10	4.1	4.55	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M11	4.55	5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M12	5	6.5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M13	7.05	7.5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M14	8.05	8.5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S8	M15	9.55	10	Limo arcilloso color marrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-9

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S9	M1	0	0.5	Material asfaltico
QUIPILE - S9	M2	0.55	1	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M3	1.55	2	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M4	2.05	2.5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M5	3.05	3.5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M6	4.05	4.5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M7	5.05	5.5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M8	5.55	6	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M9	6.55	7	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M10	7.05	7.5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M11	7.55	8	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M12	8.55	9	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S9	M13	9.55	10	Limo arcilloso color marrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-10

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S10	M1	0	0.55	Asfalto y material de relleno
QUIPILE - S10	M2	0.55	1	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S10	M3	1.55	2	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S10	M4	2.55	3	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S10	M5	3.55	4	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S10	M6	4.55	5	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S10	M7	5.55	6	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S10	M8	6.55	7	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S10	M9	7.55	8	Limo arcilloso color marrón
QUIPILE - S10	M10	8.55	9	Lutita meteorizada color marrón
QUIPILE - S10	M11	9.55	10	Lutita meteorizada color marrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-11

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE -S11	M-	0	0.1	Placa de asfalto
QUIPILE -S11	M1	0.1	0.55	Limo arenoso de café oscuro con gravas finas a gruesas angulares de lutita humedad y plasticidad de consistencia firme
QUIPILE -S11	M-	0.55	1.05	Lavado ídem
QUIPILE -S11	M2	1.05	2.5	Suelo ídem limo arenoso café oscuro
QUIPILE -S11	M-	1.5	2.05	Lavado ídem
QUIPILE -S11	M3	2.05	2.5	Suelo ídem limo arenoso
QUIPILE -S11	M-	2.5	3.05	Lavado ídem
QUIPILE -S11	M4	3.05	3.5	Suelo ídem limo arenoso
QUIPILE -S11	M-	3.5	4.05	Lavado ídem
QUIPILE -S11	M5	4.05	4.5	Suelo cambio a un limo arenoso de color café claro con gravas finas a gruesas de lutita con humedad y plasticidad consistencia firme
QUIPILE -S11	M-	4.5	5.05	Lavado ídem
QUIPILE -S11	M6	5.05	5.5	Suelo ídem limo arenoso café claro
QUIPILE -S11	M-	5.5	6.05	Lavado ídem
QUIPILE -S11	M7	6.05	6.5	Suelo ídem limo arenoso
QUIPILE -S11	M-	6.5	705	Lavado ídem
QUIPILE -S11	M8	7.05	7.5	Suelo ídem limo arenoso
QUIPILE -S11	M-	7.5	8.05	Lavado ídem
QUIPILE -S11	M9	8.05	8.5	Suelo ídem limo arenoso
QUIPILE -S11	M-	8.5	9.05	Lavado ídem
QUIPILE -S11	M10	9.05	9.5	Suelo Ídem limo arenoso

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-12

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE S-12	M-	0	0.1	Placa de asfalto
QUIPILE S-12	M1	0.1	0.55	Relleno compuesto por un limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas de lutita con humedad, plasticidad firme
QUIPILE S-12	M-	0.55	1.05	Lavado ídem
QUIPILE S-12	M2	1.05	1.5	ídem limo arenoso
QUIPILE S-12	M-	1.5	2.05	Lavado ídem
QUIPILE S-12	M3	2.05	2.5	Limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas angulares de lutita, humedad y plasticidad consistencia firme
QUIPILE S-12	M-	2.5	3	Lavado ídem
QUIPILE S-12	M4	3	3.45	Ídem limo arenoso
QUIPILE S-12	M-	3.45	4.05	Lavado ídem
QUIPILE S-12	M5	4.05	4.5	Ídem limo arenoso
QUIPILE S-12	M-	4.5	5.05	Lavado ídem
QUIPILE S-12	M6	5.05	5.5	Ídem limo arenoso con gravas de lutita
QUIPILE S-12	M-	5.5	6.05	Lavado ídem
QUIPILE S-12	M7	6.05	6.5	ídem limo arenoso
QUIPILE S-12	M-	6.5	7.05	Lavado ídem
QUIPILE S-12	M8	7.05	7.5	Ídem limo arenoso
QUIPILE S-12	M-	7.5	8.05	Lavado ídem
QUIPILE S-12	M9	8.05	9.5	Ídem limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas lutita con humedad y plasticidad
QUIPILE S-12	M-	8.5	9.05	Lavado
QUIPILE S-12	M10	9.05	9.5	Suelo ídem limo arenoso de color café oscuro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-13

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE - S13	M1	0	0.45	Limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas de lutita con humedad y plasticidad de consistencia firme
QUIPILE - S13	M-	0.45	1.05	Lavado ídem
QUIPILE - S13	M2	1.05	1.5	Ídem limo arenoso con gravas de lutita
QUIPILE - S13	M-	1.5	2	Lavado ídem
QUIPILE - S13	M3	2	2.45	Ídem limo arenoso
QUIPILE - S13	M-	2.45	3	Lavado ídem
QUIPILE - S13	M4	3	3.45	Ídem limo arenoso con gravas de lutita
QUIPILE - S13	M-	3.44	4.05	Lavado ídem
QUIPILE - S13	M5	4.05	4.5	Ídem limo arenoso
QUIPILE - S13	M-	4.5	5.05	Lavado ídem
QUIPILE - S13	M6	5.05	5.5	Suelo ídem limo arenoso
QUIPILE - S13	M-	5.5	6.05	Lavado ídem
QUIPILE - S13	M7	6.05	6.5	Suelo ídem limo arenoso con gravas de lutita
QUIPILE - S13	M-	6.5	7	Lavado ídem
QUIPILE - S13	M8	7	7.45	Suelo ídem limo arenoso
QUIPILE - S13	M-	7.45	8.05	Lavado ídem
QUIPILE - S13	M9	8.05	8.5	Suelo ídem y cambia a una lutita meteorizada
QUIPILE - S13	M10	8.5	10	Lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color negro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-14

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE S14	M-	0	0.1	Placa de asfalto
QUIPILE S14	M1	0.1	0.55	Limo arenoso de color café arcilloso con gravas finas a gruesas de lutita con humedad y plasticidad consistencia firme
QUIPILE S14	M-	0.55	1.05	Lavado
QUIPILE S14	M-	1.05	1.5	Arenas no recobran
QUIPILE S14	M2	1.5	1.95	Relleno compuesto por una arena algo limosa de color amarillo oscuro con gravas finas a media con poca humedad y plasticidad consistencia blanda
QUIPILE S14	M-	1.95	2.5	Lavado
QUIPILE S14	M3	2.5	2.95	Ídem relleno
QUIPILE S14	M-	2.95	3.55	Lavado ídem
QUIPILE S14	M4	3.55	4	Suelo cambio a los 360 m a limoso arenoso de color café claro con gravas de lutita consistencia firme humedad y plasticidad
QUIPILE S14	M-	4	4.55	Lavado ídem
QUIPILE S14	M5	4.55	5	ídem limo arenoso
QUIPILE S14	M-	5	5.5	No recobro
QUIPILE S14	M6	5.5	5.65	Ídem lutita meteorizada
QUIPILE S14	M7	5.65	7	Lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color café oscuro
QUIPILE S14	M8	7	8.5	Ídem lutita meteorizada
QUIPILE S14	M9	8.5	10	Ídem lutita meteorizada

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-15

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE S-15	M-	0	0.1	Placa de asfalto
QUIPILE S-15	M1	0.1	0.55	Suelo compuesto por un limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas poca humedad y plasticidad consistencia firme
QUIPILE S-15	M-	0.55	1.05	Lavado ídem
QUIPILE S-15	M2	1.05	1.5	Suelo ídem limo arenoso
QUIPILE S-15	M-	1.5	2	Lavado ídem
QUIPILE S-15	M3	2	2.45	Limo arenoso de color café oscuro con gravas de lutita meteorizada humedad y plasticidad consistencia firme
QUIPILE S-15	M-	2.45	3	Lavado ídem
QUIPILE S-15	M4	3	3.45	Lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color gris negro
QUIPILE S-15	M-	3.45	4	No recobro
QUIPILE S-15	M-	4	5.5	No recobro
QUIPILE S-15	M5	5.5	5.65	Lutita meteorizada ídem
QUIPILE S-15	M6	5.65	7	Lutita meteorizada
QUIPILE S-15	M7	7	8.5	Lutita meteorizada
QUIPILE S-15	M8	8.5	10	Ídem lutita meteorizada

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-16

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE S-16	M1	0	0.45	Limo arenoso de color café oscuro con gravas de lutita meteorizada de color negro
QUIPILE S-16	M-	0.45	1.05	Lavado
QUIPILE S-16	M2	1.05	1.5	Limo arenoso de color negro oscuro con gravas de lutita de color negro humedad y plasticidad, consistencia firme
QUIPILE S-16	M-	1.5	2	Lavado ídem
QUIPILE S-16	M3	2	2.45	Limo arenoso ídem grava de lutita
QUIPILE S-16	M-	2.45	3	Lavado ídem
QUIPILE S-16	M4	3	3.45	Limo arenoso con gravas de lutita meteorizada con color negro con humedad y plasticidad consistencia firme
QUIPILE S-16	M5	3.45	4	Lutita meteorizada de color negro oscuro matriz de limo arenoso negro oscuro
QUIPILE S-16	M6	4	5.5	Lutita meteorizada de color negro matriz de limo arenoso
QUIPILE S-16	M7	5.5	7	ídem lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color negro
QUIPILE S-16	M8	7	8.5	ídem lutita meteorizada
QUIPILE S-16	M9	8.5	10	Ídem lutita meteorizada

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Perfil estratigráfico de campo Sondeo S-17

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD		DESCRIPCIÓN
		DESDE	HASTA	
QUIPILE S-17	M1	0	0.45	Limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas de lutita meteorizada de color negro humedad y plasticidad consistencia firme
QUIPILE S-17	M-	0.45	1.05	Lavado ídem
QUIPILE S-17	M2	1.05	1.5	Cambia a lutita meteorizada color negro oscuro con matriz de limo algo arenoso de color negro humedad y plasticidad de consistencia muy firme
QUIPILE S-17	M0	1.5	2.5	No recobro lutita meteorizada
QUIPILE S-17	M-	2.5	2.5	No penetro
QUIPILE S-17	M-	2.5	4	No recobro lutita meteorizada
QUIPILE S-17	M3	4	4.45	Lulita meteorizada de color negro gravas de lutita con matriz de limo arenoso de color negro oscuro humedad y plasticidad de consistencia muy firme
QUIPILE S-17	M-	4.45	4.45	No penetro
QUIPILE S-17	M4	4.45	5.5	Lutita meteorizada de color negro con intercalaciones de limo arenoso de color negro
QUIPILE S-17	M5	5.5	7	Ídem de lutita meteorizada de color negro oscuro con matriz de limo oscuro de color negro
QUIPILE S-17	M6	7	8.5	Lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color negro
QUIPILE S-17	M7	8.5	10	Ídem lutita meteorizada

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información obtenida en los 17 sondeos ejecutados a lo largo del corredor, se identificó una secuencia estratigráfica relativamente consistente, caracterizada por la presencia de materiales finos superficiales, seguidos por niveles de mayor consistencia y, en profundidad, la aparición de materiales de origen rocoso en diferentes grados de meteorización.

En términos generales, los perfiles de campo evidencian:

- Un estrato superficial compuesto por suelos finos (arcillas y limos), de consistencia blanda a media, asociados a procesos de meteorización y acumulación superficial.
- Un estrato intermedio de suelos cohesivos de mayor consistencia, con incremento progresivo de la resistencia con la profundidad, reflejado en los valores de SPT.
- La presencia predominante de arcillolitas meteorizadas, las cuales, dependiendo de su grado de alteración, presentan comportamiento desde suelo duro hasta material semirrocoso.
- En algunos sondeos, se identifican transiciones abruptas de resistencia, así como intercalaciones de estratos con diferente competencia mecánica.

En el ANEXO 1 REGISTROS DE PERFORACIÓN, se encuentran los perfiles de exploración geotécnica.

8.6 RESULTADOS DE LABORATORIO

Se realizaron ensayos de laboratorio orientados a la caracterización física y mecánica de los materiales interceptados en las perforaciones mecánicas, con el propósito de establecer sus propiedades índice y de resistencia. Los ensayos ejecutados incluyen:

- Determinación del contenido de humedad natural.
- Determinación de los límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico).
- Clasificación de suelos conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- Ensayo de penetración estándar (SPT) para la determinación del número de golpes NSPT.
- Ensayo de compresión inconfinada en suelos cohesivos.
- Ensayo de carga puntual en muestras de roca.

Con base en el programa de exploración geotécnica ejecutado, se consolidó la información correspondiente a los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras obtenidas en cada uno de los sondeos. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los sondeos ejecutados, indicando los ensayos efectuados por muestra, con el fin de proporcionar una visión general de la cobertura y alcance de la caracterización geotécnica desarrollada.

Tabla 23 Resumen resultados de laboratorio

PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γd (g/cm³)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γt	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-1	M1	Relleno de color habano	0.00-0.45													
QUIPILE S-1	M2	Relleno y limolita de color negro	0.45-0.90	A-7-6 (44)	CH	24	67	29	38	0	2	98				
QUIPILE S-1	M3	Limolita de color negro	1.55-2.00													
QUIPILE S-1	M4	Limolita de color negro	2.00-2.45										19.66	17.21		
QUIPILE S-1	M5	Limolita de color negro	2.45-2.90													
QUIPILE S-1	M6	Limolita de color negro	2.90-3.35													
QUIPILE S-1	M7	Arcilla limosa color negro	3.35-3.80	A-7-6 (12)	CL	16	42	24	18	5	23	72	20.37	17.71		
QUIPILE S-1	M8	Arcilla limosa color negro	3.80-4.25													
QUIPILE S-1	M9	Arcilla limosa color negro	4.25-4.65													
QUIPILE S-1	M10	Lutita color negro	4.65-5.50										19.16	16.23		
QUIPILE S-1	M11	Lutita color negro	5.50-6.50	A-7-6 (32)	CH	22	55	25	30	0	6	94				
QUIPILE S-1	M12	Lutita color negro	6.50-7.50													
QUIPILE S-1	M13	No recupera muestra	7.50-8.00													
QUIPILE S-1	M14	Se toma muestra por lavado porque no recupera lutita meteorizada color negro	9.00-10.00	A-6 (2)	SC	22	39	23	16	1	61	38				
QUIPILE S-2	M1	Material de relleno y arcilla de color gris	0.00-0.45													
QUIPILE S-2	M2	Arcilla limosa color gris	0.45-0.90	A-7-6 (21)	CH	12	59	28	31	0	31	69				
QUIPILE S-2	M3	Limolita de color gris oscuro	0.90-1.35										19	16.56		
QUIPILE S-2	M4	Lulita de color gris oscuro	1.35-1.80										20.75	18.06		
QUIPILE S-2	M5	Lulita meteorizada color negro	1.80-3.00													

PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γ_d (g/cm^3)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γ_t	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-2	M6	Lulita meteorizada color negro	3.00-4.00										21.62	19.06		
QUIPILE S-2	M7	Lulita meteorizada color negro	4.00-5.50													
QUIPILE S-2	M8	Lulita de color negro meteorizada se toma muestra por lavado no recupera	5.50-7.00	A-2-7 (0)	SC	26	41	25	16	12	70	18				
QUIPILE S-2	M9	Lulita meteorizada color negro	7.00-8.00										19.75	15.97		
QUIPILE S-2	M10	Lulita meteorizada color negro	8.00-9.00													
QUIPILE S-2	M11	Lulita meteorizada color negro	9.00-10.00												0.584	
QUIPILE S-3	M1	Material de relleno con gravas medianas	0.00-0.45	A-2-6 (0)	SW-SC	19	35	20	15	42	48	10				
QUIPILE S-3	M2	Material de relleno color habano	0.45-0.90													
QUIPILE S-3	M3	Material de relleno habano	0.90-1.35	A-1-a (0)	SW-SM	19	0	0	0	46	46	8				
QUIPILE S-3	M4	Relleno de color habano y café	1.35-1.80													
QUIPILE S-3	M5	Relleno de color y café	1.80-2.25													
QUIPILE S-3	M6	Material de relleno café oscuro con gravas gruesas	2.70-3.15	A-7-6 (5)	SC	23	42	22	20	18	37	45				
QUIPILE S-3	M7	Bloque de concreto	3.15-4.50													
QUIPILE S-3	M8	Bloque de concreto	4.50-5.30													
QUIPILE S-3	M9	Arcilla de color gris con gravas y lutita color gris	5.30-5.75	A-7-6 (22)	CH	23	58	24	34	24	9	67				
QUIPILE S-3	M10	Arcilla color gris oscuro y cambia por lutita meteorizada	5.75-7.00													
QUIPILE S-3	M11	Lutita meteorizada color gris oscuro	7.00-8.50										19.76	15.28		
QUIPILE S-3	M12	Lutita meteorizada color negro	8.50-10.00													
QUIPILE S-4	M1	Material de relleno	0.00-0.45													485.52
QUIPILE S-4	M2	Arcilla limosa gris oscuro	0.45-0.90	A-7-6 (24)	CH	15	51	26	25	0	14	86				

PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γ_d (g/cm^3)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γ_t	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-4	M3	Arcilla limosa gris oscuro	0.90-1.35										20.26	16.61		
QUIPILE S-4	M4	Arcilla limosa gris oscuro	1.35-1.80	A-7-6 (22)	CL	15	49	25	24	0	15	85				
QUIPILE S-4	M5	Arcilla color gris oscura	1.80-2.25										20.34	17.57		
QUIPILE S-4	M6	Lutita de color gris oscuro	2.25-2.70	A-7-6 (22)	CH	14	51	25	26	1	18	81	20.34	17.63		
QUIPILE S-4	M7	Lutita meteorizada de color negro	2.70-4.00										20.81	19.21		
QUIPILE S-4	M8	Lutita meteorizada de color negro	4.00-5.50													
QUIPILE S-4	M9	Lutita meteorizada de color negro	5.50-7.00										19.5	16.21		
QUIPILE S-4	M10	Lutita meteorizada color negro	7.00-8.50													
QUIPILE S-4	M11	Lulita meteorizada color negro	8.50-10.00										19.09	16.31		
QUIPILE S-5	M1	Material de relleno color habano	0.00-0.45													
QUIPILE S-5	M2	Arcilla limosa color marrón	0.45-0.90	A-7-6 (19)	CL	20	42	18	24	0	17	83				
QUIPILE S-5	M3	Arcilla limosa color marrón	0.90-1.35										21.1	18.48		
QUIPILE S-5	M4	Arcilla limosa color marrón	1.35-1.80													
QUIPILE S-5	M5	Arcilla limosa color marrón	1.80-2.25										20.46	17.85		
QUIPILE S-5	M6	Arcilla limosa color marrón	2.25-2.70	A-7-6 (21)	CL	16	46	24	22	0	15	85				
QUIPILE S-5	M7	Arcilla limosa color marrón	2.70-3.15													
QUIPILE S-5	M8	Arcilla limosa color marrón y cambia por lutita de color marrón	3.15-4.50	A-7-6 (47)	CH	34	64	18	46	1	5	94				
QUIPILE S-5	M9	Lutita meteorizada color negro	4.50-5.50										19.89	16.12		
QUIPILE S-5	M10	Lutita meteorizada color negro	5.50-7.00													
QUIPILE S-5	M11	Lutita de color negro	7.00-8.50												0.586	
QUIPILE S-5	M12	Lutita meteorizada color negro	8.50-10.00										20.9	18.65		

PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γ_d (g/cm^3)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γ_t	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-6	M1	Material de relleno café oscuro y arcilla limosa color marrón	0.00-0.45	A-7-6 (11)	CL	17	42	25	17	15	17	68	19.05	16.29		
QUIPILE S-6	M2	Arcilla limosa color marrón	0.45-0.90													
QUIPILE S-6	M3	Arcilla limosa color marrón se toma muestra por lavado porque no se recupera	0.90-2.50	A-6 (10)	CL	23	37	21	16	5	26	69				
QUIPILE S-6	M4	Arcilla limosa de color marrón se toma muestra por lavado	2.50-4.00													
QUIPILE S-6	M5	Lutita meteorizada color marrón	4.00-5.00										20.44	17.54		
QUIPILE S-6	M6	Lutita meteorizada color marrón	5.00-6.00	A-6 (7)	CL	24	38	24	14	19	19	62				
QUIPILE S-6	M7	Lutita meteorizada color marrón	6.00-7.00													
QUIPILE S-6	M8	Lutita meteorizada color marrón se tomó muestra por lavado porque no se recupera	7.00-8.00													
QUIPILE S-6	M9	Lutita meteorizada color marrón	8.00-9.00										22.19	19.86		
QUIPILE S-6	M10	Lutita meteorizada color marrón	9.00-10.00	A-4 (3)	CL	22	29	20	9	12	29	59				
QUIPILE S-7	M1	Material de lleno café oscuro	0.00-0.45													
QUIPILE S-7	M2	Relleno y cambia por arcilla limosa color marrón	0.45-0.90	A-7-6 (20)	CL	21	45	20	25	11	8	81				
QUIPILE S-7	M3	Arcilla limosa color Marrón	0.90-1.35													717.12
QUIPILE S-7	M4	Arcilla limosa color Marrón	1.35-1.80													
QUIPILE S-7	M5	Arcilla limosa color Marrón	1.80-2.25										19.32	15.95		
QUIPILE S-7	M6	Arcilla limosa color Marrón	2.25-2.70													446.98
QUIPILE S-7	M7	Arcilla limosa color Marrón	2.70-3.15													257.9
QUIPILE S-7	M8	Arcilla limosa color Marrón	3.15-3.60													
QUIPILE S-7	M9	Arcilla limosa color Marrón	3.60-4.05													
QUIPILE S-7	M10	Arcilla limosa color Marrón	4.05-4.50	A-7-6 (20)	CL	16	41	21	20	0	6	94				

PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γ_d (g/cm^3)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γ_t	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-7	M11	Arcilla limosa color Marrón	4.50-4.95													
QUIPILE S-7	M12	Arcilla limosa color Marrón	5.00-5.45	A-7-6 (21)	CL	23	50	20	30	15	12	73				
QUIPILE S-7	M13	Arcilla limosa color Marrón	5.55-6.00										20.85	18.1		
QUIPILE S-7	M14	Arcilla limosa color Marrón	6.05-6.50													
QUIPILE S-7	M15	Arcilla limosa color Marrón	6.55-7.00													
QUIPILE S-7	M16	Arcilla limosa color Marrón	7.05-7.50	A-7-6 (11)	ML	16	41	27	14	7	17	76				
QUIPILE S-7	M17	Arcilla limosa color Marrón	7.55-8.00													414.7
QUIPILE S-7	M18	Arcilla limosa color Marrón	8.05-8.50										20.32	16.92		
QUIPILE S-7	M19	Lutita meteorizada color negro	8.50-10.00										22.09	20.74		
QUIPILE S-8	M1	Asfalto y material de relleno color café claro	0.00-0.50													
QUIPILE S-8	M2	Relleno color café claro	0.50-0.95										18.7	16.49		
QUIPILE S-8	M3	Limo arcilloso color marrón	0.95-1.40	A-7-6 (28)	CL	22	50	23	27	2	5	93				
QUIPILE S-8	M4	Limo arcilloso color marrón	1.40-1.85													471.19
QUIPILE S-8	M5	Limo arcilloso color marrón	1.85-2.30													
QUIPILE S-8	M6	Limo arcilloso color marrón	2.30-2.75	A-6 (19)	CL	16	39	22	17	1	15	84				
QUIPILE S-8	M7	Limo arcilloso color marrón	2.75-3.20													
QUIPILE S-8	M8	Limo arcilloso color marrón	3.20-3.65										21	18.87		
QUIPILE S-8	M9	Limo arcilloso color marrón	3.65-4.10													
QUIPILE S-8	M10	Limo arcilloso color marrón	4.10-4.55	A-7-6 (27)	CL	18	48	24	24	0	3	97				
QUIPILE S-8	M11	Limo arcilloso color marrón	4.55-5.00													260.28
QUIPILE S-8	M12	Limo arcilloso color marrón	5.00-6.50													

PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γ_d (g/cm^3)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γ_t	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-8	M13	Limo arcilloso color marrón	7.05-7.50										20.06	17.35		
QUIPILE S-8	M14	Limo arcilloso color marrón	8.05-8.50	A-7-6 (23)	CL	17	44	22	22	1	3	96				
QUIPILE S-8	M15	Limo arcilloso color marrón	9.55-10.00													395.31
QUIPILE S-9	M1	Material asfaltico	0.00-0.50													
QUIPILE S-9	M2	Limo arcilloso color marrón	0.55-1.00	A-7-6 (5)	GC	16	46	24	22	34	25	41				
QUIPILE S-9	M3	Limo arcilloso color marrón	1.55-2.00													
QUIPILE S-9	M4	Limo arcilloso color marrón	2.05-2.50										19.29	16.27		
QUIPILE S-9	M5	Limo arcilloso color marrón	3.05-3.50	A-7-6 (23)	CL	21	45	25	20	0	0	100				
QUIPILE S-9	M6	Limo arcilloso color marrón	4.05-4.50													
QUIPILE S-9	M7	Limo arcilloso color marrón	5.05-5.50													
QUIPILE S-9	M8	Limo arcilloso color marrón	5.55-6.00										19.98	17.52		
QUIPILE S-9	M9	Limo arcilloso color marrón	6.55-7.00	A-7-6 (26)	CL	26	49	22	27	0	11	89				
QUIPILE S-9	M10	Limo arcilloso color marrón	7.05-7.50										19.98	16.73		
QUIPILE S-9	M11	Limo arcilloso color marrón	7.55-8.00										19.45	16.93		
QUIPILE S-9	M12	Limo arcilloso color marrón	8.55-9.00	A-7-6 (10)	CL	17	44	23	21	12	30	58				
QUIPILE S-9	M13	Limo arcilloso color marrón	9.55-10.00										20.22	17.99		
QUIPILE S-10	M1	Asfalto y material de relleno	0.00-0.55													
QUIPILE S-10	M2	Limo arcilloso color marrón	0.55-1.00													306.6
QUIPILE S-10	M3	Limo arcilloso color marrón	1.55-2.00	A-6 (6)	CL	14	33	19	14	4	34	62				
QUIPILE S-10	M4	Limo arcilloso color marrón	2.55-3.00													
QUIPILE S-10	M5	Limo arcilloso color marrón	3.55-4.00										18.61	14.89		

PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γ_d (g/cm^3)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γ_t	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-10	M6	Limo arcilloso color marrón	4.55-5.00	A-6 (18)	CL	19	40	23	17	0	4	96				
QUIPILE S-10	M7	Limo arcilloso color marrón	5.55-6.00										20.76	18.01		
QUIPILE S-10	M8	Limo arcilloso color marrón	6.55-7.00													
QUIPILE S-10	M9	Limo arcilloso color marrón	7.55-8.00													
QUIPILE S-10	M10	Lutita meteorizada color marrón	8.55-9.00										18.66	17.21		
QUIPILE S-10	M11	Lutita meteorizada color marrón	9.55-10.00	A-1-a (0)	SW SM	6	0	0	0	24	67	9				
QUIPILE S-11	M1	Limo arenoso de café oscuro con gravas finas a gruesas angulares de lutita humedad y plasticidad de consistencia firme	0.10-0.55										20.23	18.67		
QUIPILE S-11	M2	Suelo ídem limo arenoso café oscuro	1.05-2.50													
QUIPILE S-11	M3	Suelo ídem limo arenoso	2.05-2.50	A-1-a (0)	SP-SC	8	22	16	6	41	49	10				
QUIPILE S-11	M4	Suelo ídem limo arenoso	3.05-3.50													
QUIPILE S-11	M5	Suelo cambio a un limo arenoso de color café claro con gravas finas a gruesas de lutita con humedad y plasticidad consistencia firme	4.05-4.50										19.73	17.81		
QUIPILE S-11	M6	Suelo ídem limo arenoso café claro	5.05-5.50	A-2-4 (0)	SC	9	27	18	9	44	44	12				
QUIPILE S-11	M7	Suelo ídem limo arenoso	6.05-6.50													
QUIPILE S-11	M8	Suelo ídem limo arenoso	7.05-7.50													
QUIPILE S-11	M9	Suelo ídem limo arenoso	8.05-8.50	A-2-6 (0)	GC	10	30	17	13	52	34	14				
QUIPILE S-11	M10	Suelo Ídem limo arenoso	9.05-9.50													
QUIPILE S-11	M11												20.15	18.56		
QUIPILE S-12	M1	Relleno compuesto por un limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas de lutita con humedad, plasticidad firme	0.10-0.55													
QUIPILE S-12	M2	ídem limo arenoso	1.05-1.50	A-2-6 (1)	SC	20	35	19	16	24	50	26				

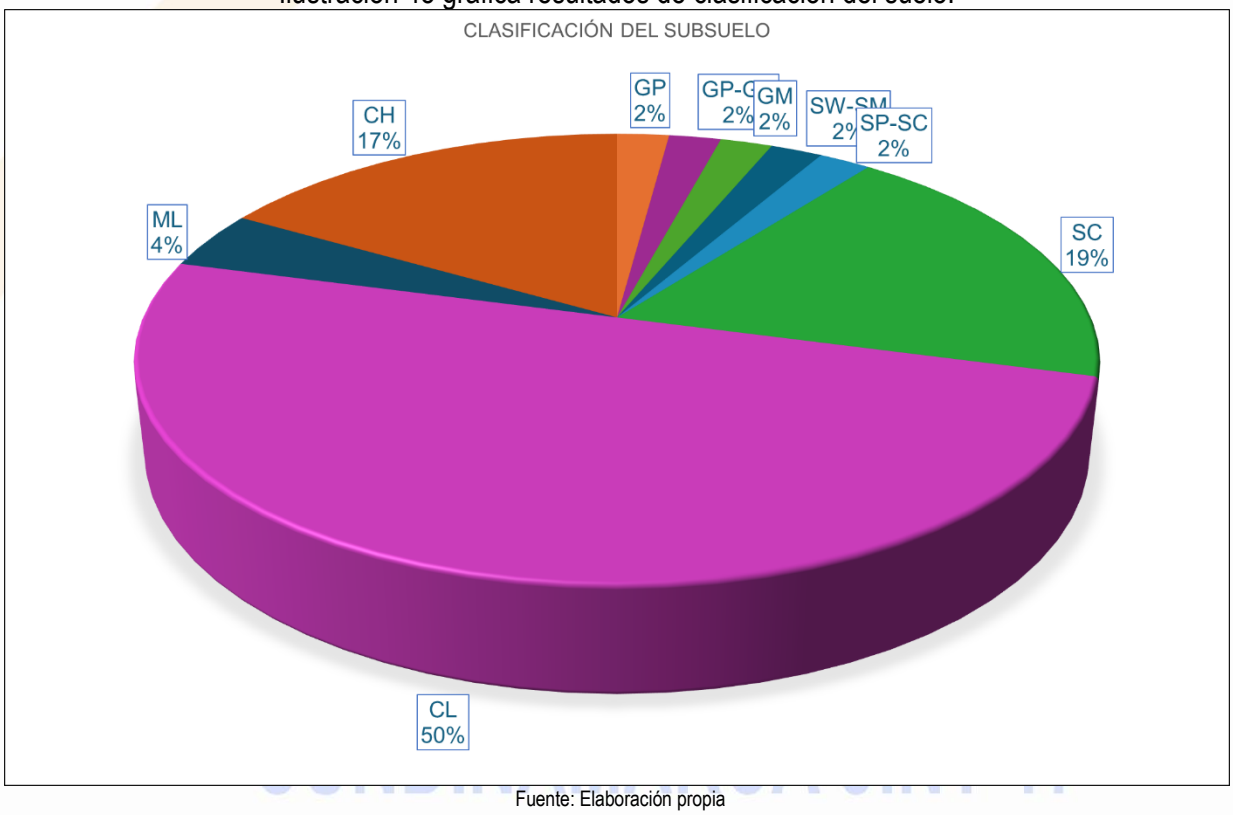
PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γ_d (g/cm^3)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γ_t	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-12	M3	Limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas angulares de lutita, humedad y plasticidad consistencia firme	2.05-2.50										20.22	16.41		
QUIPILE S-12	M4	Ídem limo arenoso	3.00-3.45	A-2-6 (0)	SC	12	29	18	11	34	48	18				
QUIPILE S-12	M5	Ídem limo arenoso	4.05-4.50													
QUIPILE S-12	M6	Ídem limo arenoso con gravas de lutita	5.05-5.50	A-2-7 (1)	GC	16	42	17	25	41	40	19				
QUIPILE S-12	M7	ídem limo arenoso	6.05-6.50													
QUIPILE S-12	M8	Ídem limo arenoso	7.05-7.50										20.63	18.44		
QUIPILE S-12	M9	Ídem limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas lutita con humedad y plasticidad	8.05-9.50	A-6 (6)	CL	18	39	22	17	20	28	52				
QUIPILE S-12	M10	Suelo ídem limo arenoso de color café oscuro	9.05-9.50													
QUIPILE S-13	M1	Limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas de lutita con humedad y plasticidad de consistencia firme	0.00-0.45	A-7-6 (6)	GC	12	44	24	20	29	25	46				
QUIPILE S-13	M2	Ídem limo arenoso con gravas de lutita	1.05-1.50										19.1	16.74		
QUIPILE S-13	M3	Ídem limo arenoso	2.00-2.45													221.87
QUIPILE S-13	M4	Ídem limo arenoso con gravas de lutita	3.00-3.45	A-6 (16)	CL	13	35	19	16	0	3	97				
QUIPILE S-13	M5	Ídem limo arenoso	4.05-4.50										20.49	17.96		
QUIPILE S-13	M6	Suelo ídem limo arenoso	5.05-5.50													
QUIPILE S-13	M7	Suelo ídem limo arenoso con gravas de lutita	6.05-6.50	A-6 (8)	CL	15	30	18	12	6	16	78				
QUIPILE S-13	M8	Suelo ídem limo arenoso	7.00-7.45													90.16
QUIPILE S-13	M9	Suelo ídem y cambia a una lutita meteorizada	8.05-8.50													
QUIPILE S-13	M10	Lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color negro	8.50-10.00										21.94	20.23		

PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γ_d (g/cm^3)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γ_t	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-14	M1	Limo arenoso de color café arcilloso con gravas finas a gruesas de lutita con humedad y plasticidad consistencia firme	0.10-0.55	A-1-b (0)	GM	19	35	29	6	49	34	17				
QUIPILE S-14	M2	Relleno compuesto por una arena algo limosa de color amarillo oscuro con gravas finas a media con poca humedad y plasticidad consistencia blanda	1.50-1.95													
QUIPILE S-14	M3	Ídem relleno	2.50-2.95	A-2-6 (0)	GP-GC	20	37	22	15	59	30	11				
QUIPILE S-14	M4	Suelo cambio a los 360 m a limoso arenoso de color café claro con gravas de lutita consistencia firme humedad y plasticidad	3.55-4.00										20.46	17.73		
QUIPILE S-14	M5	ídem limo arenoso	4.55-5.00	A-6 (3)	SC	17	37	22	15	27	28	45				
QUIPILE S-14	M6	Ídem lutita meteorizada	5.50-5.65													
QUIPILE S-14	M7	Lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color café oscuro	5.65-7.00										24.06	23.78		
QUIPILE S-14	M8	Ídem lutita meteorizada	7.00-8.50													
QUIPILE S-14	M9	Ídem lutita meteorizada	8.50-10.00										20.77	20.2		
QUIPILE S-15	M1	Suelo compuesto por un limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas poca humedad y plasticidad consistencia firme	0.10-0.55	A-2-6 (1)	GC	15	39	23	16	46	25	29				
QUIPILE S-15	M2	Suelo ídem limo arenoso	1.05-1.50													
QUIPILE S-15	M3	Limo arenoso de color café oscuro con gravas de lutita meteorizada humedad y plasticidad consistencia firme	2.00-2.45	A-7-6 (39)	CH	23	59	21	38	0	7	93				
QUIPILE S-15	M4	Lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color gris negro	3.00-3.45										20.99	18.48		
QUIPILE S-15	M5	Lutita meteorizada ídem	5.50-5.65													
QUIPILE S-15	M6	Lutita meteorizada	5.65-7.00										24.86	24.46	6.405	
QUIPILE S-15	M7	Lutita meteorizada	7.00-8.50													
QUIPILE S-15	M8	Ídem lutita meteorizada	8.50-10.00										24.82	24.45		

PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD(m)	CLASIFICACIÓN		ÍNDICES DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRÍA			PESO UNITARIO SECO, γ_d (g/cm^3)	PESO UNITARIO HÚMEDO, γ_t	CARGA PUNTUAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA qu (KPA)
No	M #			AASHTO	USCS	Wn %	LL %	LP %	IP %	Gravas %	Arenas %	Finos %				
QUIPILE S-16	M1	Limo arenoso de color café oscuro con gravas de lutita meteorizada de color negro	0.00-0.45	A-2-7 (1)	GC	21	43	26	17	48	21	31				
QUIPILE S-16	M2	Limo arenoso de color negro oscuro con gravas de lutita de color negro humedad y plasticidad, consistencia firme	1.05-1.50										17.9	13.74		
QUIPILE S-16	M3	Limo arenoso ídem grava de lutita	2.00-2.45													
QUIPILE S-16	M4	Limo arenoso con gravas de lutita meteorizada con color negro con humedad y plasticidad consistencia firme	3.00-3.45	A-7-6 (9)	CL	28	44	19	25	23	26	51				
QUIPILE S-16	M5	Lutita meteorizada de color negro oscuro matriz de limo arenoso negro oscuro	3.45-4.00										22.34	19.62		
QUIPILE S-16	M6	Lutita meteorizada de color negro matriz de limo arenoso	4.00-5.50													
QUIPILE S-16	M7	ídem lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color negro	5.50-7.00										20.14	17.79		
QUIPILE S-16	M8	ídem lutita meteorizada	7.00-8.50	A-7-6 (7)	ML	13	41	26	15	7	34	59				
QUIPILE S-16	M9	Ídem lutita meteorizada	8.50-10.00													
QUIPILE S-17	M1	Limo arenoso de color café oscuro con gravas finas a gruesas de lutita meteorizada de color negro humedad y plasticidad consistencia firme	0.00-0.45	A-6 (4)	SC	15	36	19	17	8	47	45				
QUIPILE S-17	M2	Cambia a lutita meteorizada color negro oscuro con matriz de limo algo arenoso de color negro humedad y plasticidad de consistencia muy firme	1.05-1.50													
QUIPILE S-17	M3	Lulita meteorizada de color negro gravas de lutita con matriz de limo arenoso de color negro oscuro humedad y plasticidad de consistencia muy firme	4.00-4.45	A-2-4 (0)	SC	16	28	20	8	21	60	19				
QUIPILE S-17	M4	Lutita meteorizada de color negro con intercalaciones de limo arenoso de color negro	4.45-5.50										22.76	22.69		
QUIPILE S-17	M5	Ídem de lutita meteorizada de color negro oscuro con matriz de limo oscuro de color negro	5.50-7.00										22.8	22.2		
QUIPILE S-17	M6	Lutita meteorizada de color negro con matriz de limo arenoso de color negro	7.00-8.50	A-1-a (0)	GP	7	0	0	0	86	13	1				
QUIPILE S-17	M7	Ídem lutita meteorizada	8.50-10.00										23.93	23.86		

Con el propósito de analizar el comportamiento y las propiedades de los materiales evaluados, se elaboraron gráficas a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio. Estas gráficas permiten visualizar la variación de parámetros como contenido de humedad, límites de Atterberg y pesos unitarios, facilitando la interpretación de las características geotécnicas de los suelos y la identificación de tendencias a lo largo de los diferentes sondeos.

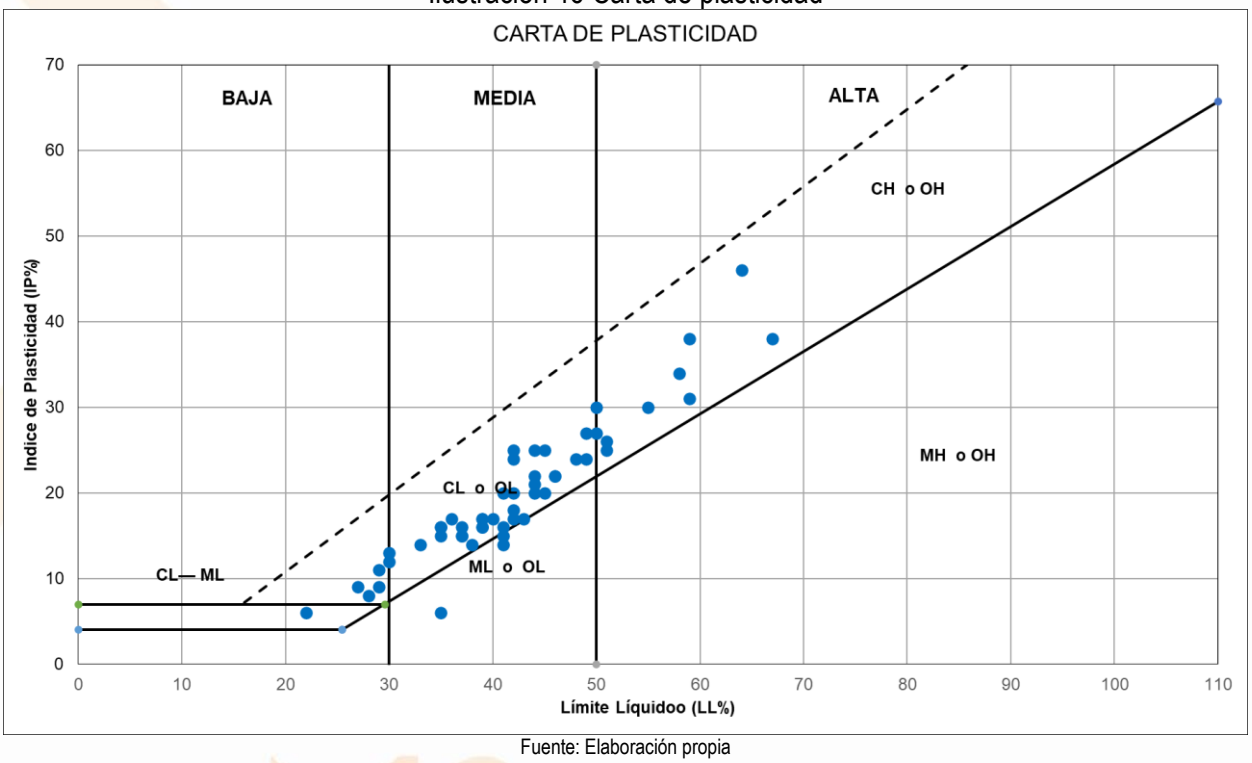
Ilustración 45 grafica resultados de clasificación del suelo.



Fuente: Elaboración propia

La distribución de los materiales indica un predominio de suelos finos, donde las arcillas de baja a media plasticidad (CL) constituyen el 50% de las muestras, seguidas por arcillas de alta plasticidad (CH) con un 17%. Estos materiales, junto con las arenas arcillosas (SC - 19%), representan capas superficiales y medias derivadas de la meteorización intensa de la roca madre. Es fundamental notar que, aunque la gráfica se limita a la clasificación de suelos según el sistema USCS, las descripciones técnicas de los sondeos confirman que este manto arcilloso subyace sobre una formación de lutitas meteorizadas de color negro y gris oscuro.

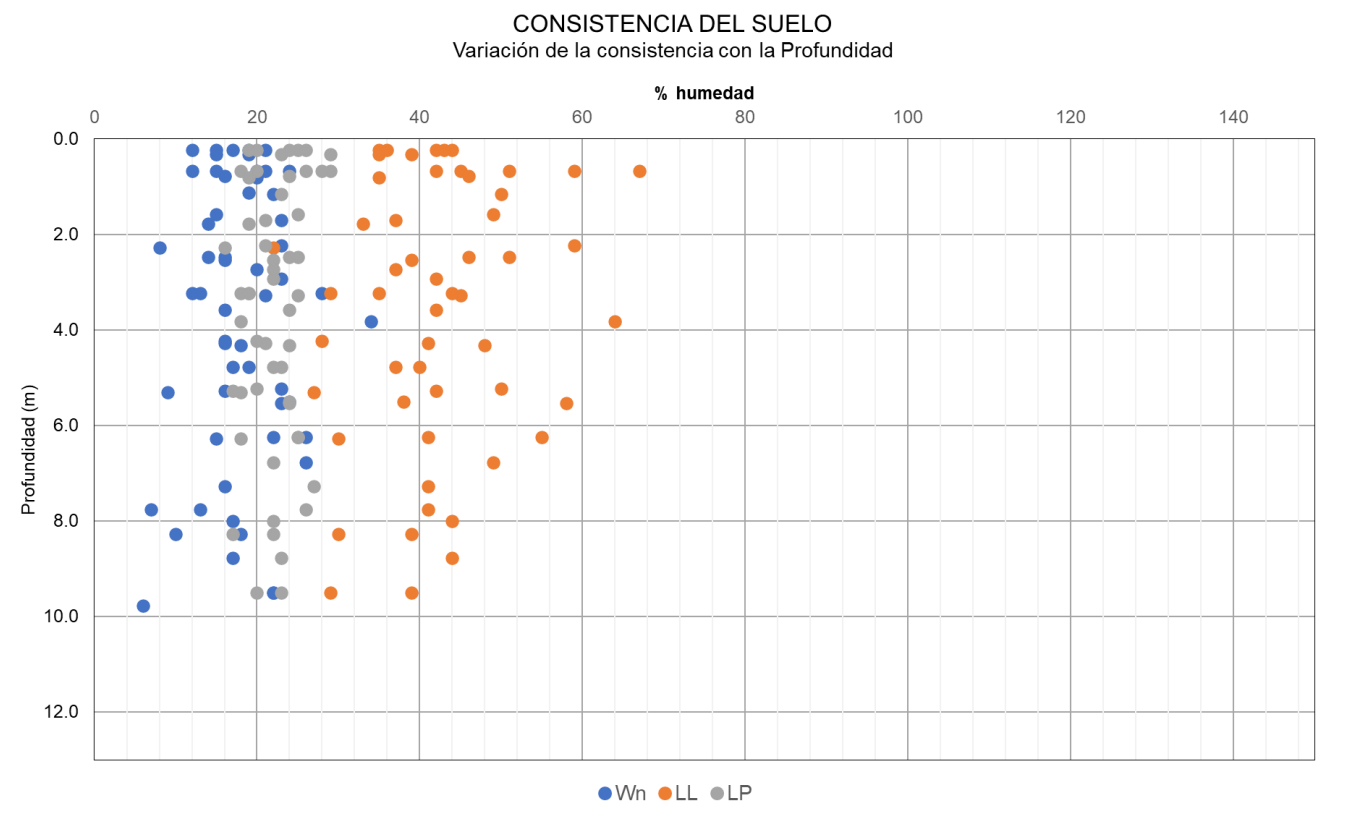
Ilustración 46 Carta de plasticidad



Fuente: Elaboración propia

La Carta de Plasticidad muestra una concentración significativa de muestras en la zona de plasticidad media, situándose mayoritariamente por encima de la "Línea A" en la región de las arcillas (CL o OL). Los valores de Límite Líquido (LL) oscilan principalmente entre 30% y 50%, con una tendencia clara hacia la zona de alta plasticidad (CH) a medida que aumenta el contenido de finos. Este comportamiento es consistente con las descripciones, donde la meteorización de las lutitas negras genera una matriz arcillosa que retiene gran cantidad de agua, elevando el Índice de Plasticidad (IP) hasta valores cercanos a 40% en los niveles más profundos.

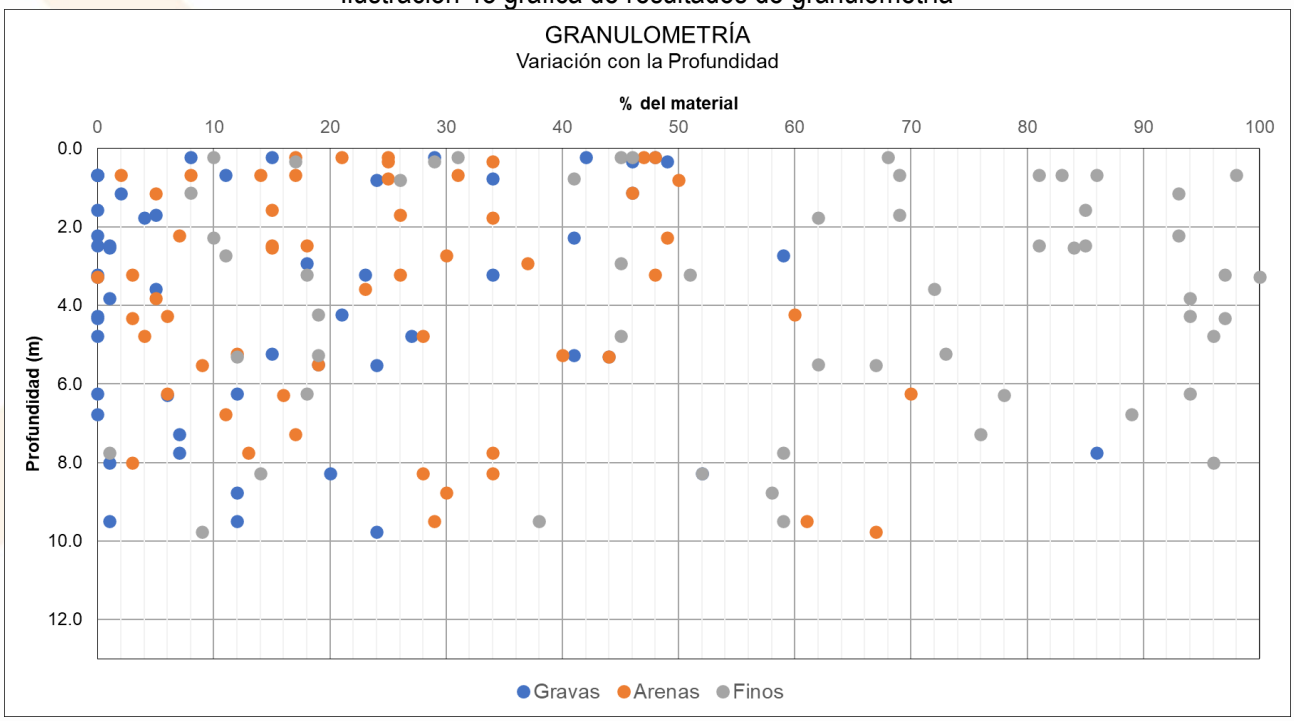
Ilustración 47 grafica de consistencia del suelo



Fuente: Elaboración propia

La gráfica de Variación de la Consistencia muestra que la humedad natural se mantiene predominantemente entre el 10% y el 30%, situándose de manera casi constante por debajo del Límite Plástico (LP) y significativamente alejada del Límite Líquido (LL). Esta relación indica que los suelos del proyecto se encuentran en un estado de consistencia firme a dura en su condición natural.

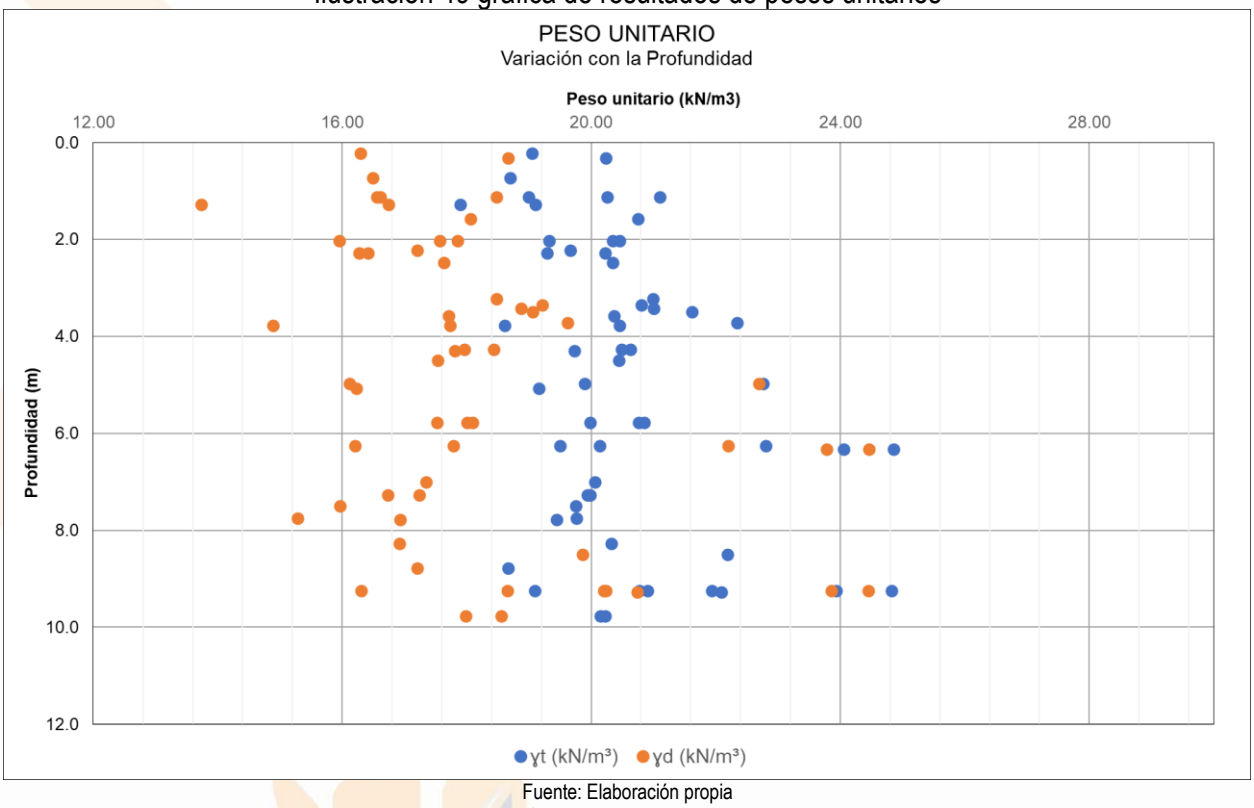
Ilustración 48 grafica de resultados de granulometría



Fuente: Elaboración propia

La gráfica de Variación de la Granulometría confirma la naturaleza predominantemente fina del subsuelo, con un contenido de Finos que se sitúa mayoritariamente por encima del 60% en gran parte del perfil explorado. Esta abundancia de partículas finas es consistente con la clasificación predominante de arcillas (CL/CH) observada en la estadística general. No obstante, se aprecia una dispersión importante en los contenidos de arenas y gravas (entre el 10% y el 40%), especialmente en niveles específicos que corresponden a la transición hacia la roca.

Ilustración 49 grafica de resultados de pesos unitarios



Fuente: Elaboración propia

La gráfica de Variación del Peso Unitario muestra una tendencia incremental con la profundidad, donde el peso unitario húmedo oscila generalmente entre 18,0 kN/m³ y 22,0 kN/m³, mientras que el peso seco se mantiene en el rango de 14,0 kN/m³ a 19,0 kN/m³. Estos valores son indicativos de suelos con un grado de compactación importante y una baja relación de vacíos en estado natural.

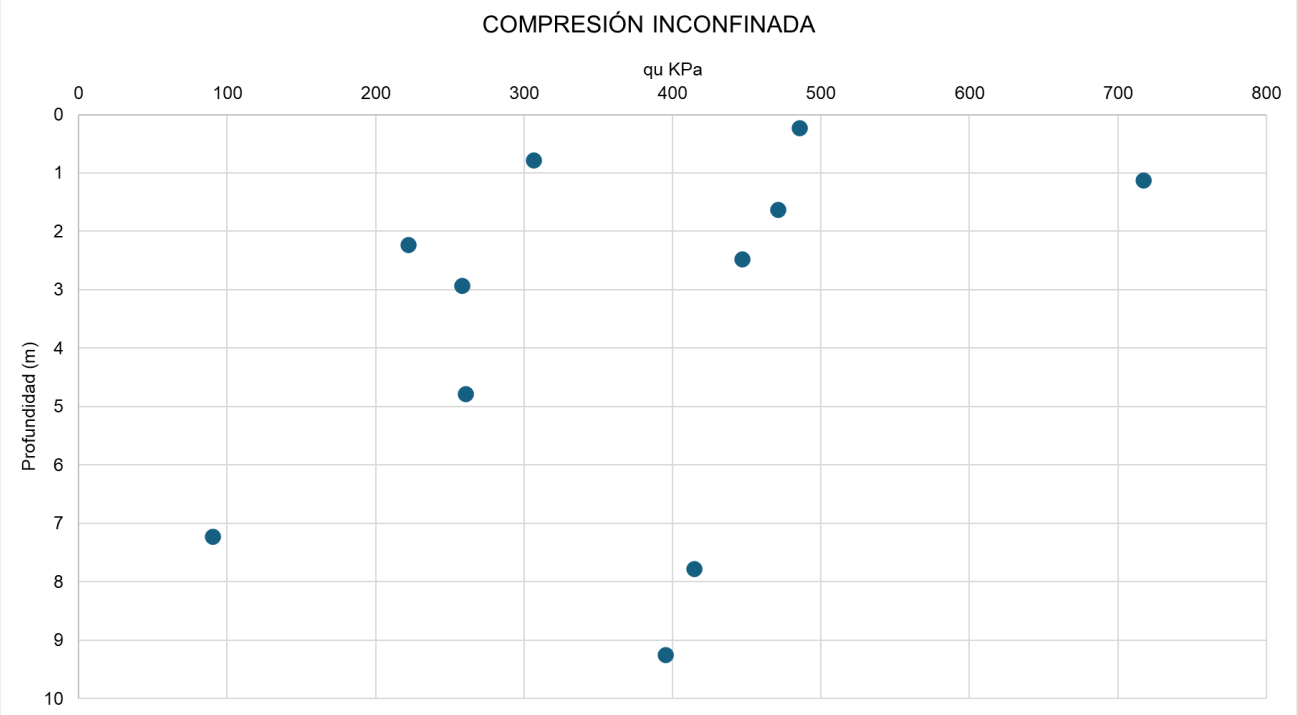
Ilustración 50 grafica de resultados de carga puntual



Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra puntos de baja resistencia en estratos profundos debido a la naturaleza de la lutita meteorizada. Estos valores bajos corresponden a zonas donde la roca se encuentra muy fracturada o degradada por la presencia de agua, convirtiéndose prácticamente en un limo o arcilla blanda de color negro, como se describe en sondeos tipo S-1 o S-15. Esta condición de "roca blanda" o suelo de meteorización profunda es la que genera esos puntos de baja competencia mecánica justo antes de encontrar la lutita sana y competente, donde la resistencia finalmente se dispara por encima de los 20 MPa.

Ilustración 51 grafica de resultados de compresión inconfinada



Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra que las mayores resistencias se encuentran en los estratos superiores, mientras que a profundidades mayores a los 6.0 metros los valores tienden a disminuir, situándose por debajo de los 200 kPa. Esta reducción de resistencia con la profundidad confirma lo descrito en los sondeos del reporte (como el S-15 y S-16): la presencia de lutita intensamente meteorizada que se comporta como un suelo fino blando debido a su alto grado de fracturación y humedad. Este fenómeno indica que el perfil no aumenta su competencia de forma lineal

En general de acuerdo con los resultados de laboratorio, la clasificación del subsuelo y las descripciones de campo, el perfil geotécnico del área está dominado por suelos finos, principalmente arcillas de baja a alta plasticidad (CL–CH), con presencia subordinada de arenas arcillosas (SC) y limos. Estos materiales presentan un comportamiento cohesivo, con plasticidades medias a altas y una marcada sensibilidad a cambios de humedad, lo cual condiciona su respuesta mecánica, especialmente en términos de compresibilidad y deformabilidad.
Adicionalmente, se identifica la presencia de lutita intensamente meteorizada a diferentes profundidades, la cual, debido a su grado de alteración, se comporta predominantemente como un suelo y no como una roca competente. Esta condición genera un perfil de transición suelo–roca altamente variable, en el que las propiedades mecánicas pueden cambiar de manera significativa en cortas distancias, dificultando la definición de un estrato rígido continuo y confiable para el apoyo directo de cimentaciones.

En el ANEXO 2 RESULTADOS DE LABORATORIO, se encuentran los resultados de laboratorio de las perforaciones.

8.7 PARÁMETROS DE RESISTENCIA

En el caso de los suelos finos es posible calcular el valor de la resistencia no drenada c_u mediante la expresión:

$$c_u\ (kN/m^2) = 4.4\ N_{campo} \qquad \text{(Stroud, 1974)}$$

Para el caso de los suelos granulares es posible calcular el valor del ángulo de fricción en condición no drenada ϕ' mediante la expresión:

$$\phi' = 17 + \sqrt{20 N_{corr}} \text{ (Hatanaka y Uchida, 1996)}$$

En este caso N_{corr} es el valor de la resistencia arrojada por la prueba de SPT en campo, corregida por confinamiento y por energía; el valor del factor de corrección por confinamiento se estima como:

$$Cn = \frac{9.78}{\sqrt{\sigma_v'}} \text{ (Liao \& Whitman,1986)}$$

El factor de corrección por energía es:

$$e = (e1 / e2) = (45 / 60) = 0.75$$

En la expresión anterior σ'_v es el esfuerzo vertical efectivo a la profundidad de ensayo; en este caso se asume que la energía de ensayo es del 45%.

Con esto, para cada profundidad de ensayo, se tiene:

$$N_{corr} = e \times Cn \times N_{campo} \qquad \text{(Bowles, 1988)}$$

Estos valores se emplearán en la determinación de parámetros.

8.8 PARÁMETROS DE DEFORMACIÓN

Para el caso de los suelos finos, el valor del módulo de elasticidad E_s se estima de acuerdo con la expresión (Das, 2001):

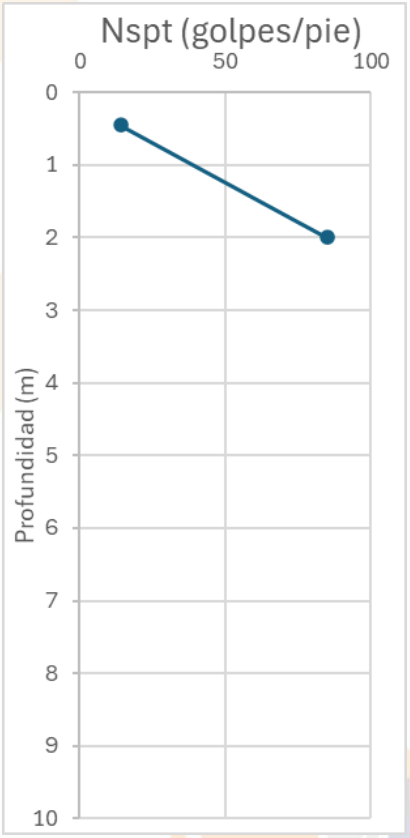
$$E_s = 500\ c_u$$

En el caso de los estratos granulares, el valor del módulo de elasticidad E_s puede estimarse mediante la expresión (Adaptado de Bowles, 1996):

$$E_s = 3{,}000\ N_{campo}$$

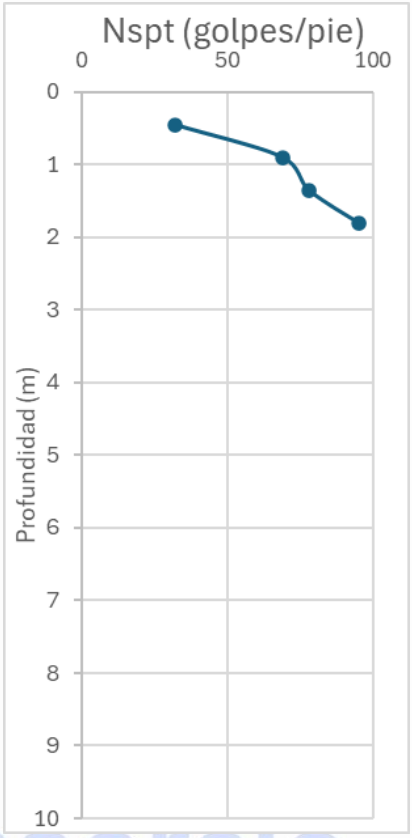
La variación de los parámetros de resistencia y deformación con la profundidad se presentan a continuación:

Ilustración 52 variación SPT S1



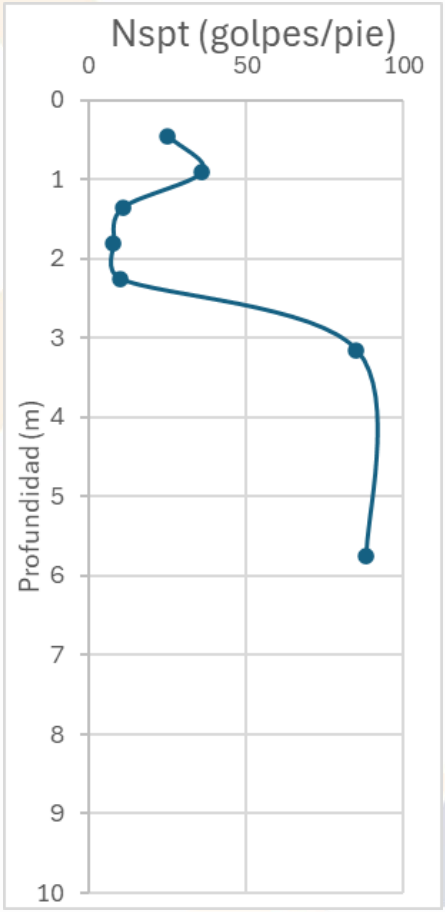
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 53 variación SPT S2



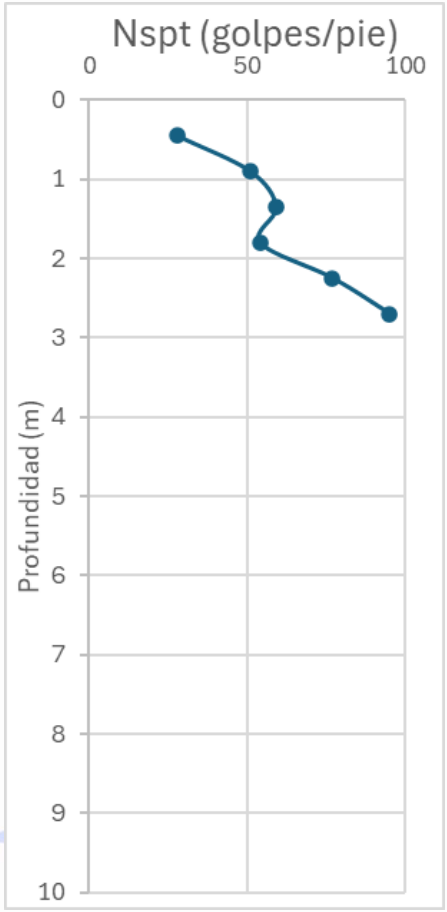
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 54 variación SPT S3



Fuente: Elaboración propia.

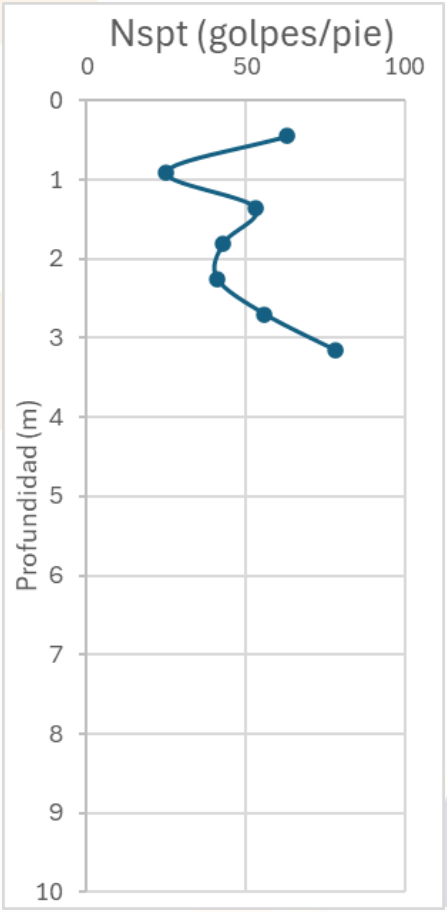
Ilustración 55 variación SPT S4



Fuente: Elaboración propia.

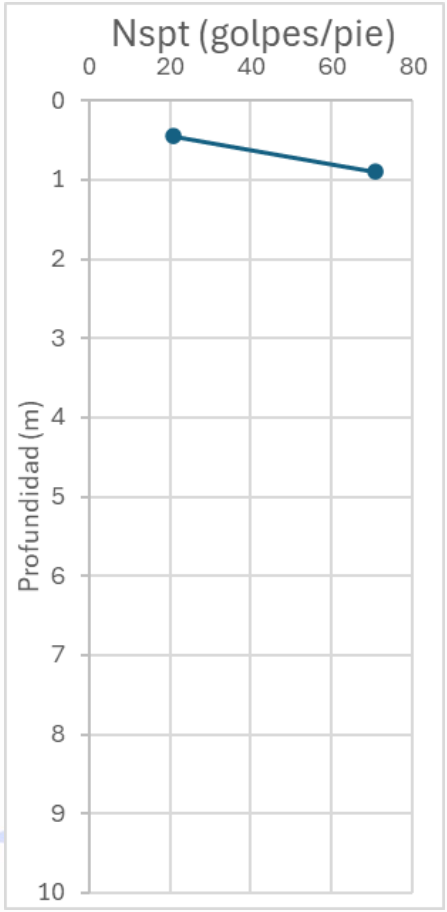
CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 56 variación SPT S5



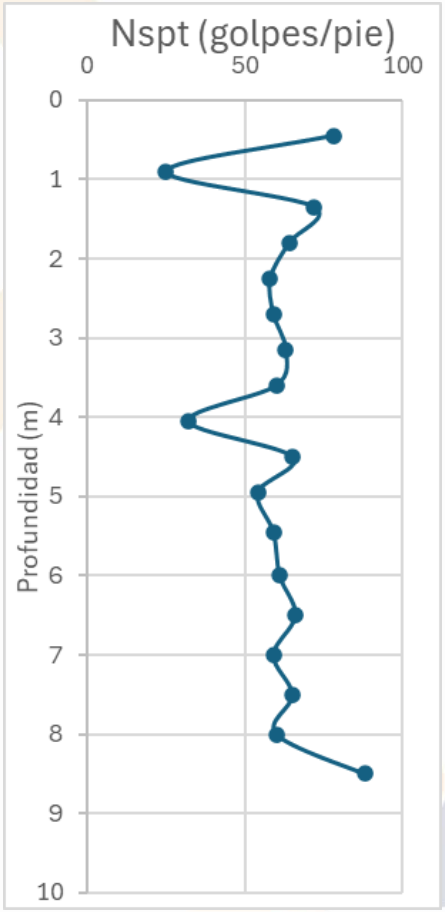
] Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 57 variación SPT S6



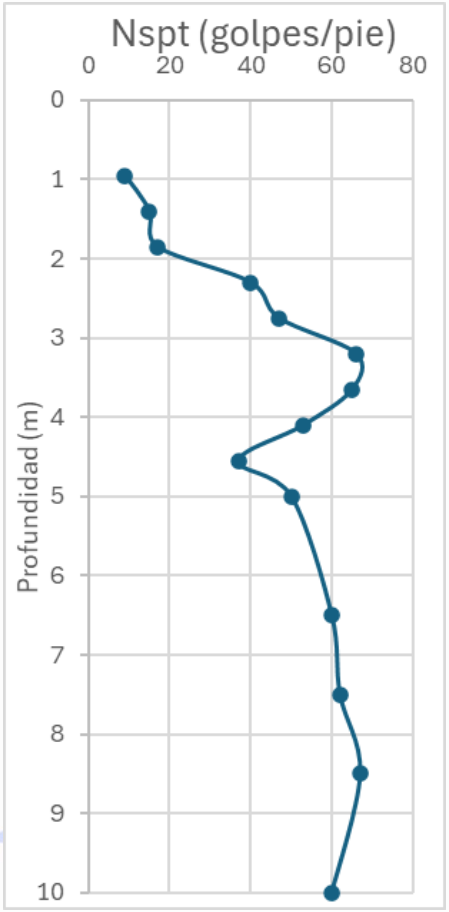
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 58 variación SPT S7



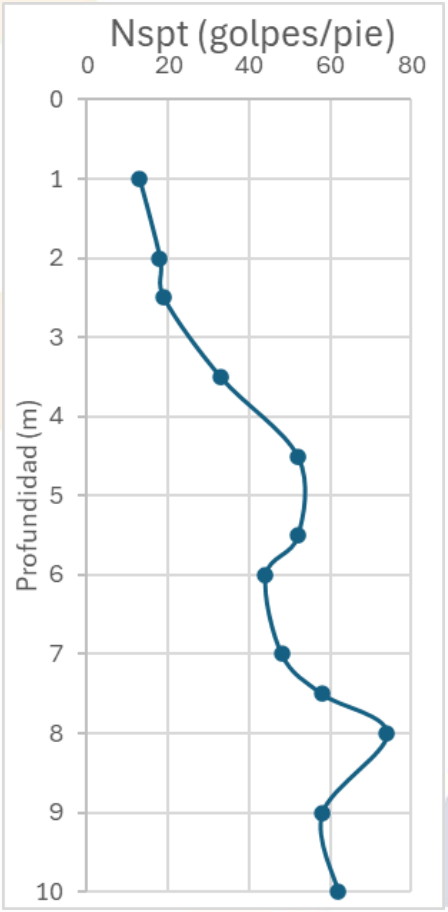
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 59 variación SPT S8



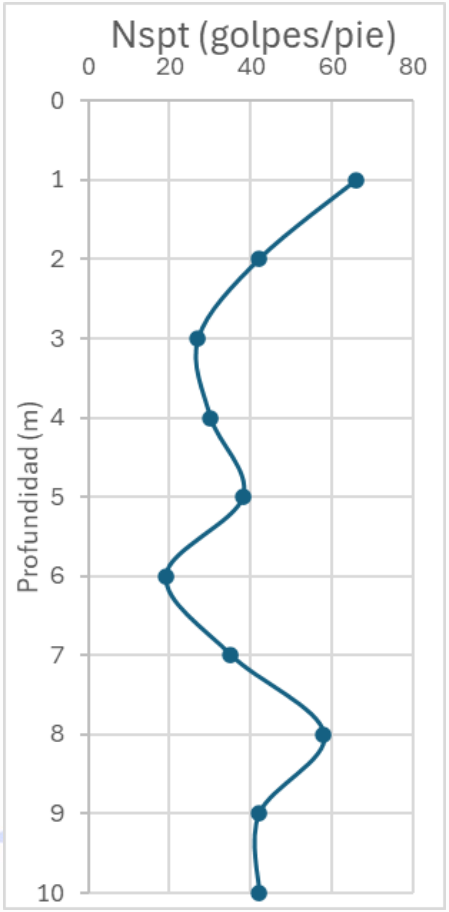
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 60 variación SPT S9



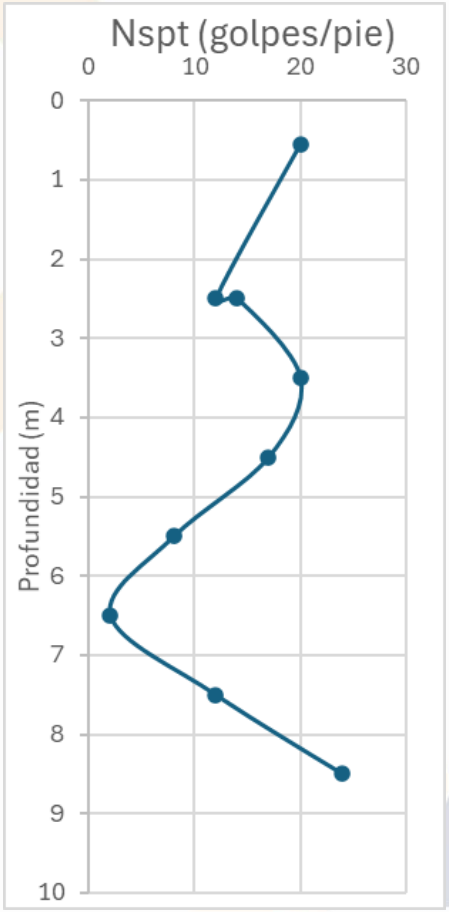
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 61 variación SPT S10



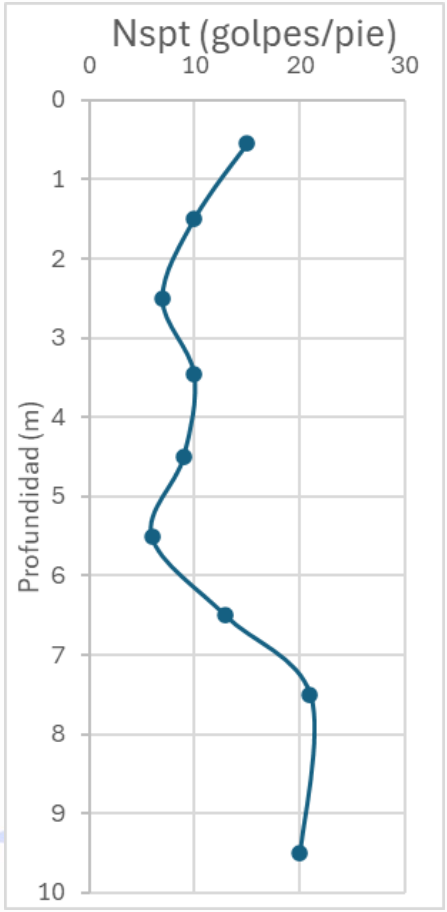
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 62 variación SPT S11



Fuente: Elaboración propia.

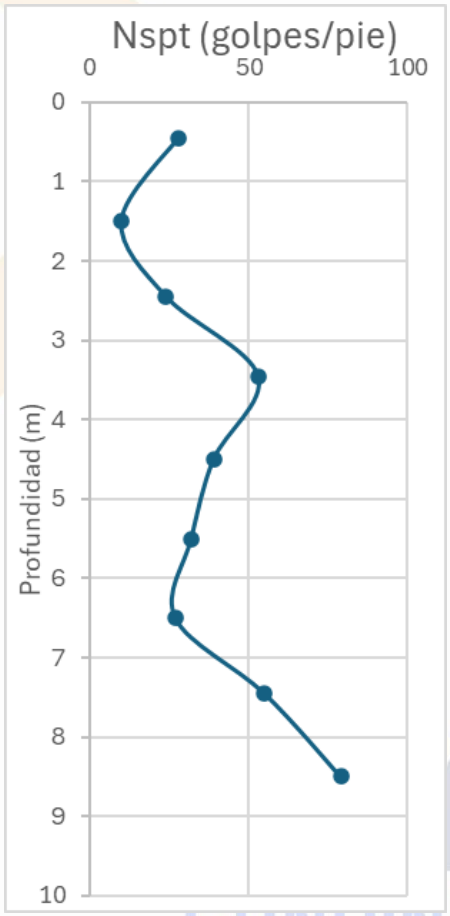
Ilustración 63 variación SPT S12



Fuente: Elaboración propia.

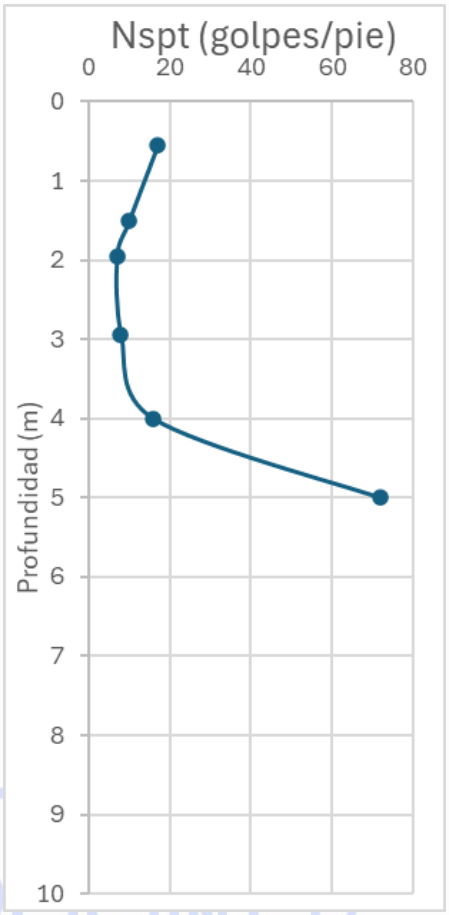
CONSORCIO CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 64 variación SPT S13



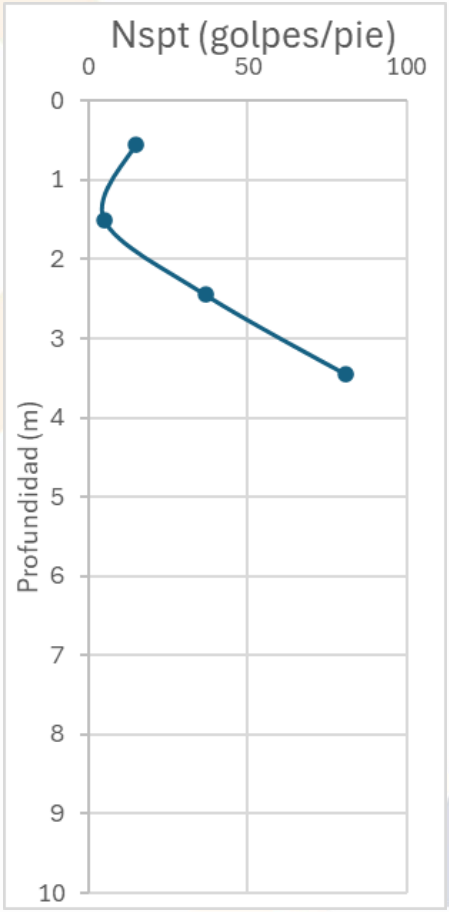
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 65 variación SPT S14



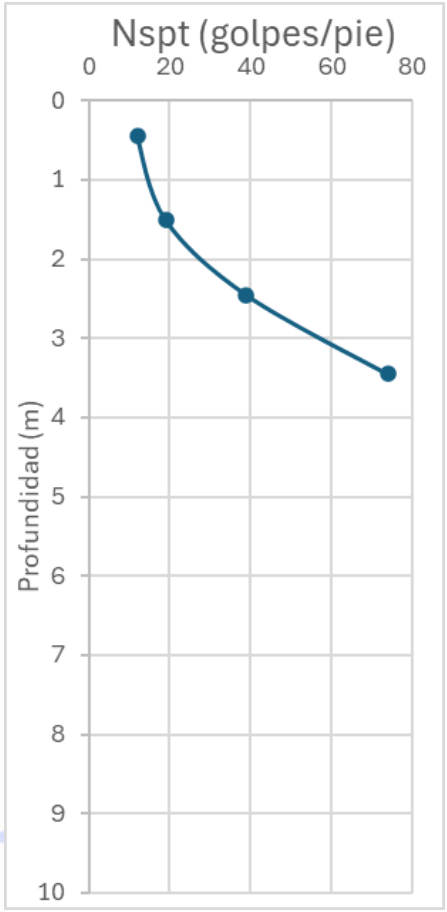
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 66 variación SPT S15



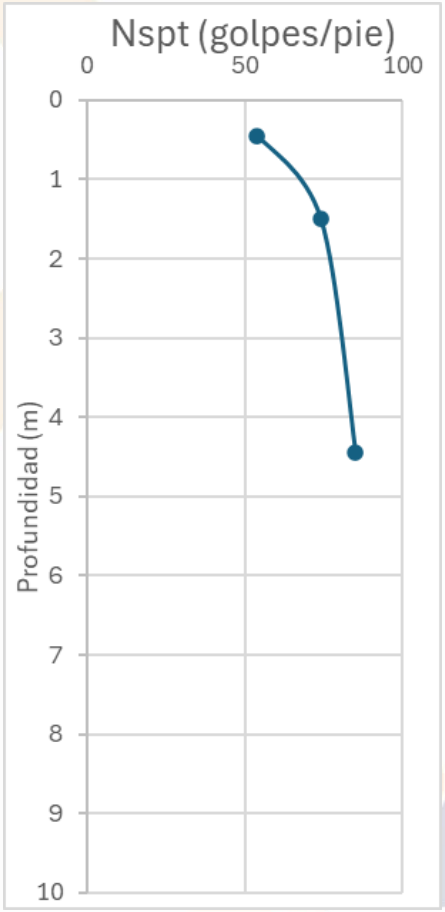
] Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 67 variación SPT S16



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 68 variación SPT S17



Fuente: Elaboración propia.

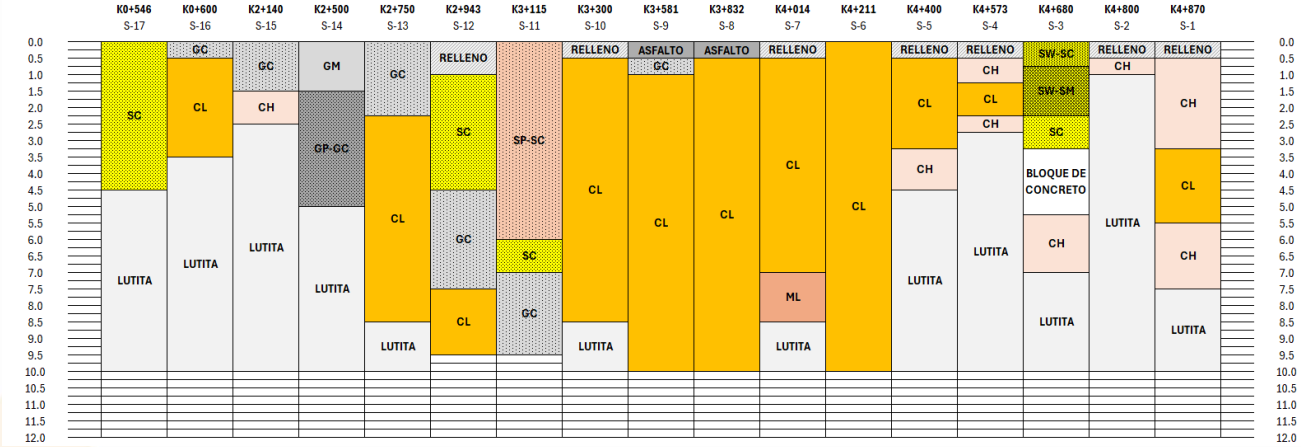
Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17

8.9 SECTORIZACIÓN

Esta actividad se hace considerando los perfiles estratigráficos encontrados en la exploración geotécnica directa, y la morfología del terreno a lo largo del corredor vial.

La variación de la estratigrafía del terreno a lo largo del corredor vial se ilustra a continuación:

Ilustración 69 Perfiles estratigráficos encontrados en la exploración geotécnica directa



Con base en la estratigrafía es posible definir los siguientes sectores:

Tabla 24 Sectores definidos según la estratigrafía

Sector	Abscisas
1	K0+000 – K2+900
2	K2+900 – K4+300
3	K4+300 – K4+895

Por otra parte, a lo largo del corredor se identifican tres sectores homogéneos desde el punto de vista de la morfología:

Tabla 25 Tipo de terreno según la morfología encontrada

Sector	Tipo de Terreno
K0+000 – K2+950	Escarpado
K2+950 – K3+950	Ondulado
K3+950 – K4+895	Divisoria de Aguas

Con todo lo anterior se propone establecer la siguiente sectorización del tramo en estudio:

Tabla 26 Sectorización definitive del corredor vial

Sector	Abscisas	Tipo de Terreno	Profundidad a Roca (m)
1	K0+000 – K2+950	Escarpado	5.0
2	K2+950 – K3+950	Ondulado	8.5
3	K3+950 – K4+300	Divisoria de Aguas	>10.0
4	K4+300 – K4+895	Divisoria de Aguas	7.0

Los resultados de los ensayos de laboratorio muestran que la roca, en este caso lutitas, se encuentran muy alteradas, y solamente fue posible realizar tres (3) ensayos de carga puntual con resultados marginales, de

entre 0.584 MPa, 0.586 MPa, y 6.405 MPa, por lo que se propone considerar el basamento, para efectos de análisis de cimentaciones, como un estrato de suelo cohesivo duro.

8.10 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

El presente capítulo tiene como objetivo la definición de los parámetros geotécnicos requeridos para el desarrollo de los análisis y diseños contemplados en el proyecto. Estos parámetros se establecen a partir de la interpretación y correlación de la información obtenida en la campaña de exploración, incluyendo los ensayos de campo tipo SPT (Standard Penetration Test) y los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras recuperadas. Para el caso de los parámetros derivados del SPT, las correlaciones empleadas se presentan en los capítulos 8.7 PARÁMETROS DE RESISTENCIA y 8.8 PARÁMETROS DE DEFORMACIÓN.

En las perforaciones realizadas a diferentes profundidades, se identificó en la mayoría de los sondeos la presencia de un estrato compuesto por arcillolitas. Este material se encontró en un estado de alta meteorización, con una marcada pérdida de su estructura original y comportamiento mecánico similar al de un suelo fino. En consecuencia, y adoptando un enfoque conservador para la determinación de parámetros geotécnicos y la evaluación de la capacidad portante, dicho estrato fue considerado como suelo, empleando correlaciones y criterios propios de este tipo de material.

Los parámetros de resistencia y deformación para cada uno de los sectores que conforman la vía son los siguientes:

Tabla 27 Parámetros Geotécnicos para el Sector 1 (K0+000 – K2+950)

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	c' (KPa)	ϕ' (°)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	5.0	Arcilla	10	4.4	-	44	22,000
5.0	15.0	Arcilla dura	50	22	25	220	110,000

Tabla 28 Parámetros Geotécnicos para el Sector 2 (K2+950 – K3+950)

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	c' (KPa)	ϕ' (°)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	1.0	Relleno	13	5.0	30	-	39,000
1.0	3.5	Arcilla	23	10	25	101.2	50,600
3.5	15.0	Arcilla dura	50	22	25	220	110,000

Tabla 29 Parámetros Geotécnicos para el Sector 3 (K3+950 – K4+300)

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	c' (KPa)	ϕ' (°)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	0.5	Relleno	20	5.0	35	-	60,000
0.5	8.5	Arcilla	30	13	-	132	66,000
8.5	15.0	Arcilla dura	50	22	25	220	110,000

Tabla 30 Parámetros Geotécnicos para el Sector 4 (K4+300 – K4+895)

PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	c' (KPa)	ϕ' (°)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	3.0	Arcilla	39	17	25	171.6	85,800
3.0	15.0	Arcilla dura	50	22	25	220	110,000

Estos resultados permiten establecer las siguientes características del comportamiento de los materiales examinados:

- En los Sectores 1, 2 y 4 los estratos más superficiales corresponden a suelos residuales; su contacto litológico con los niveles más meteorizados del basamento rocoso es paralelo a la pared del talud inferior. El sector 3 corresponde a una zona en terraplén a lo largo de una divisoria de aguas.

- Los suelos residuales más deformables y de menor resistencia se encuentran en el Sector 1 del proyecto.

- Las pruebas de determinación de propiedades índice permiten establecer que los suelos residuales a lo largo del proyecto están sobreconsolidados, esto teniendo en cuenta que los contenidos de humedad son muy inferiores, en la mayor parte de los casos, a los límites líquidos. Esta condición limita la compresibilidad de esos estratos.

- Los contenidos de humedad de los suelos residuales son bajos e indican que estos estratos no son susceptibles a la percolación, esto en virtud de los contenidos altos de finos que muestran y que determinan la presencia de bajas permeabilidades.

- Los pesos unitarios reportados para los suelos residuales indican que estos materiales, en su estado natural, no son colapsables.

- Si bien la exploración geotécnica muestra la presencia de lutitas, los materiales recuperados corresponden realmente a niveles de roca muy meteorizada más asimilables a suelo y que no permitieron la recuperación de núcleos; para análisis se propone caracterizar esos materiales como suelos cohesivos duros.

Por otra parte, los parámetros geotécnicos para el cálculo de cimentaciones en uno de los sitios críticos examinados son los siguientes:

Tabla 31 Parámetros geotécnicos K2+140 - SONDEO 15

SONDEO 15 K2+140						
PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	N_{60} (golpes/pie)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	2.0	Arcilla	10	-	44	30,000
2.0	15.0	Arcilla dura	50	-	220	110,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32 Parámetros geotécnicos K2+500 – SONDEO 14

SONDEO 14 K2+500						
PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	N_{60} (golpes/pie)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	4.5	Grava Arenosa	10	-	44	30,000
4.5	15.0	Arcilla dura	50	-	220	110,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33 Parámetros geotécnicos K2+750 - SONDEO 13

SONDEO 13 K2+750						
PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	N_{60} (golpes/pie)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	5.0	Arcilla	-	-	110.935	55,467.5
5.0	15.0	Arcilla dura	50	-	220	110,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34 Parámetros geotécnicos K3+115 – SONDEO 11

SONDEO 11 K3+115						
PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	N_{60} (golpes/pie)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	5.0	Arena limosa	16	12	-	48,000
5.0	7.0	Arena limosa	7	5.25	-	21,000
7.0	15.0	Grava arenosa	24	18	-	72,000

Fuente: Elaboración propia.

En esta perforación se identificó una condición particular del perfil estratigráfico, en la cual un estrato de alta resistencia subrayase a un estrato de menor capacidad portante. Esta disposición puede generar un comportamiento desfavorable, asociado a posibles fallas por punzonamiento del estrato superior hacia el inferior. En consecuencia, y adoptando un criterio conservador para el análisis y diseño, se decidió asumir parámetros geotécnicos reducidos tanto para el estrato inferior como para el superior

Tabla 35 Parámetros geotécnicos K3+581 - SONDEO 9

SONDEO 9 K3+581						
PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	N_{60} (golpes/pie)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	1.0	Relleno	13	9.75	57.2	39,000
1.0	3.5	Arcilla	23	-	101.2	50,600
3.5	15.0	Arcilla dura	50	-	220	110,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36 Parámetros geotécnicos K3+832 – SONDEO 8

SONDEO 8 K3+832						
PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	N_{60} (golpes/pie)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	2.0	Arcilla	15	-	66	45000
2.0	15.0	Arcilla dura		-	130.14	65,070

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37 Parámetros geotécnicos K4+573 - SONDEO 4

SONDEO 4 K4+573						
PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	N_{60} (golpes/pie)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	3.0	Arcilla	39		171.6	85,800
3.0	15.0	Arcilla dura	50		220	110,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38 Parámetros geotécnicos K4+680 – SONDEO 3

SONDEO 3 K4+680						
PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	N_{60} (golpes/pie)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	5.0	Material de relleno granular	18	13.5		54,000
5.0	15.0	Arcilla dura	50	-	220	110,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39 Parámetros geotécnicos K4+800 - SONDEO 2

SONDEO 2 K4+800						
PROFUNDIDAD (m)		ESTRATO	N_{campo} (golpes/pie)	N_{60} (golpes/pie)	c_u (KPa)	Es (kN/m2)
0.0	2.0	Arcilla	32	-	140.8	96,000
2.0	15.0	Arcilla dura	50	-	220	110,000

Estos valores se emplean en la determinación de los valores de capacidad portante y asentamientos de las obras requeridas en cada sitio.

9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

El presente capítulo aborda el análisis geotécnico orientado a la evaluación de la estabilidad como criterio de diseño para las soluciones de estabilización en los puntos de inestabilidad identificados en el estudio de taludes. Este análisis se desarrolla específicamente para las abscisas K4+680 (Sondeo 3), K4+573 (Sondeo 4), K3+832 (Sondeo 8), K3+581 (Sondeo 9), K3+115 (Sondeo 11), K2+750 (Sondeo 13), K2+500 (Sondeo 14) y K2+140 (Sondeo 15), donde se han previsto intervenciones geotécnicas que requieren la verificación de las condiciones de estabilidad del terreno, así como la definición de medidas correctivas y de contención acordes con las condiciones del sitio.

Tabla 40 – Estructuras proyectadas para los sitios críticos

Sitio Crítico	Abscisa	Tipo de Cimentación	Diámetro [m]	Profundidad [m]	Separación [m]	Tipo de Contención	Altura [m]
SC2	K2+130	Caissons	1.2	5.0	3.0	Muro	2.0
SC3	K2+480	Caissons	1.2	7.0	3.0	Muro	2.0
SC4	K2+770	Caissons	1.2	7.0	3.0	Muro	2.0
SC6	K3+150	Caissons	1.2	10.0	2.4	Pantalla de Caissons	-
SC9	K3+850	Caissons	1.2	5.0	3.0	Viga Cabezal	-
SC10	K4+560	Caissons	1.2	5.0	3.0	Muro	2.0
SC11	K4+650	Caissons	1.2	4.0	3.0	Muro	4.0
SC12	K4+760	Caissons	1.2	4.0	3.0	Muro	2.0

9.1 SITIOS CRÍTICOS

En el presente capítulo se desarrolla la evaluación geotécnica de los sitios críticos previamente identificados durante el reconocimiento de campo del corredor vial. Para cada sector analizado se seleccionó la sección transversal más representativa y desfavorable, considerando las condiciones geométricas del talud, el grado de afectación observado, las características del terreno y los mecanismos potenciales de falla evidenciados en superficie.

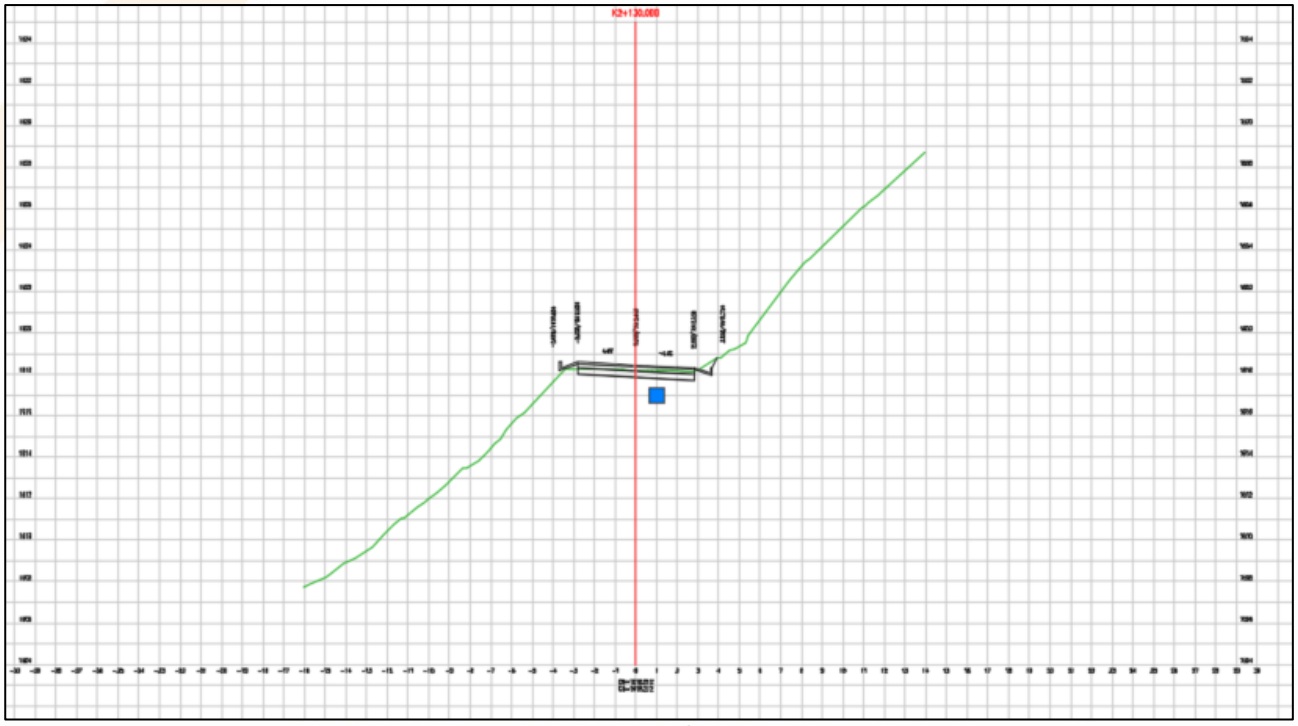
Con base en dichas secciones críticas, se efectuaron análisis de estabilidad bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas (sísmicas), mediante el empleo del software Slide. Estos análisis permitieron estimar los factores de seguridad actuales y proyectados, evaluar el comportamiento de los taludes frente a diferentes escenarios de carga y establecer criterios técnicos para la formulación de alternativas de mitigación y estabilización.

Los análisis de estabilidad global presentados se orientan exclusivamente, en todos los casos, a encontrar la superficie de falla que atraviese la obra con el menor factor de seguridad posible, dentro del alcance del proyecto; esto se logra variando de manera iterativa la profundidad mínima de análisis dentro del terreno en el modelo, resultando en que no se analicen los círculos de falla hipotéticos que están por fuera de la zona de influencia del proyecto.

9.1.1 Sitio Crítico N°2 K2+130– Tramo Quipile

A continuación, se presenta la sección transversal analizada correspondiente al presente sitio crítico, seleccionada por representar la condición más desfavorable del sector en términos de geometría, estado de afectación, características geotécnicas y potencial de inestabilidad. Dicha sección se considera la más crítica para efectos de evaluación, por lo que sobre ella se desarrollan los análisis de estabilidad y la definición de las medidas de intervención requeridas.

Ilustración 70 Sección de análisis

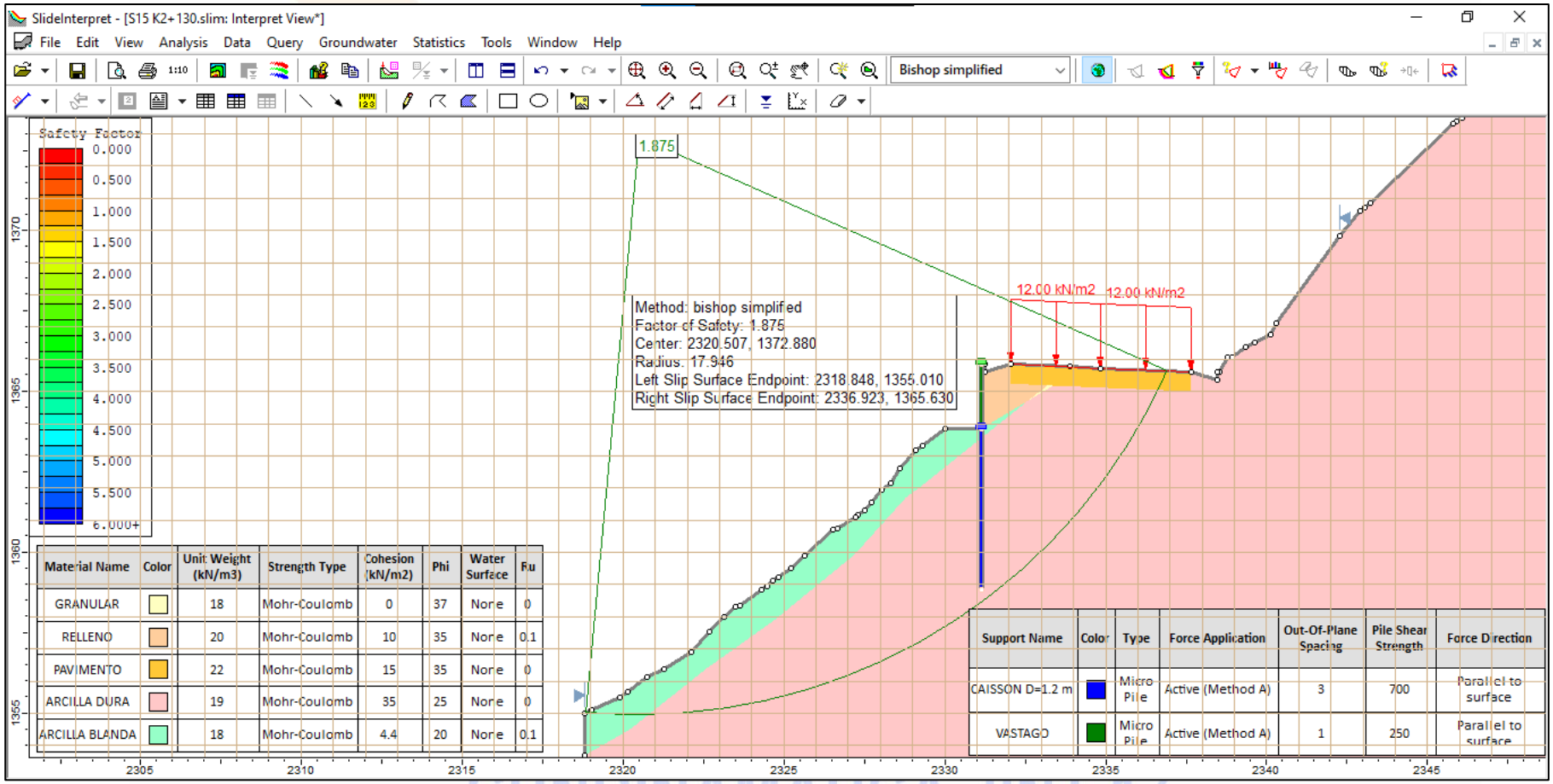


Fuente: Elaboración propia.

Para el presente sitio crítico se plantea como alternativa de solución la construcción de un muro de contención de 2,0 m de altura, cimentado sobre caissons de 1,20 m de diámetro, con una profundidad aproximada de 5,0 m y separación longitudinal de 3,0 m entre ejes. Esta solución busca proporcionar contención lateral al talud, mejorar las condiciones de estabilidad global del sector y controlar los desplazamientos asociados a los procesos de inestabilidad identificados.

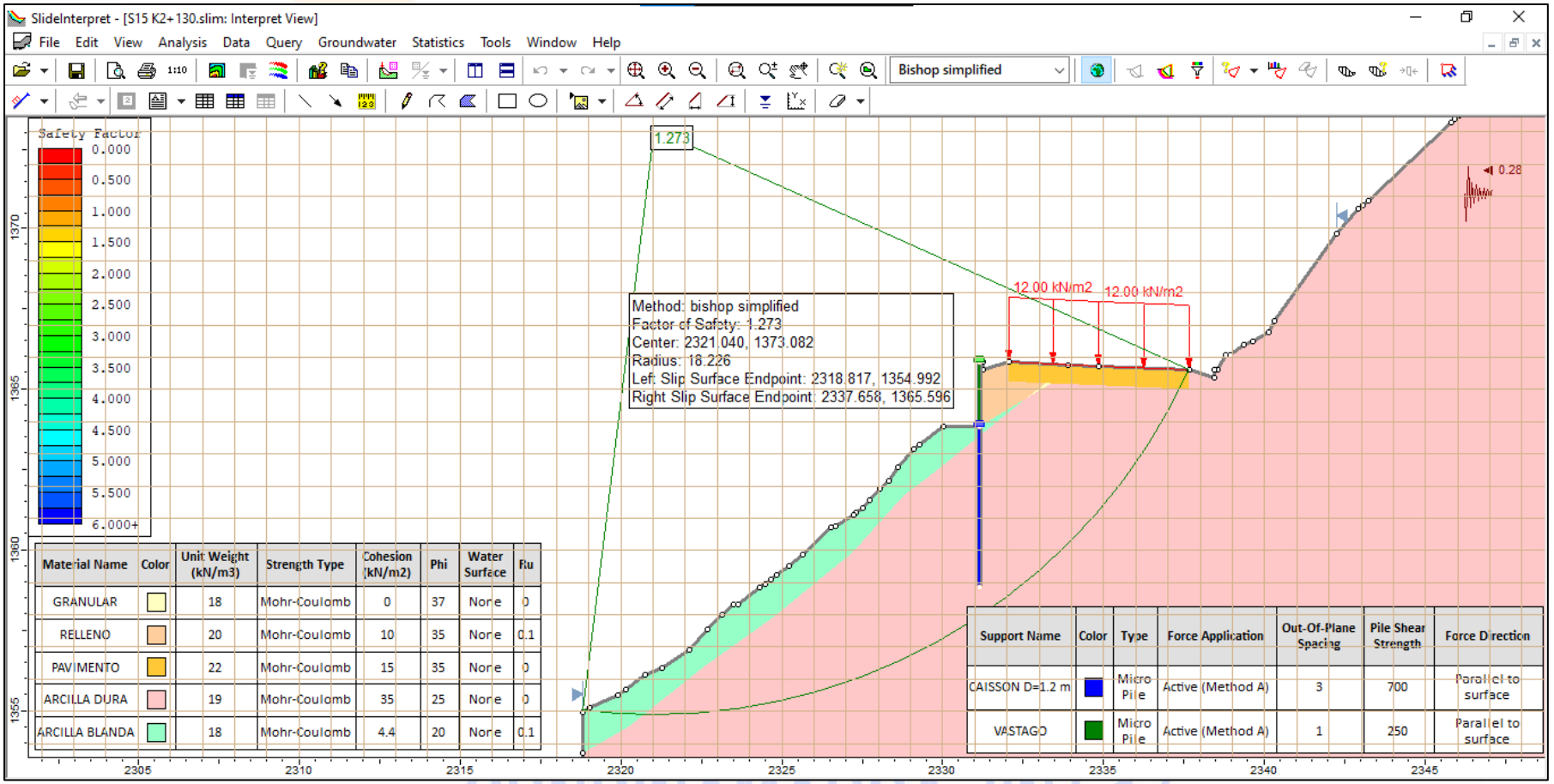
A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad realizados mediante el software Slide, considerando tanto la condición estática como la pseudoestática (con sismo). La evaluación incorpora las obras propuestas de mitigación y estabilización, con el propósito de verificar su efectividad en el incremento de los factores de seguridad y en el mejoramiento de las condiciones generales de estabilidad del sector analizado.

Ilustración 71 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 72 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
GRANULAR		18	Mohr-Coulomb	0	37	None	0
RELLENO		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0.1
PAVIMENTO		22	Mohr-Coulomb	15	35	None	0
ARCILLA DURA		19	Mohr-Coulomb	35	25	None	0
ARCILLA BLANDA		18	Mohr-Coulomb	4.4	20	None	0.1

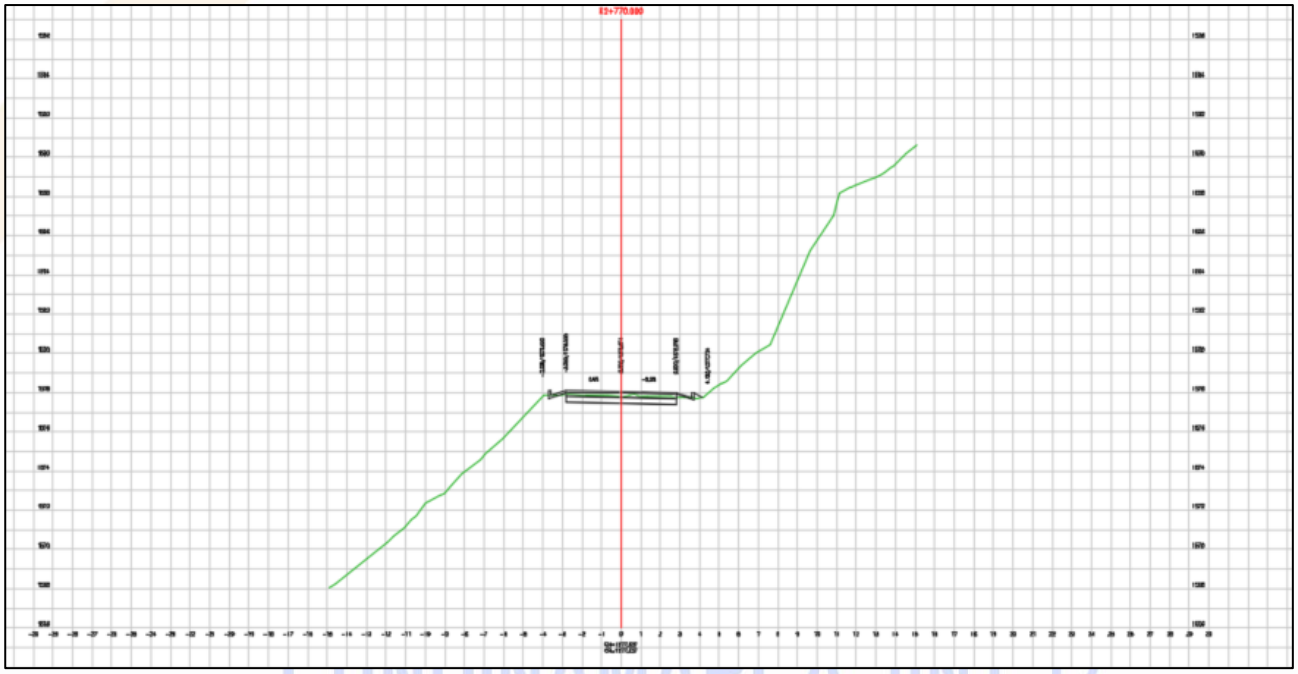
Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Pile Shear Strength	Force Direction
CAISSON D=1.2 m		Micro Pile	Active (Method A)	3	700	Parallel to surface
VASTAGO		Micro Pile	Active (Method A)	1	250	Parallel to surface

Fuente: Elaboración propia.

9.1.2 Sitio Crítico N°3 K2+480– Tramo Quipile

A continuación, se presenta la sección transversal analizada correspondiente al presente sitio crítico, seleccionada por representar la condición más desfavorable del sector en términos de geometría, estado de afectación, características geotécnicas y potencial de inestabilidad. Dicha sección se considera la más crítica para efectos de evaluación, por lo que sobre ella se desarrollan los análisis de estabilidad y la definición de las medidas de intervención requeridas.

Ilustración 73 Sección de análisis

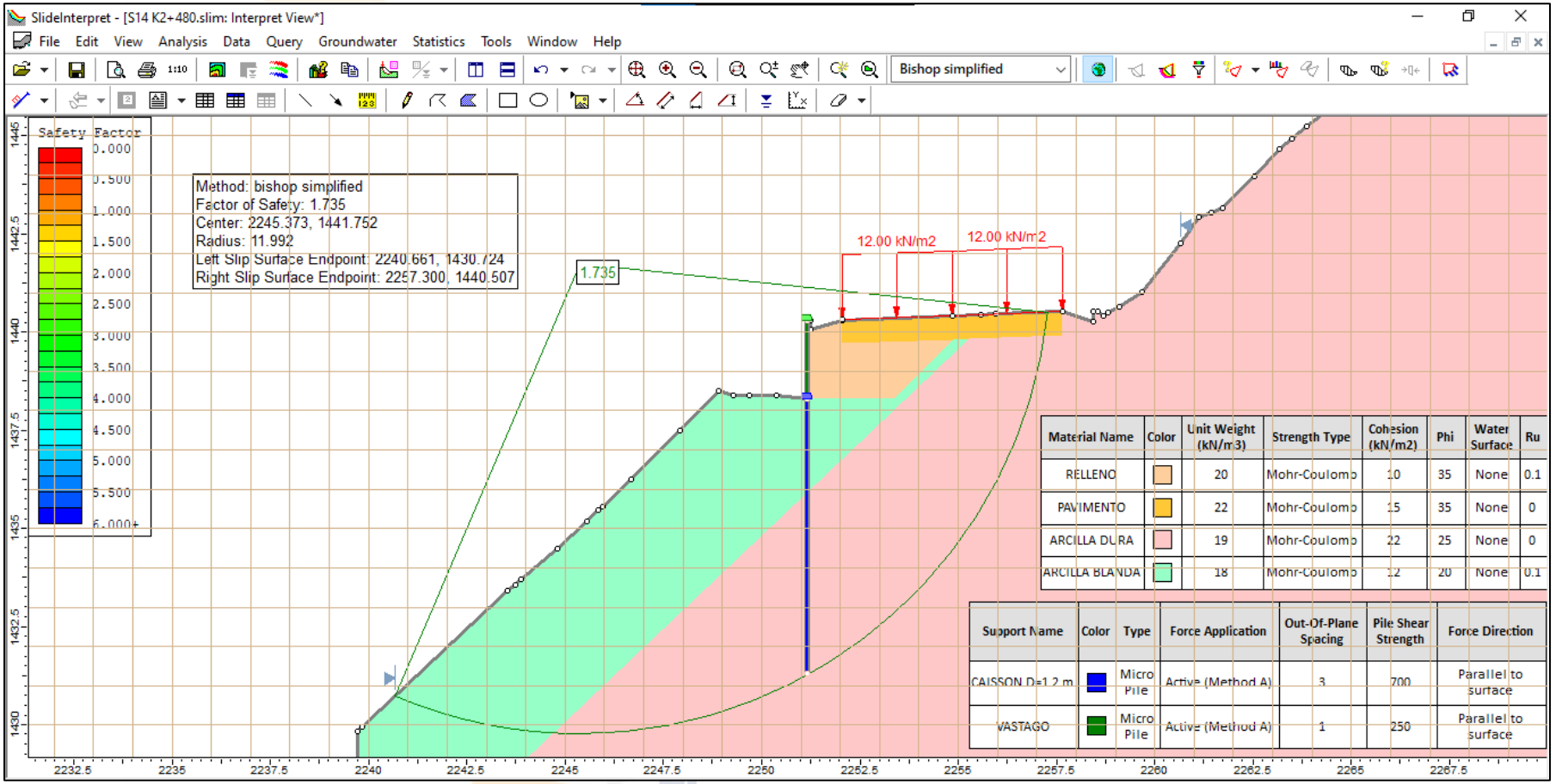


Fuente: Elaboración propia.

Para el presente sitio crítico se plantea como alternativa de solución la construcción de un muro de contención de 2,0 m de altura, cimentado sobre caissons de 1,20 m de diámetro, con una profundidad aproximada de 7,0 m y separación longitudinal de 3,0 m entre ejes. Esta solución busca proporcionar contención lateral al talud, mejorar las condiciones de estabilidad global del sector y controlar los desplazamientos asociados a los procesos de inestabilidad identificados.

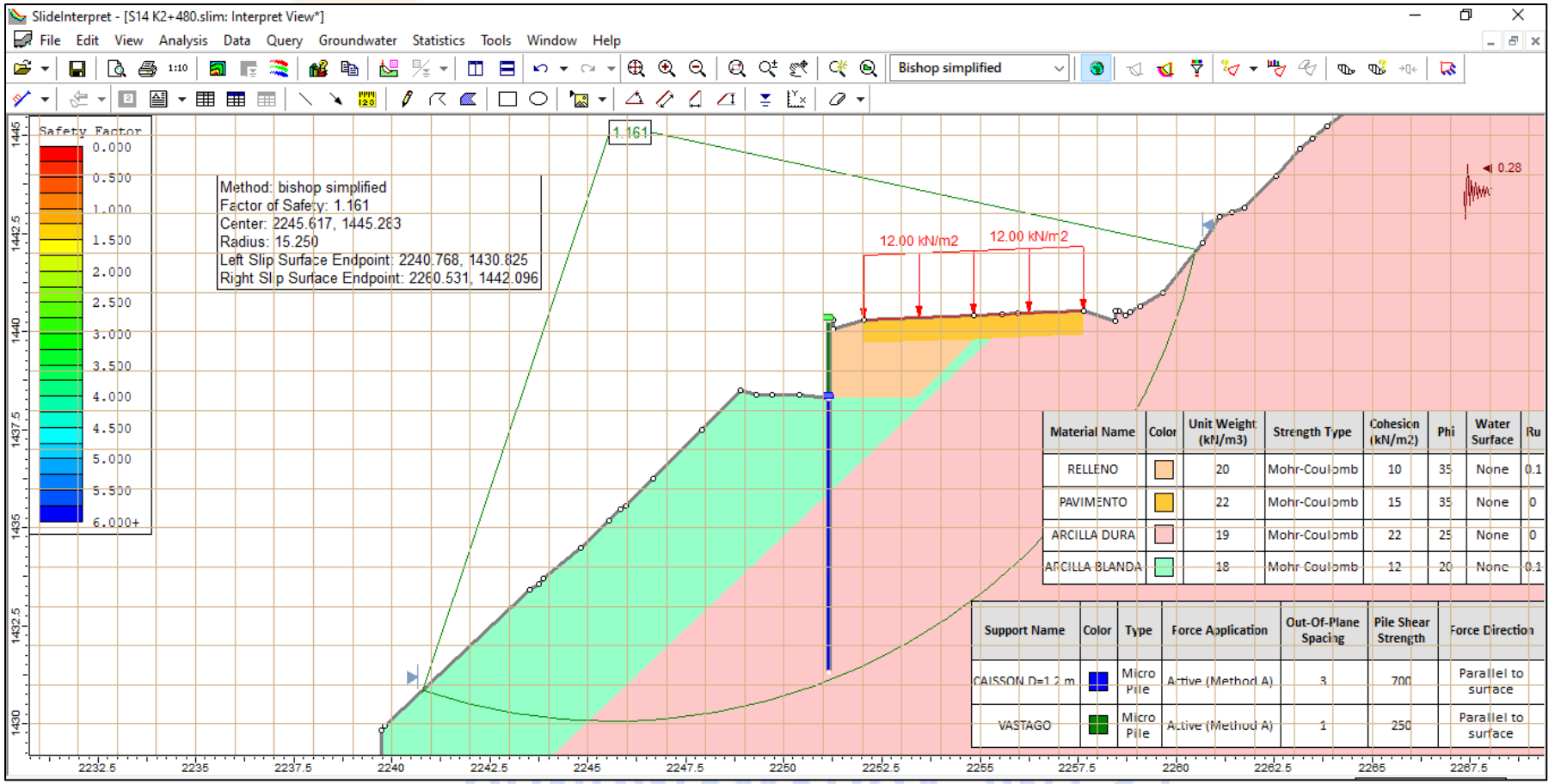
A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad realizados mediante el software Slide, considerando tanto la condición estática como la pseudoestática (con sismo). La evaluación incorpora las obras propuestas de mitigación y estabilización, con el propósito de verificar su efectividad en el incremento de los factores de seguridad y en el mejoramiento de las condiciones generales de estabilidad del sector analizado.

Ilustración 74 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 75 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global

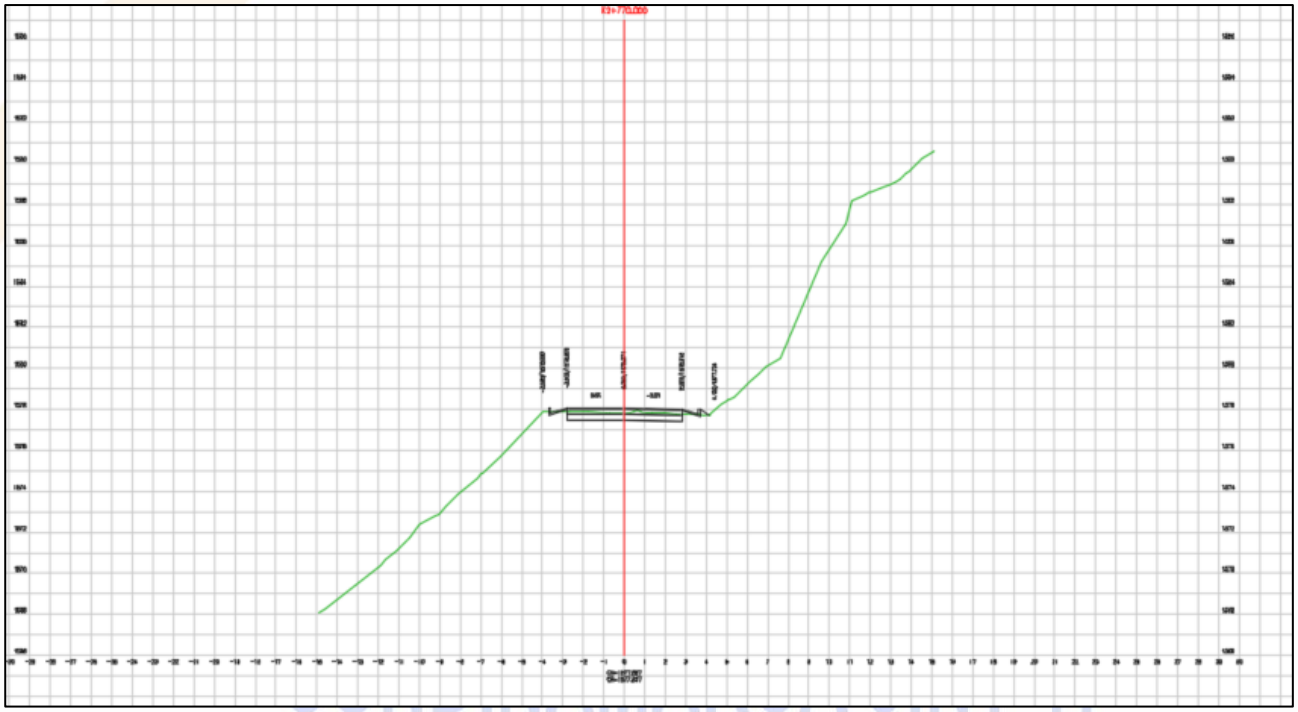


Fuente: Elaboración propia.

9.1.3 Sitio Crítico N°4 K2+770– Tramo Quipile

A continuación, se presenta la sección transversal analizada correspondiente al presente sitio crítico, seleccionada por representar la condición más desfavorable del sector en términos de geometría, estado de afectación, características geotécnicas y potencial de inestabilidad. Dicha sección se considera la más crítica para efectos de evaluación, por lo que sobre ella se desarrollan los análisis de estabilidad y la definición de las medidas de intervención requeridas.

Ilustración 76 Sección de análisis

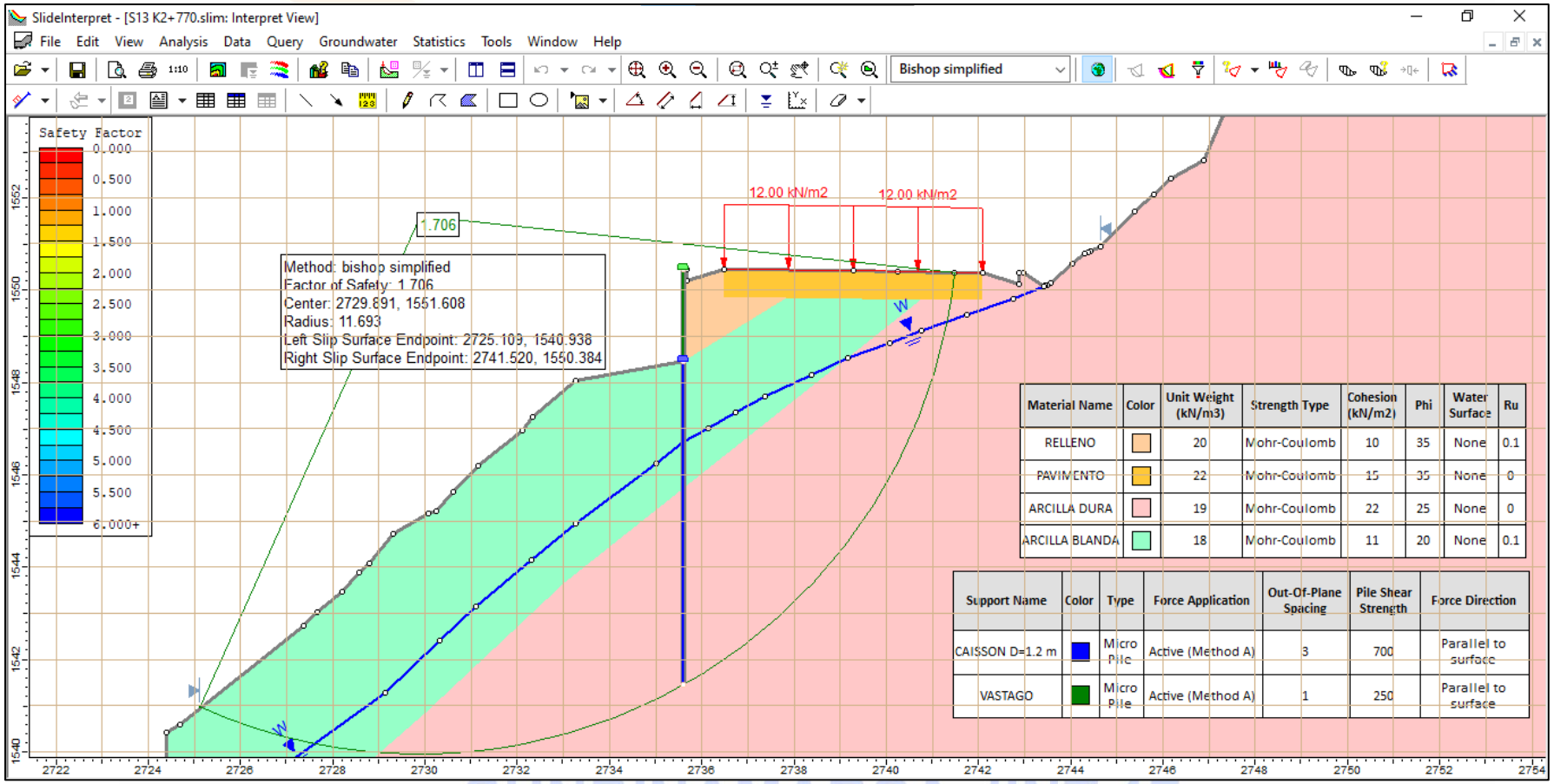


Fuente: Elaboración propia.

Para el presente sitio crítico se plantea como alternativa de solución la construcción de un muro de contención de 2,0 m de altura, cimentado sobre caissons de 1,20 m de diámetro, con una profundidad aproximada de 7,0 m y separación longitudinal de 3,0 m entre ejes. Esta solución busca proporcionar contención lateral al talud, mejorar las condiciones de estabilidad global del sector y controlar los desplazamientos asociados a los procesos de inestabilidad identificados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad realizados mediante el software Slide, considerando tanto la condición estática como la pseudoestática (con sismo). La evaluación incorpora las obras propuestas de mitigación y estabilización, con el propósito de verificar su efectividad en el incremento de los factores de seguridad y en el mejoramiento de las condiciones generales de estabilidad del sector analizado.

Ilustración 77 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global



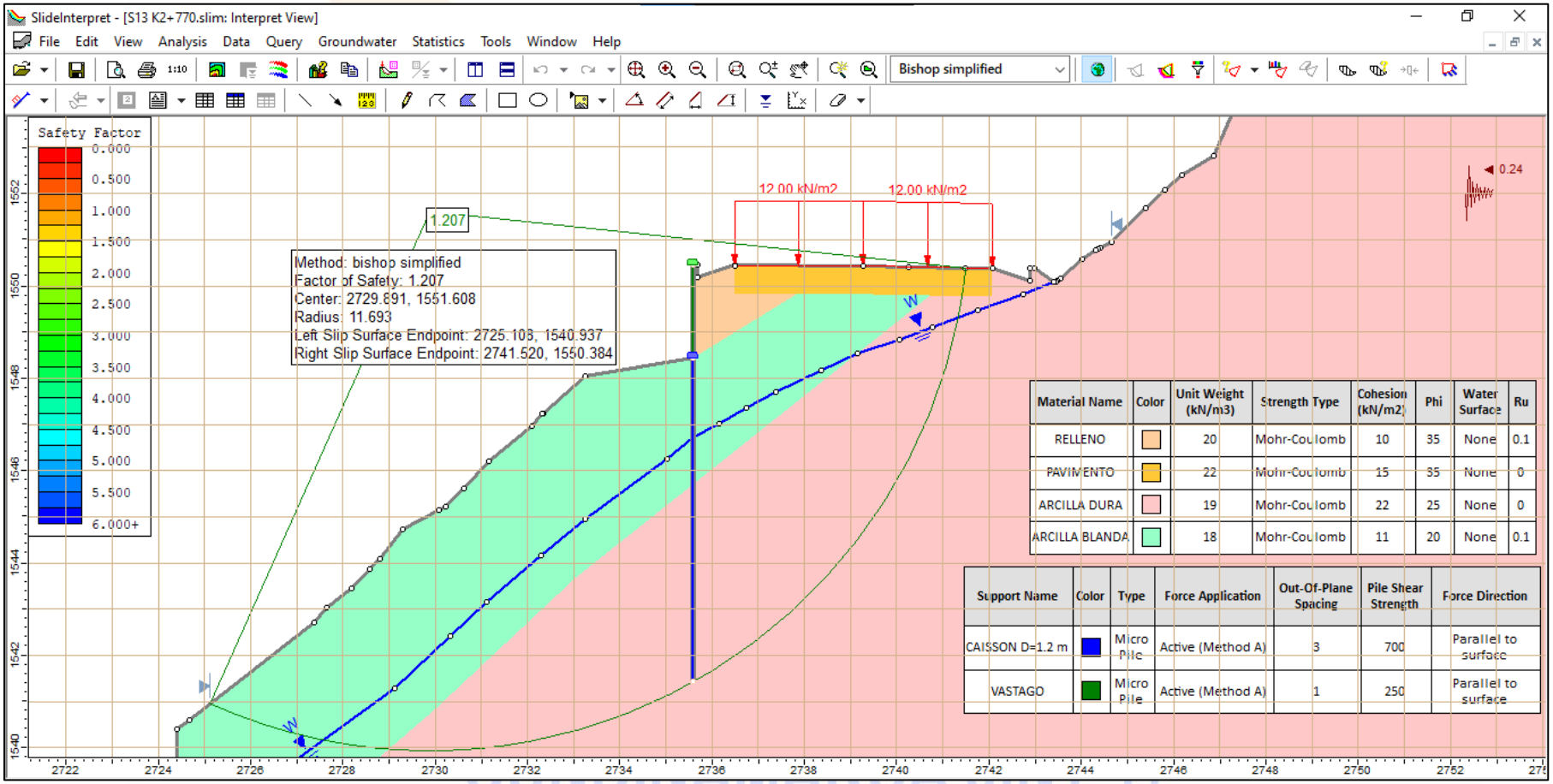
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
RELLENO		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0.1
PAVIMENTO		22	Mohr-Coulomb	15	35	None	0
ARCILLA DURA		19	Mohr-Coulomb	22	25	None	0
ARCILLA BLANDA		18	Mohr-Coulomb	11	20	None	0.1

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Pile Shear Strength	Force Direction
CAISSON D=1.2 m		Micro Pile	Active (Method A)	3	700	Parallel to surface
VASTAGO		Micro Pile	Active (Method A)	1	250	Parallel to surface

Fuente: Elaboración propia.

CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 78 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
RELLENO		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0.1
PAVIMENTO		22	Mohr-Coulomb	15	35	None	0
ARCILLA DURA		19	Mohr-Coulomb	22	25	None	0
ARCILLA BLANDA		18	Mohr-Coulomb	11	20	None	0.1

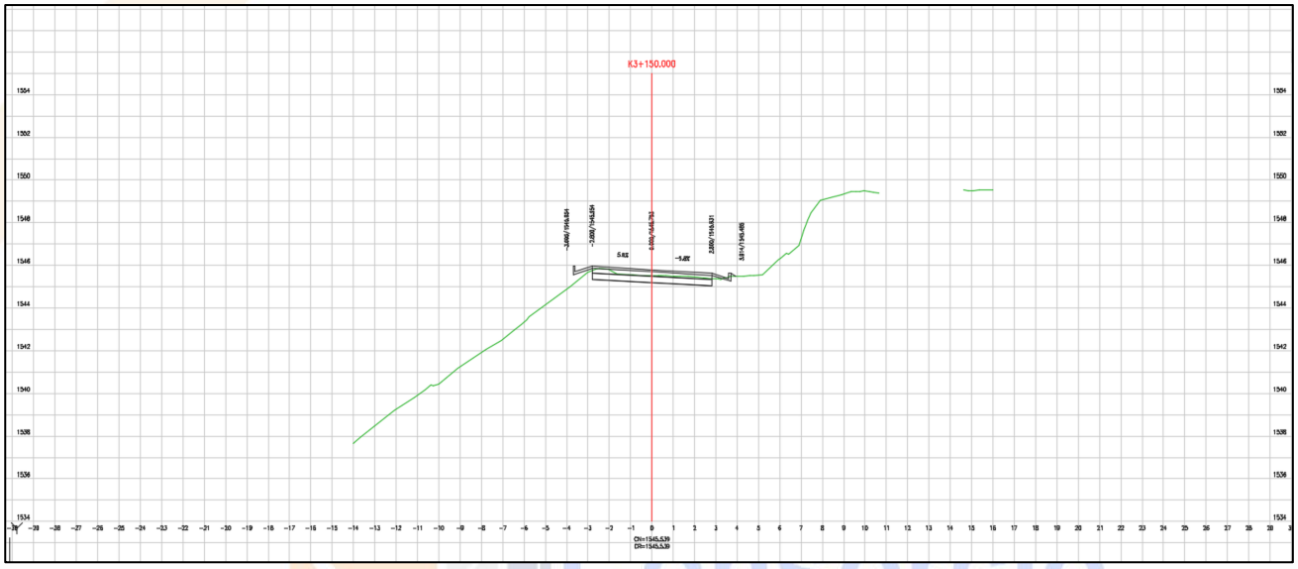
Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Pile Shear Strength	Force Direction
CAISSON D=1.2 m		Micro Pile	Active (Method A)	3	700	Parallel to surface
VASTAGO		Micro Pile	Active (Method A)	1	250	Parallel to surface

Fuente: Elaboración propia.

9.1.5 Sitio Crítico N°6 K3+150– Tramo Quipile

A continuación, se presenta la sección transversal analizada correspondiente al presente sitio crítico, seleccionada por representar la condición más desfavorable del sector en términos de geometría, estado de afectación, características geotécnicas y potencial de inestabilidad. Dicha sección se considera la más crítica para efectos de evaluación, por lo que sobre ella se desarrollan los análisis de estabilidad y la definición de las medidas de intervención requeridas.

Ilustración 79 Sección de análisis



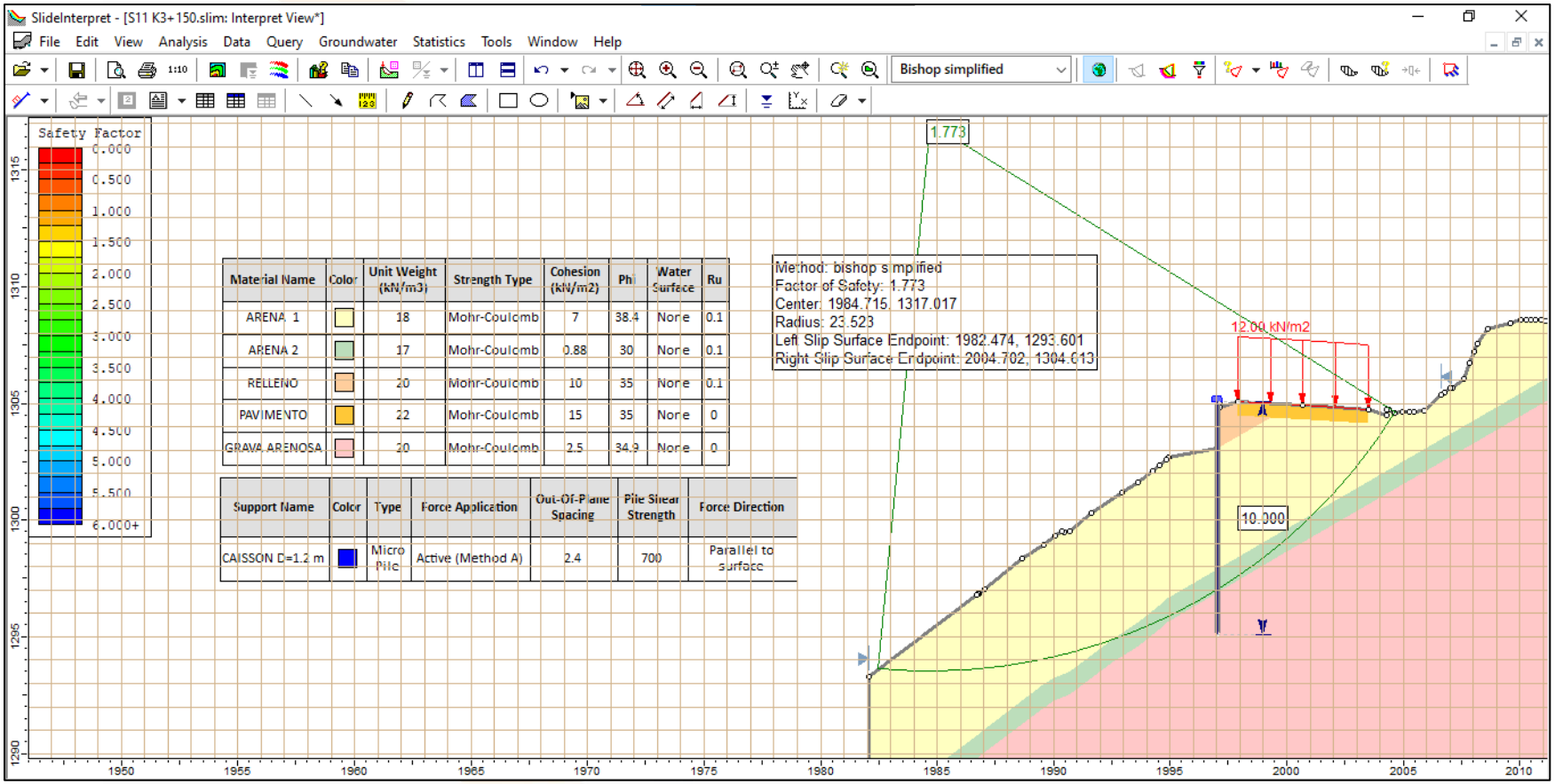
Fuente: Elaboración propia.

Para el presente sitio crítico se plantea como alternativa de solución la construcción de una pantalla de caissons de 1,20 m de diámetro, con una profundidad aproximada de 10,0 m y separación longitudinal de 2,4 m entre ejes. Esta solución busca proporcionar contención lateral al talud, mejorar las condiciones de estabilidad global del sector y controlar los desplazamientos asociados a los procesos de inestabilidad identificados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad realizados mediante el software Slide, considerando tanto la condición estática como la pseudoestática (con sismo). La evaluación incorpora las obras propuestas de mitigación y estabilización, con el propósito de verificar su efectividad en el incremento de los factores de seguridad y en el mejoramiento de las condiciones generales de estabilidad del sector analizado.

Nota// El valor del ángulo de fricción phi' para el estrato Arena 2 se revisó con los resultados de la línea sísmica MASW-04, según la cual el valor de N es de 12 golpes/pie; para este valor, empleando la expresión de Hatanaka y Uchida (1996), el valor calculado de phi es de 32°, pero para análisis el valor de este parámetro se limita a 30°.

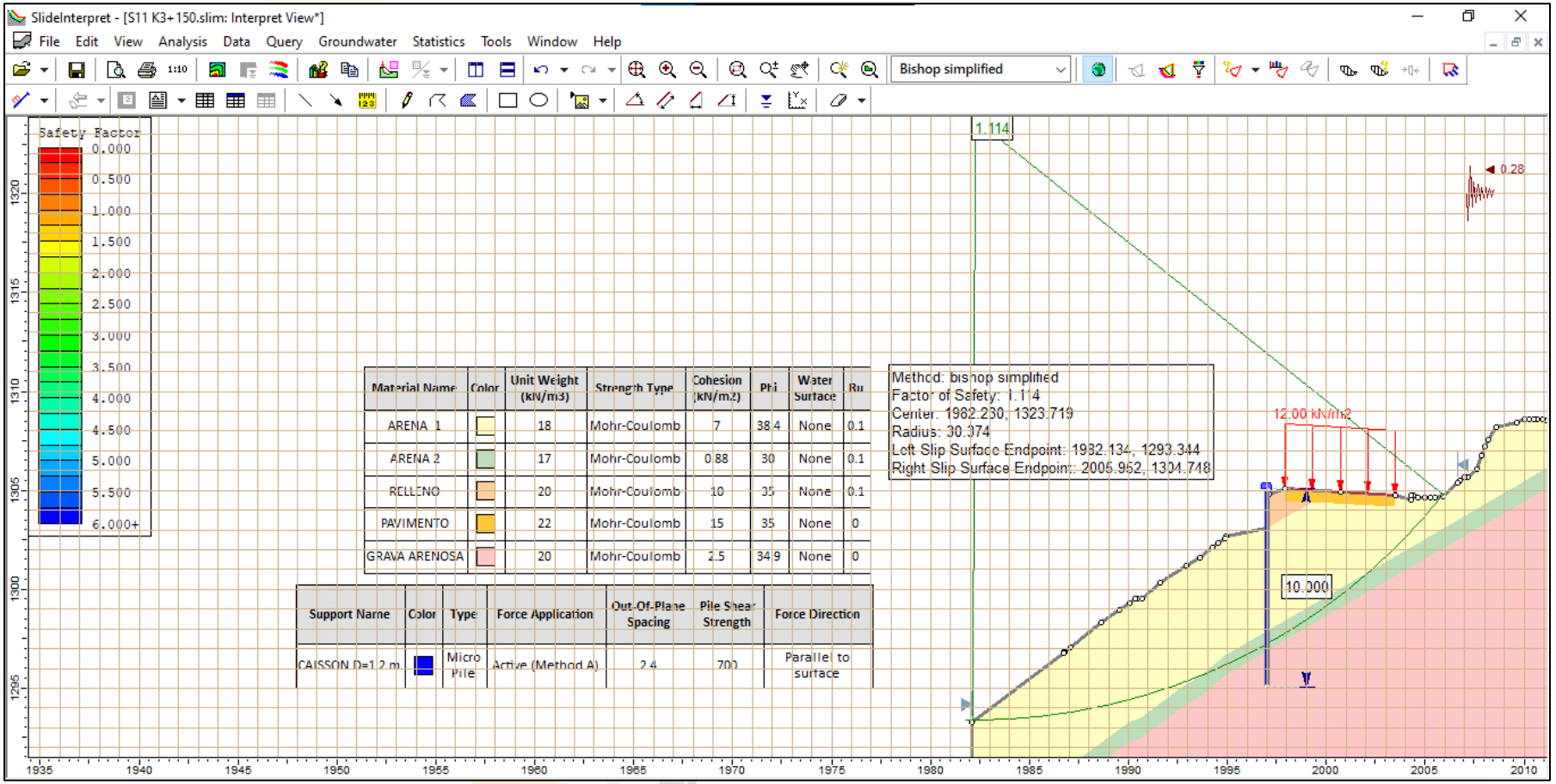
Ilustración 80 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global.



Fuente: Elaboración propia.

CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 81 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global

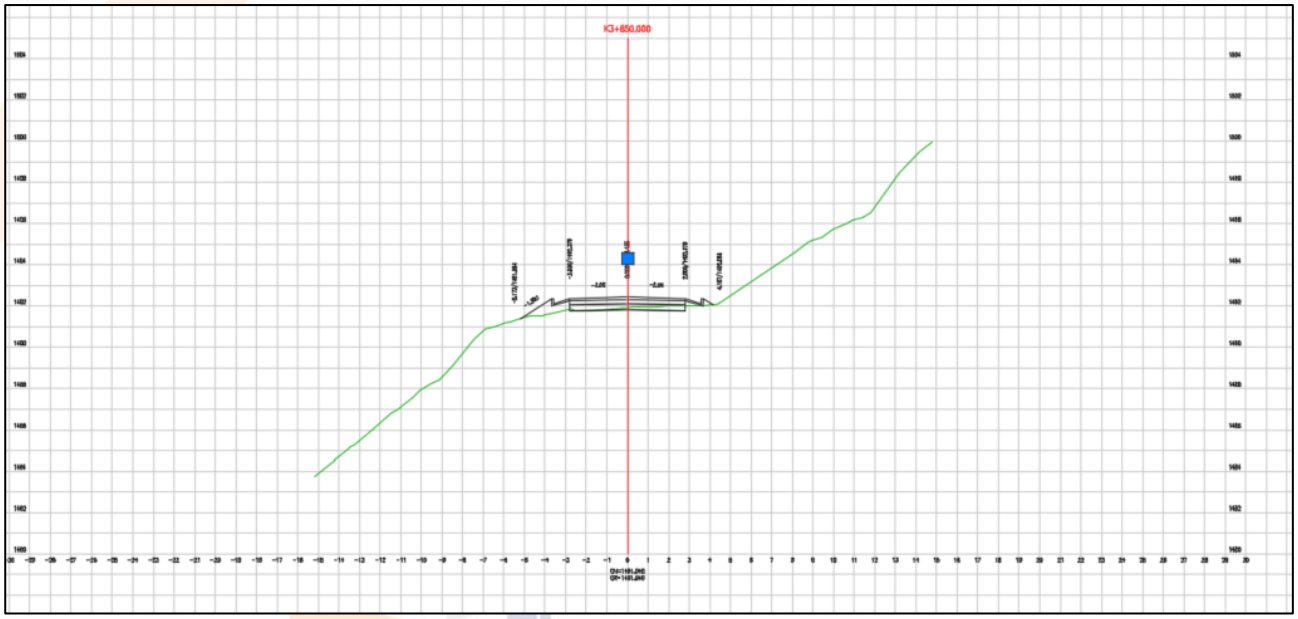


Fuente: Elaboración propia.

9.1.7 Sitio Crítico N°9 K3+850 – Tramo Quipile

A continuación, se presenta la sección transversal analizada correspondiente al presente sitio crítico, seleccionada por representar la condición más desfavorable del sector en términos de geometría, estado de afectación, características geotécnicas y potencial de inestabilidad. Dicha sección se considera la más crítica para efectos de evaluación, por lo que sobre ella se desarrollan los análisis de estabilidad y la definición de las medidas de intervención requeridas.

Ilustración 82 Sección de análisis

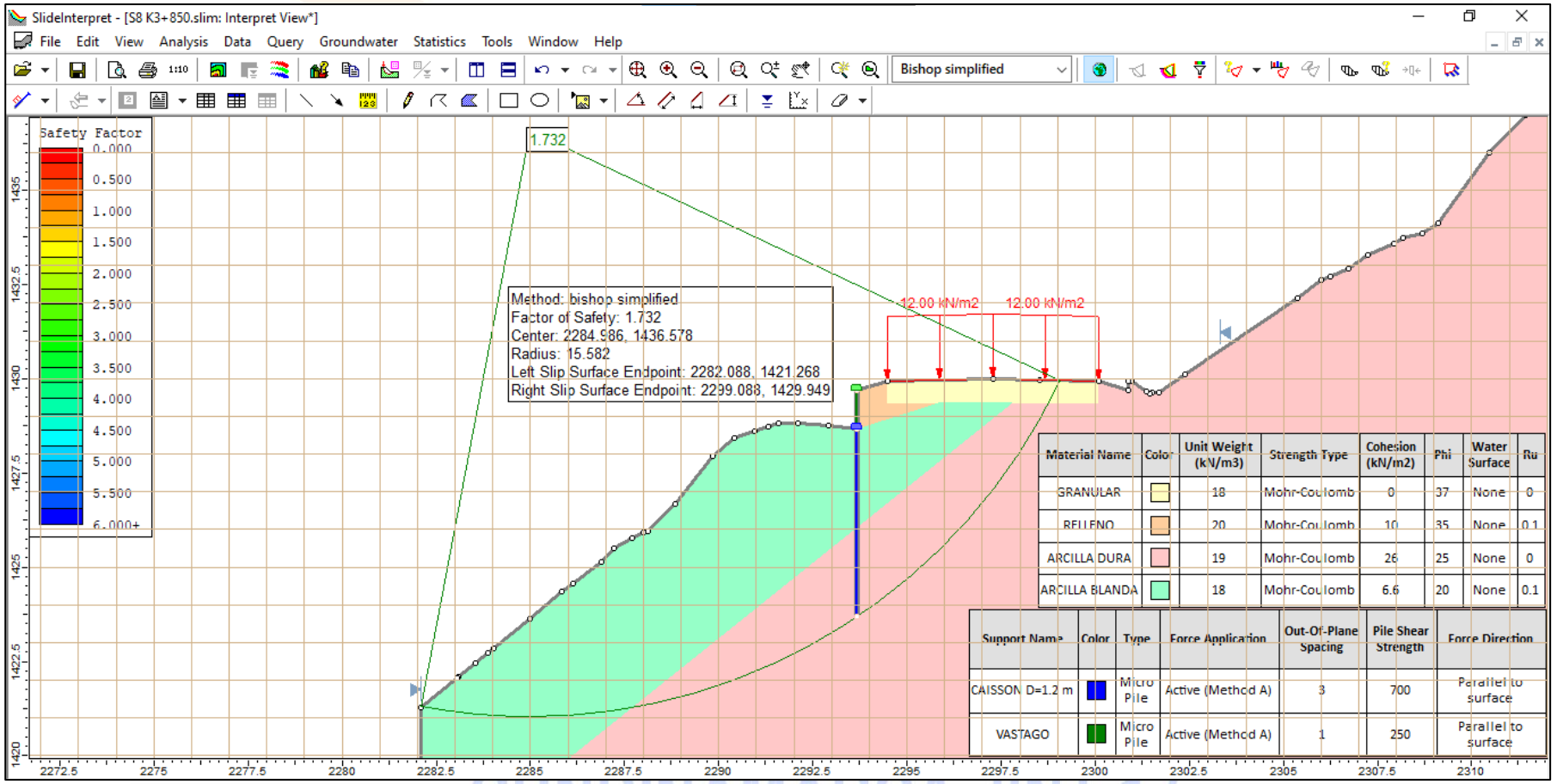


Fuente: Elaboración propia.

Para el presente sitio crítico se plantea como alternativa de solución la construcción de una viga cabezal cimentada sobre caissons de 1,20 m de diámetro, con una profundidad aproximada de 5,0 m y separación longitudinal de 3,0 m entre ejes. Esta solución busca proporcionar contención lateral al talud, mejorar las condiciones de estabilidad global del sector y controlar los desplazamientos asociados a los procesos de inestabilidad identificados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad realizados mediante el software Slide, considerando tanto la condición estática como la pseudoestática (con sismo). La evaluación incorpora las obras propuestas de mitigación y estabilización, con el propósito de verificar su efectividad en el incremento de los factores de seguridad y en el mejoramiento de las condiciones generales de estabilidad del sector analizado.

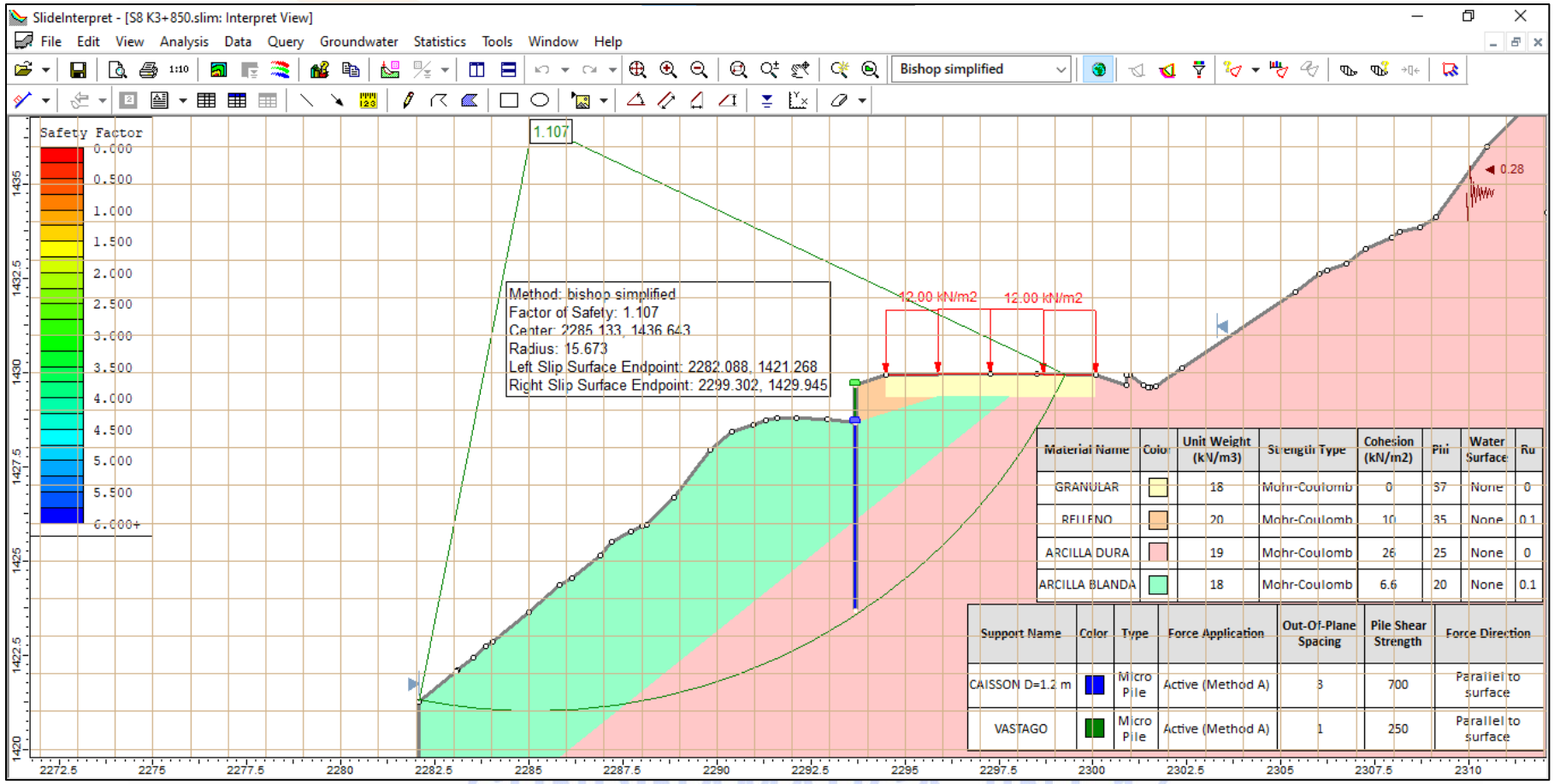
Ilustración 83 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global



Fuente: Elaboración propia.

CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 84 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global

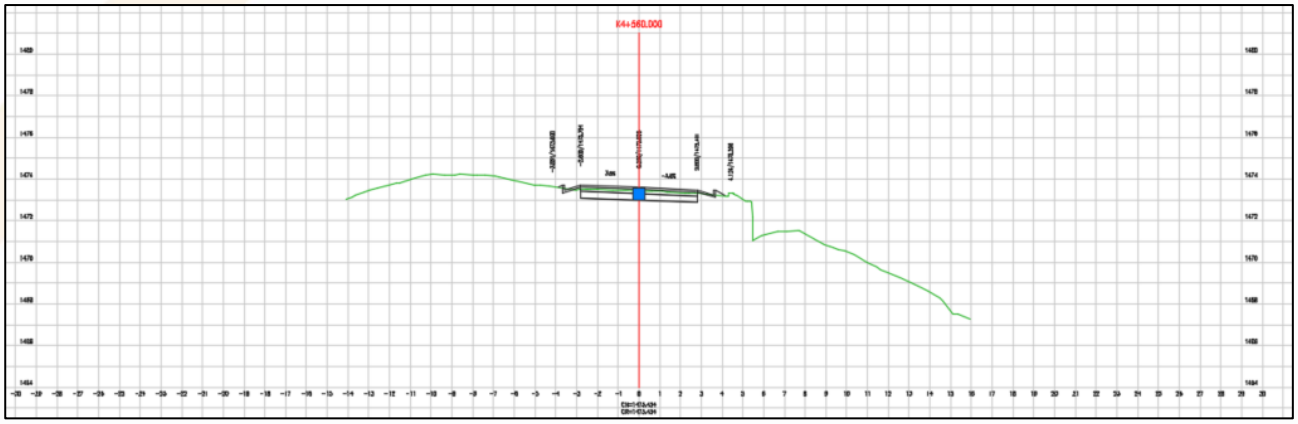


Fuente: Elaboración propia.

9.1.8 Sitio Crítico N°10 K4+560 – Tramo Quipile

A continuación, se presenta la sección transversal analizada correspondiente al presente sitio crítico, seleccionada por representar la condición más desfavorable del sector en términos de geometría, estado de afectación, características geotécnicas y potencial de inestabilidad. Dicha sección se considera la más crítica para efectos de evaluación, por lo que sobre ella se desarrollan los análisis de estabilidad y la definición de las medidas de intervención requeridas.

Ilustración 85 Sección de análisis

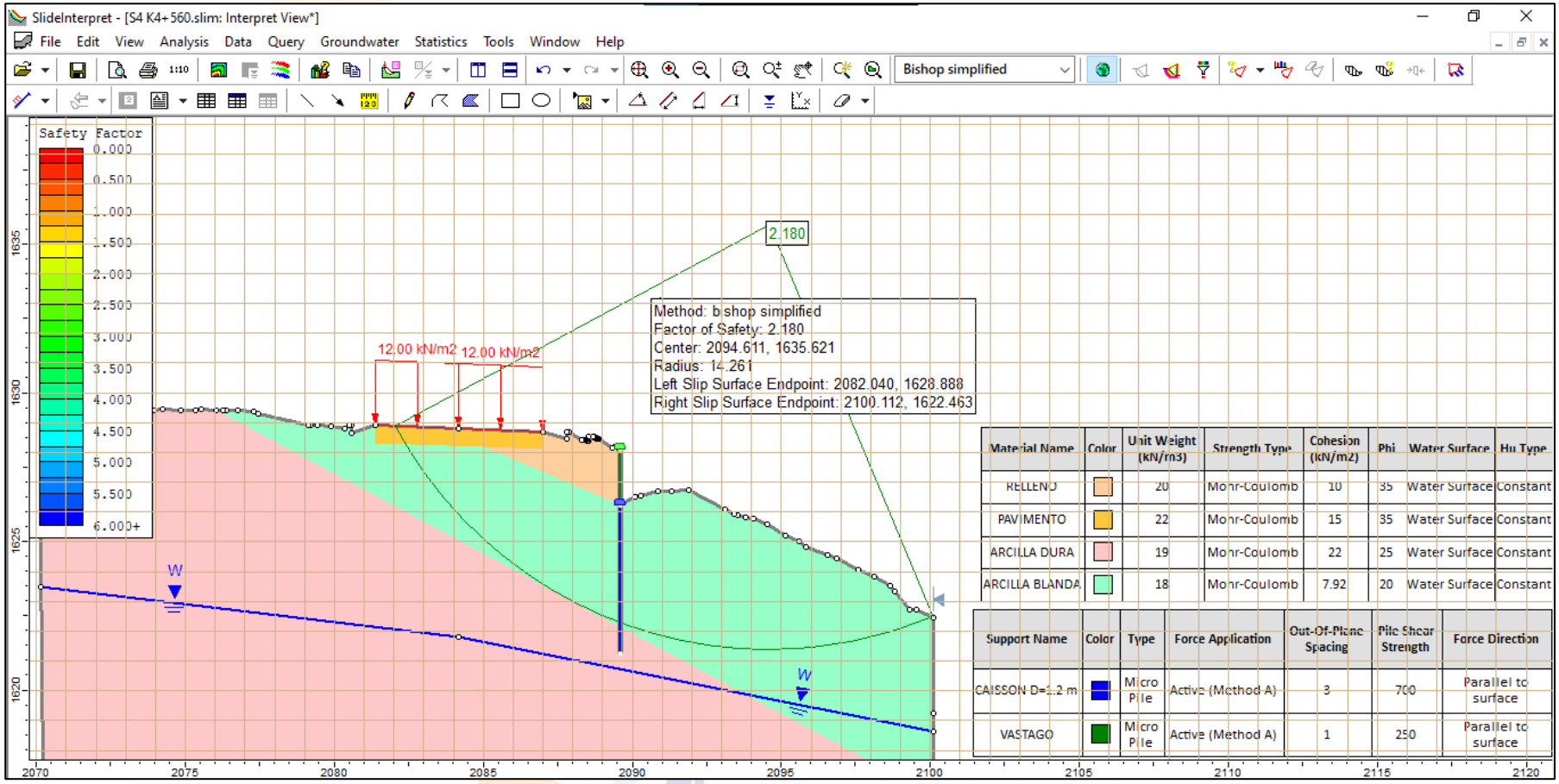


Fuente: Elaboración propia.

Para el presente sitio crítico se plantea como alternativa de solución la construcción de un muro de contención de 2,0 m de altura, cimentado sobre caissons de 1,20 m de diámetro, con una profundidad aproximada de 5,0 m y separación longitudinal de 3,0 m entre ejes. Esta solución busca proporcionar contención lateral al talud, mejorar las condiciones de estabilidad global del sector y controlar los desplazamientos asociados a los procesos de inestabilidad identificados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad realizados mediante el software Slide, considerando tanto la condición estática como la pseudoestática (con sismo). La evaluación incorpora las obras propuestas de mitigación y estabilización, con el propósito de verificar su efectividad en el incremento de los factores de seguridad y en el mejoramiento de las condiciones generales de estabilidad del sector analizado.

Ilustración 86 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global

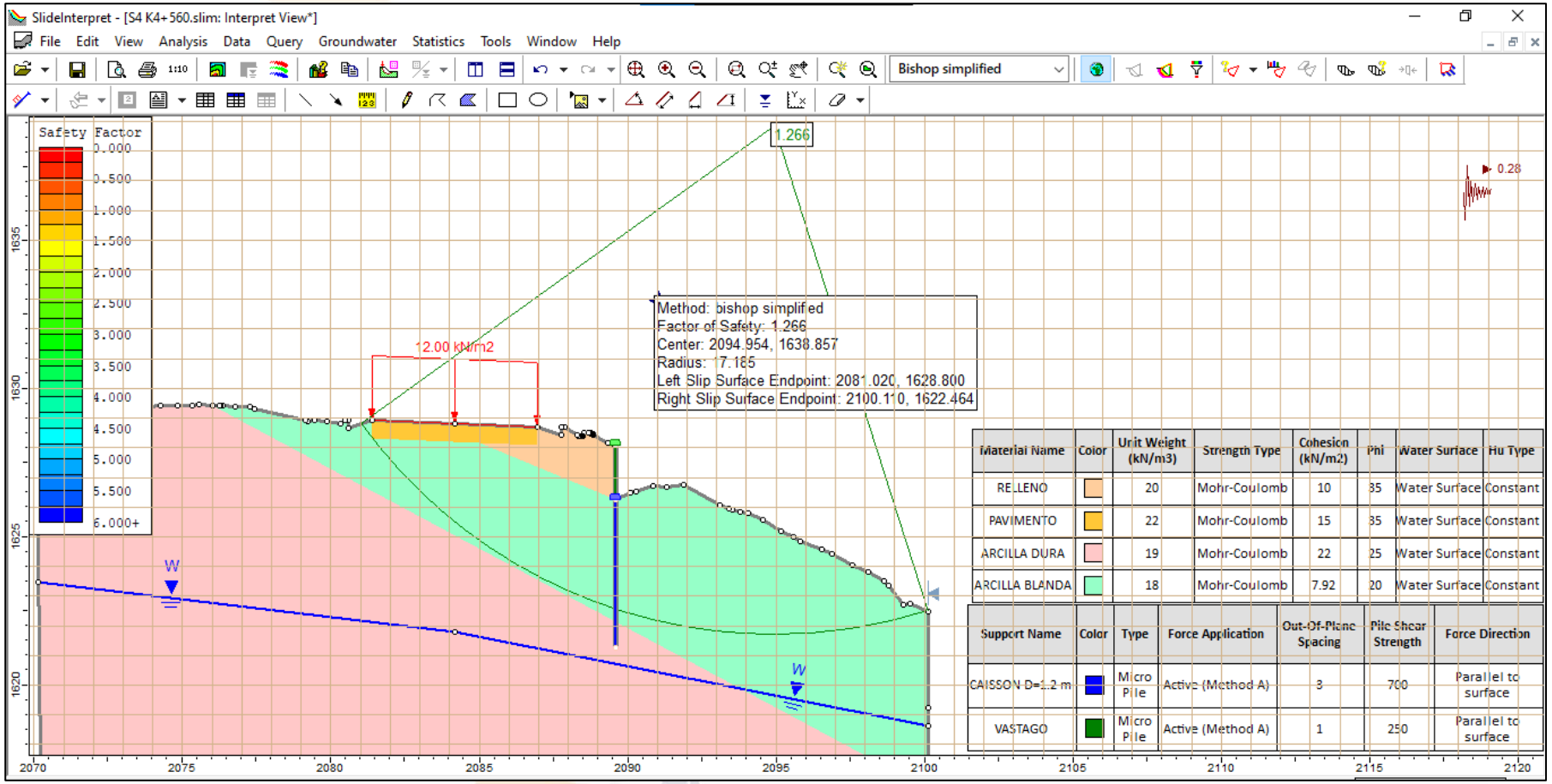


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Hu Type
RELLENO		20	Mohr-Coulomb	10	35	Water Surface	Constant
PAVIMENTO		22	Mohr-Coulomb	15	35	Water Surface	Constant
ARCILLA DURA		19	Mohr-Coulomb	22	25	Water Surface	Constant
ARCILLA BLANDA		18	Mohr-Coulomb	7.92	20	Water Surface	Constant

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Pile Shear Strength	Force Direction
CAISSON D=1.2 m		Micro Pile	Active (Method A)	3	700	Parallel to surface
VASTAGO		Micro Pile	Active (Method A)	1	250	Parallel to surface

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 87 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Hu Type
RELLENO		20	Mohr-Coulomb	10	35	Water Surface	Constant
PAVIMENTO		22	Mohr-Coulomb	15	35	Water Surface	Constant
ARCILLA DURA		19	Mohr-Coulomb	22	25	Water Surface	Constant
ARCILLA BLANDA		18	Mohr-Coulomb	7.92	20	Water Surface	Constant

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Pile Shear Strength	Force Direction
CAISSON D=1.2 m		Micro Pile	Active (Method A)	3	700	Parallel to surface
VASTAGO		Micro Pile	Active (Method A)	1	250	Parallel to surface

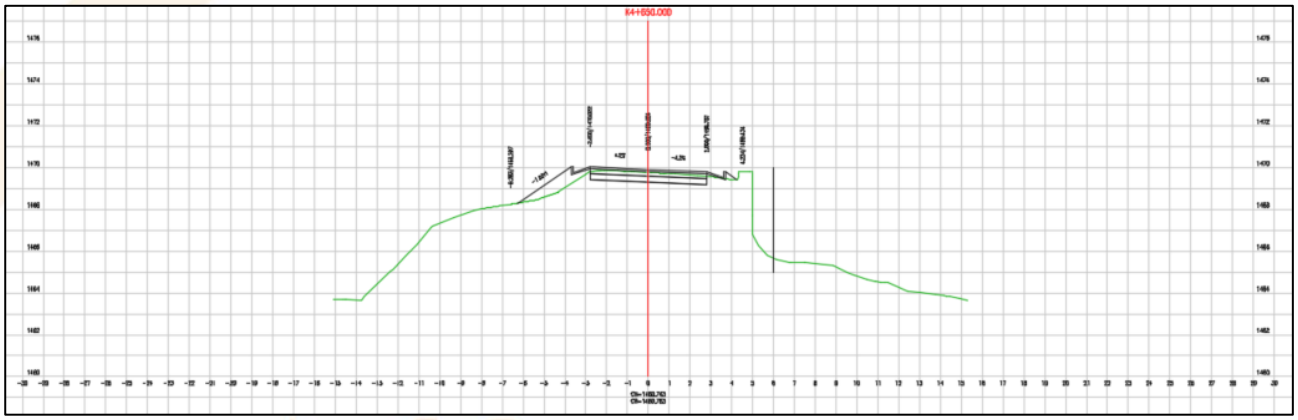
Fuente: Elaboración propia.

CUNDINAMARCA JINT 17

9.1.9 Sitio Crítico N11 K4+650 – Tramo Quipile

A continuación, se presenta la sección transversal analizada correspondiente al presente sitio crítico, seleccionada por representar la condición más desfavorable del sector en términos de geometría, estado de afectación, características geotécnicas y potencial de inestabilidad. Dicha sección se considera la más crítica para efectos de evaluación, por lo que sobre ella se desarrollan los análisis de estabilidad y la definición de las medidas de intervención requeridas.

Ilustración 88 Sección de análisis

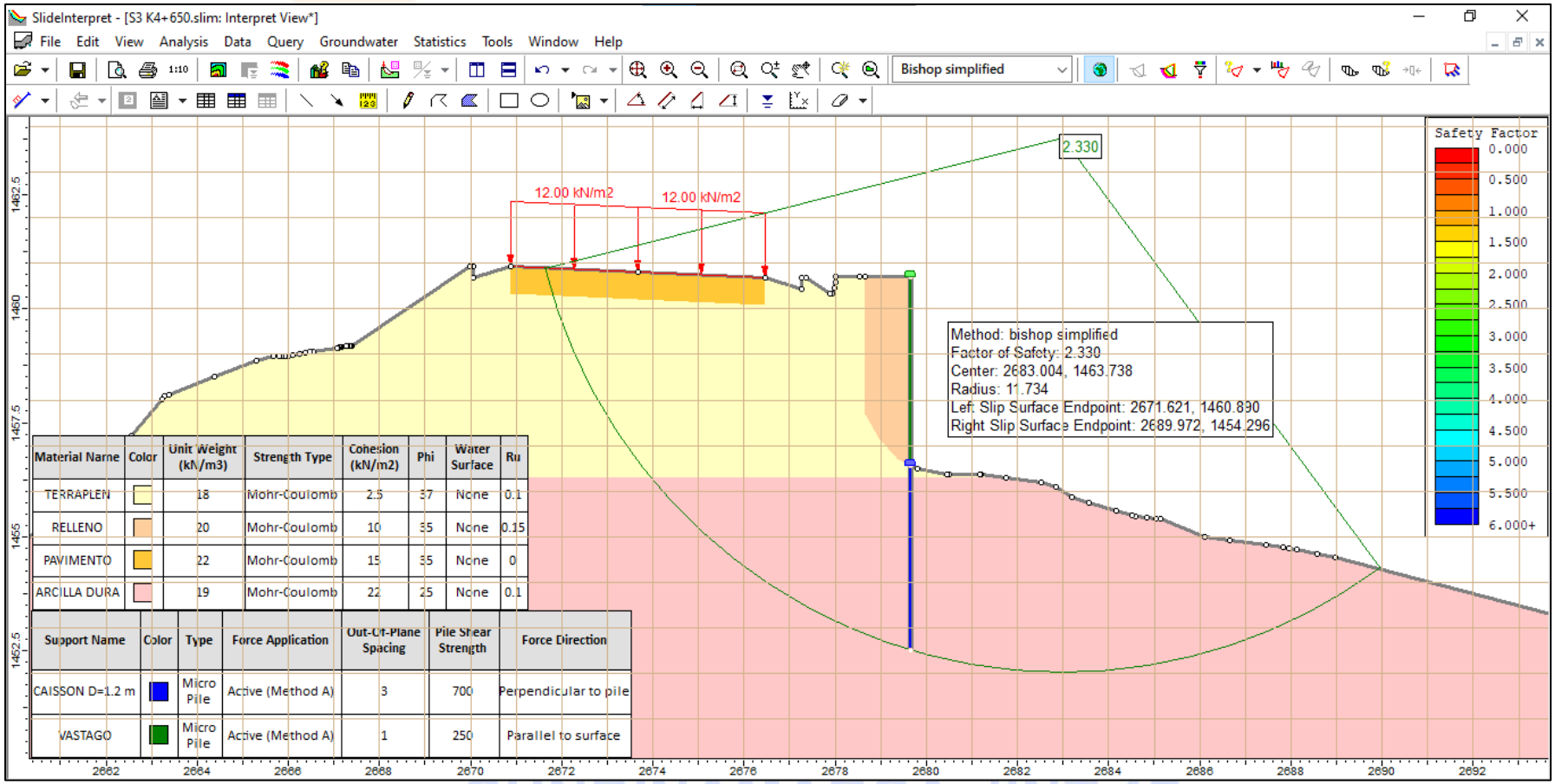


Fuente: Elaboración propia.

Para el presente sitio crítico se plantea como alternativa de solución el reemplazo del muro existente por un muro de contención de 4,0 m de altura, cimentado sobre caissons de 1,20 m de diámetro, con una profundidad aproximada de 4,0 m y separación longitudinal de 3,0 m entre ejes. Esta solución busca proporcionar contención lateral al talud, mejorar las condiciones de estabilidad global del sector y controlar los desplazamientos asociados a los procesos de inestabilidad identificados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad realizados mediante el software Slide, considerando tanto la condición estática como la pseudoestática (con sismo). La evaluación incorpora las obras propuestas de mitigación y estabilización, con el propósito de verificar su efectividad en el incremento de los factores de seguridad y en el mejoramiento de las condiciones generales de estabilidad del sector analizado.

Ilustración 89 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global



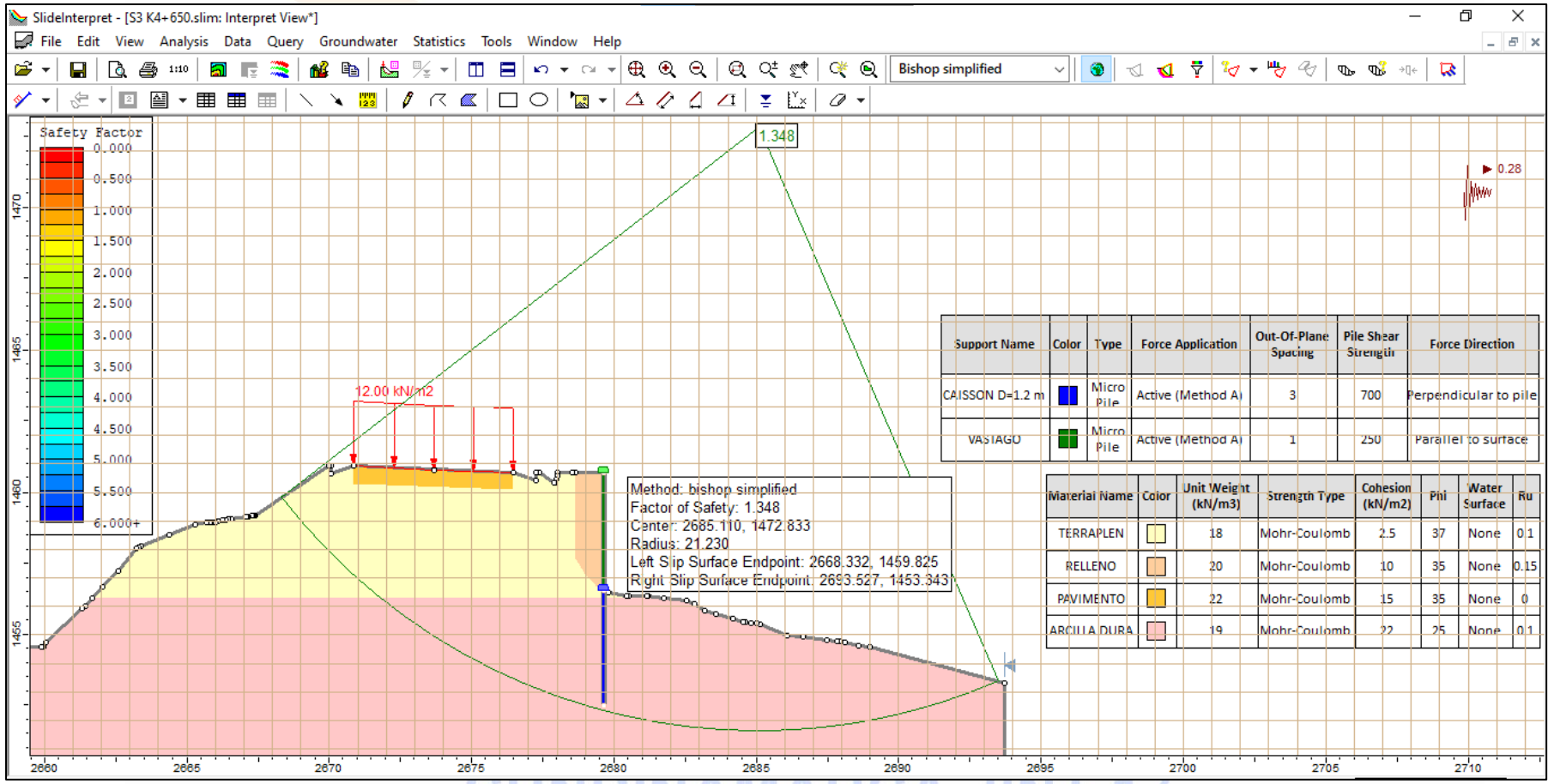
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
TERRAPLEN		18	Mohr-Coulomb	2.5	37	None	0.1
RELLENO		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0.15
PAVIMENTO		22	Mohr-Coulomb	15	35	None	0
ARCILLA DURA		19	Mohr-Coulomb	22	25	None	0.1

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Pile Shear Strength	Force Direction
CAISSON D=1.2 m		Micro Pile	Active (Method A)	3	700	Perpendicular to pile
VASTAGO		Micro Pile	Active (Method A)	1	250	Parallel to surface

Fuente: Elaboración propia.

CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 90 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global



Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Pile Shear Strength	Force Direction
CAISSON D=1.2 m		Micro Pile	Active (Method A)	3	700	Perpendicular to pile
VASTAGO		Micro Pile	Active (Method A)	1	250	Parallel to surface

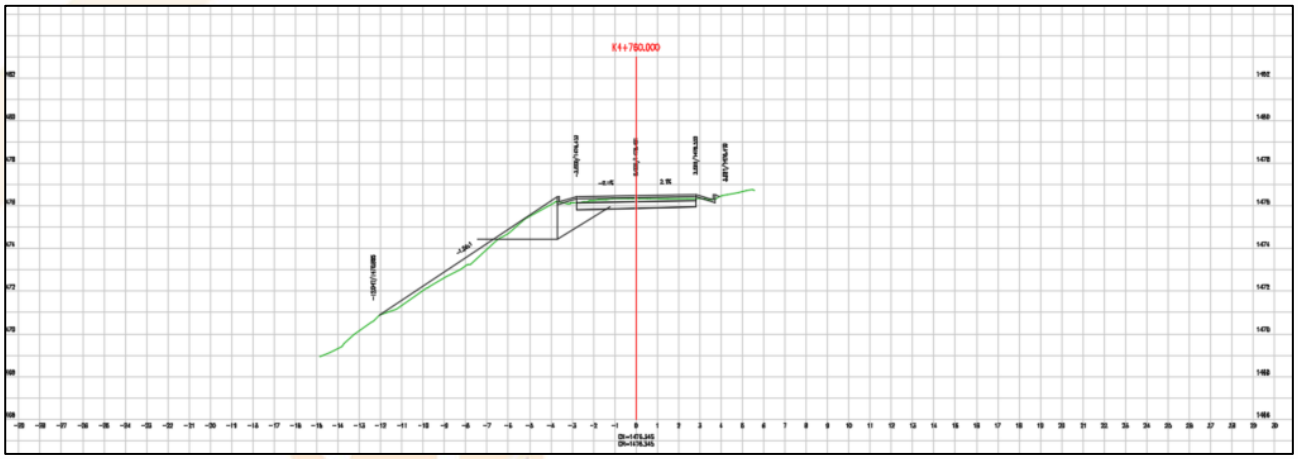
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
TERRAPLEN		18	Mohr-Coulomb	2.5	37	None	0.1
RELLENO		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0.15
PAVIMENTO		22	Mohr-Coulomb	15	35	None	0
ARCILLA DURA		19	Mohr-Coulomb	22	25	None	0.1

Fuente: Elaboración propia.

9.1.11 Sitio Crítico N12 K4+760– Tramo Quipile

A continuación, se presenta la sección transversal analizada correspondiente al presente sitio crítico, seleccionada por representar la condición más desfavorable del sector en términos de geometría, estado de afectación, características geotécnicas y potencial de inestabilidad. Dicha sección se considera la más crítica para efectos de evaluación, por lo que sobre ella se desarrollan los análisis de estabilidad y la definición de las medidas de intervención requeridas.

Ilustración 91 Sección de análisis

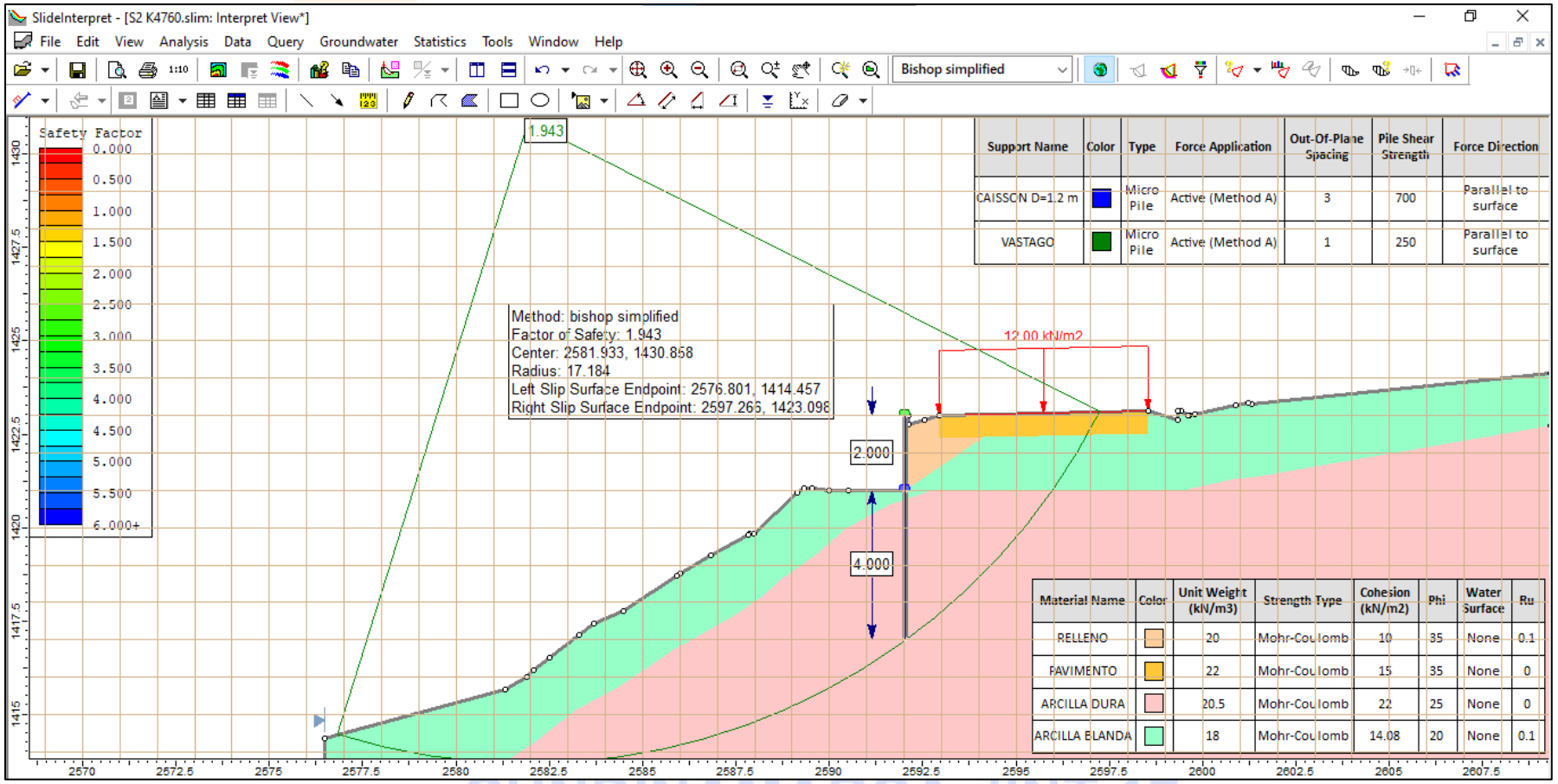


Fuente: Elaboración propia.

Para el presente sitio crítico se plantea como alternativa de solución el reemplazo del muro existente por un muro de contención de 2,0 m de altura, cimentado sobre caissons de 1,20 m de diámetro, con una profundidad aproximada de 4,0 m y separación longitudinal de 3,0 m entre ejes. Esta solución busca proporcionar contención lateral al talud, mejorar las condiciones de estabilidad global del sector y controlar los desplazamientos asociados a los procesos de inestabilidad identificados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de estabilidad realizados mediante el software Slide, considerando tanto la condición estática como la pseudoestática (con sismo). La evaluación incorpora las obras propuestas de mitigación y estabilización, con el propósito de verificar su efectividad en el incremento de los factores de seguridad y en el mejoramiento de las condiciones generales de estabilidad del sector analizado.

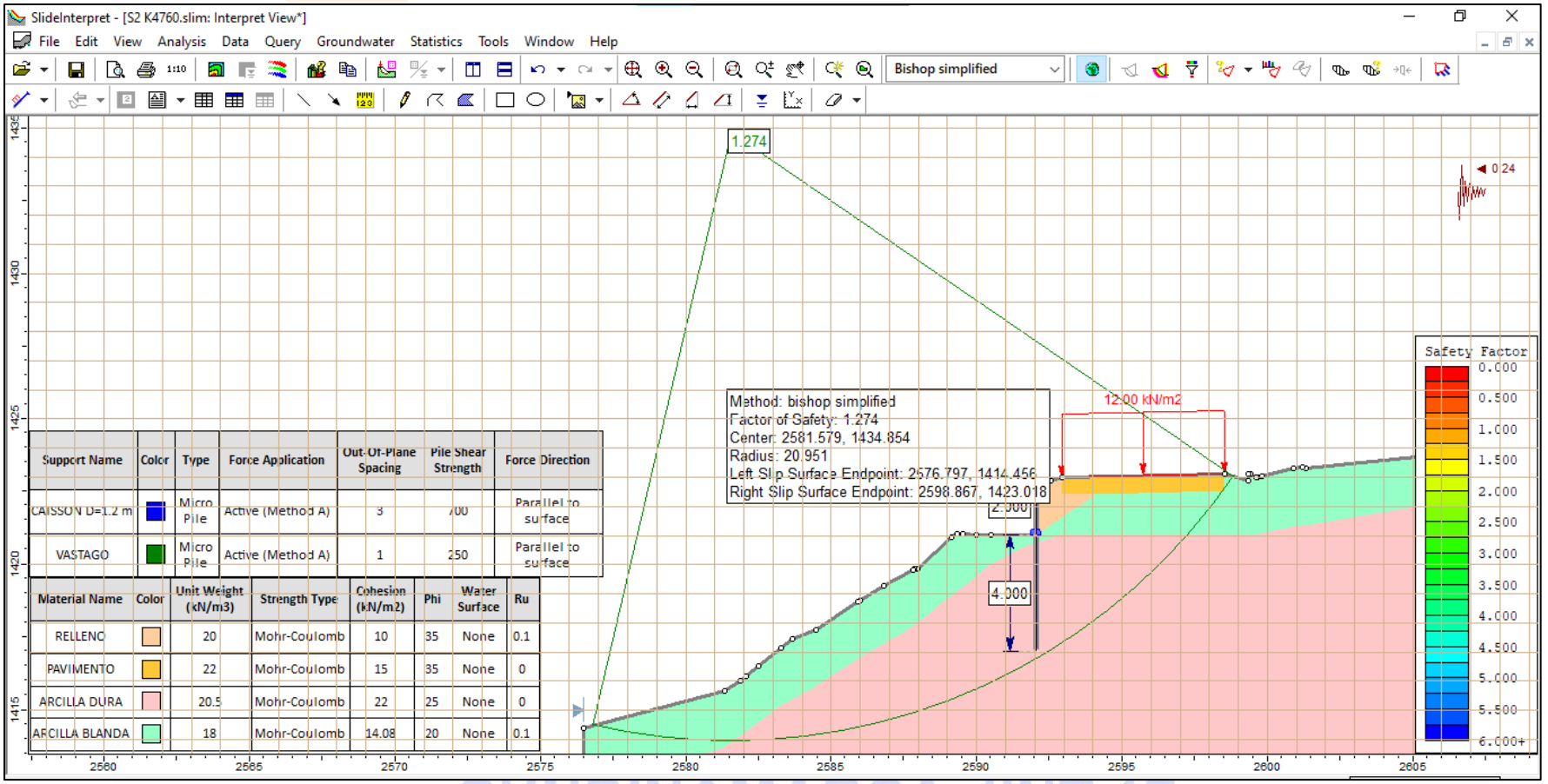
Ilustración 92 Análisis de estabilidad sin sismo – Estabilidad Global



Fuente: Elaboración propia.

CUNDINAMARCA JINT 17

Ilustración 93 Análisis de estabilidad con sismo – Estabilidad Global



Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Pile Shear Strength	Force Direction
CAISSON D=1.2 m		Micro Pile	Active (Method A)	3	700	Parallel to surface
VASTAGO		Micro Pile	Active (Method A)	1	250	Parallel to surface

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
RELLENO		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0.1
PAVIMENTO		22	Mohr-Coulomb	15	35	None	0
ARCILLA DURA		20.5	Mohr-Coulomb	22	25	None	0
ARCILLA BLANDA		18	Mohr-Coulomb	14.08	20	None	0.1

Fuente: Elaboración propia.

CUNDINAMARCA JINT 17

9.2 PERFIL DEL SUELO

Se determinó el Perfil de Suelo y espectro sísmico para los puentes del estudio, esto siguiendo los lineamientos de la CCP-14 según las pruebas de SPT realizadas; los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 41 Perfil de Suelos Sondeo 1

QUIPILE SONDEO S-1

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	2.00	2.0	10.5	0.19
2	2.00	30.00	28.0	63.75	0.44
				Σ	**0.63**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**48**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42 Perfil de Suelos Sondeo 2

QUIPILE SONDEO S-2

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	2.00	2.0	44.25	0.05
2	2.00	30.00	28.0	71.25	0.39
				Σ	**0.44**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**68**
				SUELO TIPO	**C**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43 Perfil de Suelos Sondeo 3

QUIPILE SONDEO S-3

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	2.00	2.0	13.5	0.15
2	2.00	5.70	3.7	63.75	0.06
3	5.70	30.00	24.3	66	0.37
				Σ	**0.57**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**52**

SUELO TIPO	**C**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44 Perfil de Suelos Sondeo 4

QUIPILE SONDEO S-4

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m) DESDE	HASTA	ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
1	0.00	2.00	2.0	39.75	0.05
2	2.00	30.00	28.0	71.25	0.39
				Σ	**0.44**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**68**
				SUELO TIPO	**C**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45 Perfil de Suelos Sondeo 5

QUIPILE SONDEO S-5

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m) DESDE	HASTA	ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
1	0.00	2.00	2.0	33.75	0.06
2	2.00	30.00	28.0	58.5	0.48
				Σ	**0.54**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**56**
				SUELO TIPO	**C**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46 Perfil de Suelos Sondeo 6

QUIPILE SONDEO S-6

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m) DESDE	HASTA	ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
1	0.00	1.00	1.0	15.75	0.06
2	1.00	30.00	29.0	53.25	0.54
				Σ	**0.61**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**49**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47 Perfil de Suelos Sondeo 7

QUIPILE SONDEO S-7

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	1.00	1.0	18.75	0.05
2	1.00	3.50	2.5	46.5	0.05
3	3.50	5.50	2.0	39.375	0.05
4	5.50	8.00	2.5	46.5	0.05
5	8.00	30.00	22.0	66	0.33
				Σ	**0.54**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**55**
				SUELO TIPO	**C**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48 Perfil de Suelos Sondeo 8

QUIPILE SONDEO S-8

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	2.00	2.0	9.75	0.21
2	2.00	3.00	1.0	32.25	0.03
3	3.00	4.00	1.0	45.75	0.02
4	4.00	5.00	1.0	27.75	0.04
5	5.00	30.00	25.0	44.25	0.56
				Σ	**0.86**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**35**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49 Perfil de Suelos Sondeo 9

QUIPILE SONDEO S-9

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	2.50	2.5	12	0.21
2	2.50	3.50	1.0	24.75	0.04
3	3.50	7.50	4.0	37.5	0.11
4	7.50	30.00	22.5	48	0.47
				Σ	**0.82**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**36**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50 Perfil de Suelos Sondeo 10

QUIPILE SONDEO S-10

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	2.00	2.0	40.5	0.05
2	2.00	4.00	2.0	21	0.10
3	4.00	5.00	1.0	28.5	0.04
4	5.00	6.00	1.0	14.25	0.07
5	6.00	9.00	3.0	33.75	0.09
6	9.00	30.00	21.0	31.5	0.67
				Σ	**1.01**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**30**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51 Perfil de Suelos Sondeo 11

QUIPILE SONDEO S-11

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	1.00	1.0	15	0.07
2	1.00	4.00	3.0	9.75	0.31
3	4.00	5.00	1.0	13.5	0.07
4	5.00	6.00	1.0	16.5	0.06
5	6.00	30.00	24.0	18	1.33
				Σ	**1.84**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**16**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52 Perfil de Suelos Sondeo 12

QUIPILE SONDEO S-12

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	2.00	2.0	9	0.22
2	2.00	6.00	4.0	6	0.67
3	6.00	7.50	1.5	9.75	0.15
4	7.50	9.50	2.0	15.75	0.13
5	9.50	30.00	20.5	15	1.37
				Σ	**2.54**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**12**
				SUELO TIPO	**E o F**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53 Perfil de Suelos Sondeo 13

QUIPILE SONDEO S-13

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	1.00	1.0	21	0.05
2	1.00	2.50	1.5	7.5	0.20
3	2.50	3.50	1.0	18	0.06
4	3.50	4.50	1.0	39.75	0.03
5	4.50	7.00	2.5	24	0.10
6	7.00	9.00	2.0	41.25	0.05
7	9.00	30.00	21.0	59.25	0.35
				Σ	**0.84**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**36**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54 Perfil de Suelos Sondeo 14

QUIPILE SONDEO S-14

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	1.00	1.0	12.75	0.08
2	1.00	4.00	3.0	6	0.50
3	4.00	5.00	1.0	12	0.08
4	5.00	30.00	25.0	54	0.46
				Σ	**1.12**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**27**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55 Perfil de Suelos Sondeo 15

QUIPILE SONDEO S-15

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	1.00	1.0	11.25	0.09
2	1.00	2.50	1.5	3.75	0.40
3	2.50	3.50	1.0	27.75	0.04
4	3.50	30.00	26.5	60.75	0.44
				Σ	**0.96**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**31**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56 Perfil de Suelos Sondeo 16

QUIPILE SONDEO S-16

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)		ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
	DESDE	HASTA			
1	0.00	1.00	1.0	9	0.11
2	1.00	2.50	1.5	14.25	0.11
3	2.50	3.50	1.0	29.25	0.03
4	3.50	30.00	26.5	55.5	0.48
				Σ	**0.73**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**41**
				SUELO TIPO	**D**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57 Perfil de Suelos Sondeo 17

QUIPILE SONDEO S-17

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS - CON N (golpes/pie)

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m) DESDE	HASTA	ESPESOR (m)	N (golpes/pie)	di/N
1	0.00	1.00	1.0	40.5	0.02
2	1.00	3.50	2.5	55.5	0.05
3	3.50	30.00	26.5	63.75	0.42
				Σ	**0.49**
				ds	**30.0**
				N (golpes/pie)	**62**
				SUELO TIPO	**C**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la tabla resumen con el tipo de suelo asignado a cada sondeo.

Tabla 58 Resumen resultados de perfil de suelo obtenidos.

Sondeo	Abscisa	Suelo Tipo
S-1	K4+870	D
S-2	K4+800	C
S-3	K4+680	C
S-4	K4+573	C
S-5	K4+400	C
S-6	K4+211	D
S-7	K4+014	C
S-8	K3+832	D
S-9	K3+581	D
S-10	K3+300	D
S-11	K3+115	E o F
S-12	K2+943	D
S-13	K2+750	D
S-14	K2+500	D
S-15	K2+140	D
S-16	K0+600	D
S-17	K0+546	C

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, las líneas sísmicas realizadas permitieron establecer los siguientes Perfiles de Suelo en las ubicaciones en que se efectuaron:

Tabla 59 Perfil de Suelo en cada Línea Sísmica

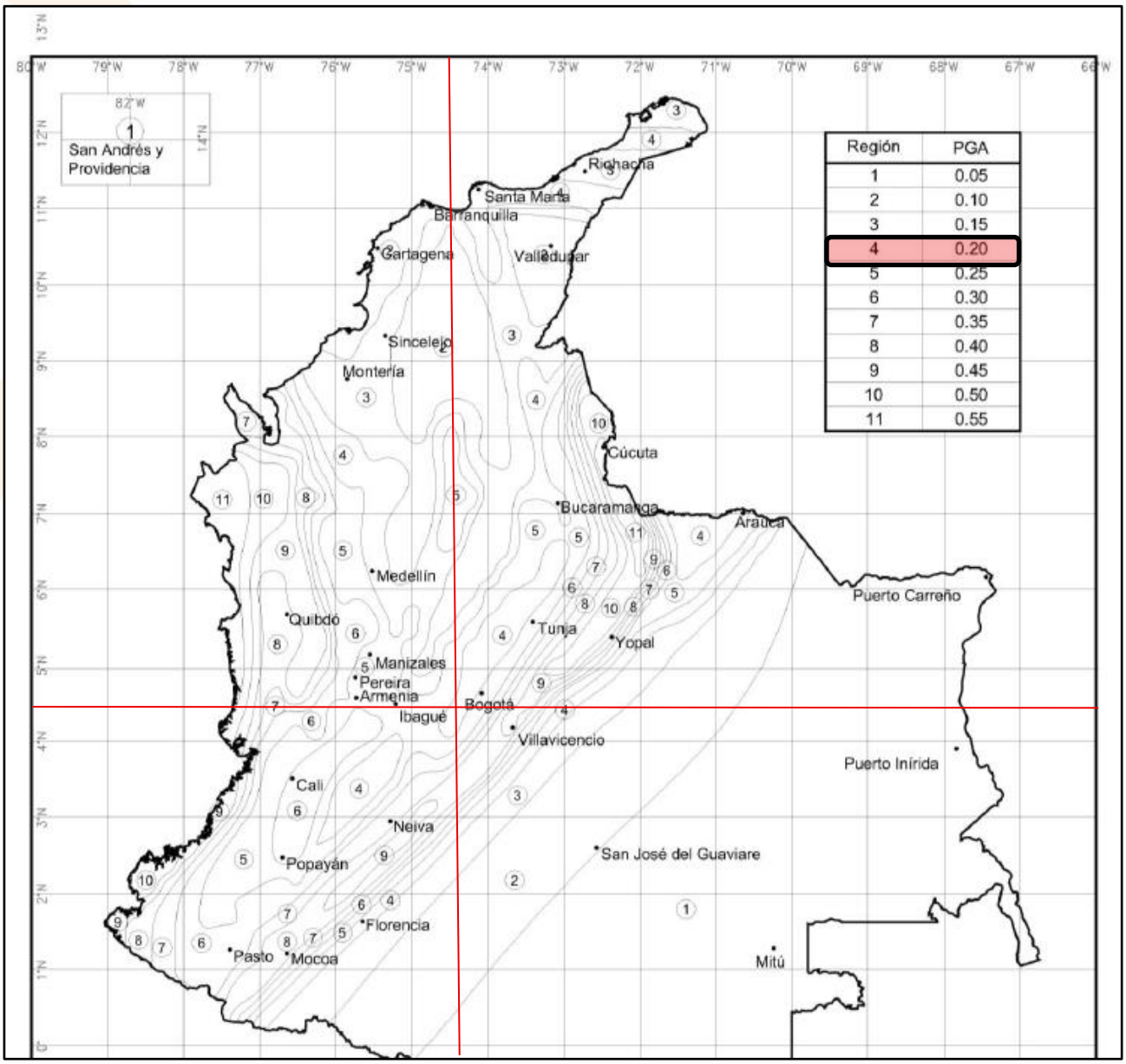
LÍNEA SÍSMICA	TIPO DE PERFIL
TRS-01	Suelo Tipo C
TRS-02	Suelo Tipo C
TRS-03	Suelo Tipo D
TRS-04	Suelo Tipo D
TRS-05	Suelo Tipo C
TRS-06	Suelo Tipo C
TRS-07	Suelo Tipo C

9.3 AMENAZA SÍSMICA

Para el análisis de sismicidad en la zona del proyecto, se toman los valores PGA a partir del mapa de la CCP-14.

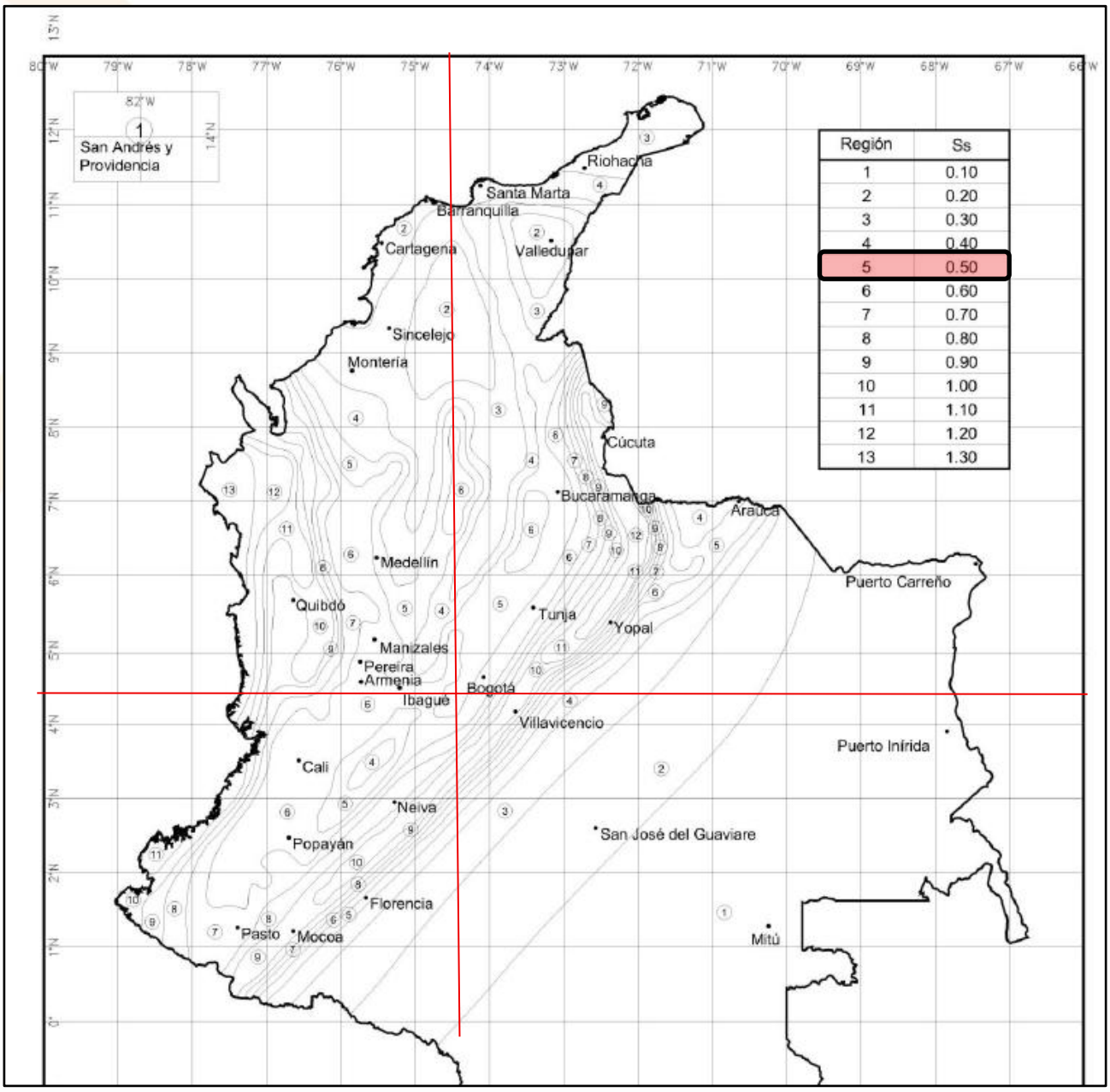
Ilustración 94 Mapa valores PGA

Consorcio CUNDINAMARCA JINT 17



Fuente: CCP-14

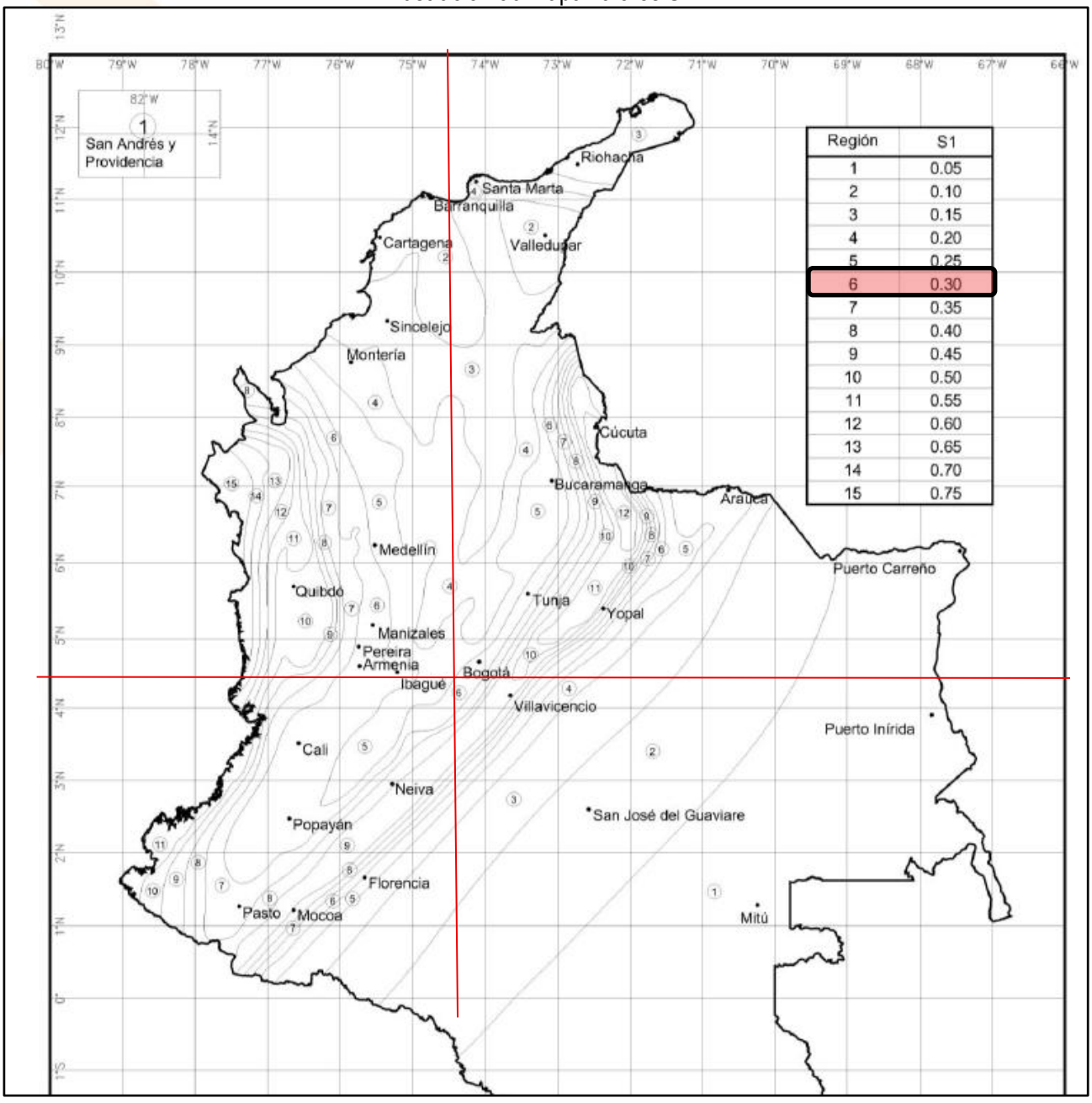
Ilustración 95 Mapa valores Ss



Región	Ss
1	0.10
2	0.20
3	0.30
4	0.40
5	0.50
6	0.60
7	0.70
8	0.80
9	0.90
10	1.00
11	1.10
12	1.20
13	1.30

Fuente: CCP-14

Ilustración 96 Mapa valores S1



Región	S1
1	0.05
2	0.10
3	0.15
4	0.20
5	0.25
6	0.30
7	0.35
8	0.40
9	0.45
10	0.50
11	0.55
12	0.60
13	0.65
14	0.70
15	0.75

Fuente: CCP-14

De acuerdo con los parámetros de amenaza sísmica definidos para el proyecto y la clasificación del suelo como Tipo C y D, se determinan los coeficientes de amplificación de sitio mediante la aplicación de las Tablas 3.10.3.2-2 y 3.10.3.2-3. A continuación, se detallan los valores obtenidos para los coeficientes de aceleración de periodos cortos (Ss), periodos largos (S1) y la aceleración pico efectiva (PGA).

Con base en la Tabla 3.10.3.2-1, y considerando los perfiles de suelo tipo C y D y una Aceleración Pico Horizontal del Terreno (PGA) PGA = 0.20, se obtiene el factor de sitio Fpga:

Tabla 60 factor de sitio según Tabla 3.10.3.2-1

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos (Véase la Nota 1)				
	$PGA \leq 0.1$	$PGA = 0.2$	$PGA = 0.3$	$PGA = 0.4$	$PGA \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: CCP-14

Fpga=1.2 (Perfil Tipo C)
Fpga=1.4 (Perfil Tipo D)

Con base en la Tabla 3.10.3.2-2, y considerando los perfiles de suelo tipo C y D y un coeficiente de aceleración Ss = 0.50, se obtiene el factor Fa:

Tabla 61 factor Fa según Tabla 3.10.3.2-2

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de $0.2s$ (Véase la Nota 1)				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: CCP-14

Fa=1.2 (Perfil Tipo C)
Fa=1.4 (Perfil Tipo D)

Con base en la Tabla 3.10.3.2-3, y considerando los perfiles de suelo tipo C y D y un coeficiente de aceleración S1 = 0.30, se obtiene el factor Fv

Tabla 62 factor Fv según Tabla 3.10.3.2-3

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de 1.0s (Véase la Nota 1)				
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 \geq 0.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Fuente: CCP-14

Fv= 1.5 (Perfil Tipo C)
Fv= 1.8 (Perfil Tipo D)

Tabla 63 Resumen factores obtenidos

PERFIL DE SUELO	C	D
Fa	1.2	1.4
PGA	0.2	0.2
Ss	0.5	0.5
S1	0.3	0.3
Fpga	1.2	1.4
Fv	1.5	1.8

Fuente: Elaboración propia.

El Perfil de Suelos para cada Sector se especifica a continuación:

Tabla 64 Perfil de Suelos por Sector

Sector	Abscisas	Perfil de Suelos
1	K0+000 – K2+950	D
2	K2+950 – K3+950	D
3	K3+950 – K4+300	D
4	K4+300 – K4+895	C

Para condiciones pseudoestáticas de acuerdo con la CCP-14, el coeficiente de aceleración horizontal kh para análisis de estabilidad en condición seudoestática es:

kh = Fpga x PGA = 1.20 x 0.20 = 0.24 (Perfil de Suelo C)
kh = Fpga x PGA = 1.40 x 0.20 = 0.28 (Perfil de Suelo D)

Por otra parte, para efectos de análisis, se emplean los siguientes valores de Factor de Seguridad contra deslizamiento:

- Condición Estática: 1.54
- Condición Bajo Sismo: 1.11

10. POTENCIAL EXPANSIVO

Teniendo en cuenta los valores de los límites líquidos, los suelos del proyecto tienen potenciales de expansión variables entre medios y bajos, esto según la Tabla H.9.1-1 de la NSR-10.

Tabla 9 1. Clasificación de suelos expansivos

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm^2	Límite líquido LL , en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP , en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 –20	39 – 50	8 – 18	12 –34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente: NSR-10

Pese a esto, la inspección de los sitios en estudio y del corredor vial en general muestra que no hay evidencias de expansión de los suelos, toda vez que no se observan problemas de levantamiento de las estructuras encontradas, o de los pavimentos existentes.

Tabla 9 2. Determinación del potencial de suelos expansivos

Perforación		Profundidad (m)				Índices de Consistencia			NSR-10	NSR-10
No.	M #	Desde	Hasta	Media	USCS	LL %	LP %	IP %	Potencial de expansión (LL)	Potencial de expansión (IP)
QUIPILE S-1	M2	0.45	0.90	0.9	CH	67	29	38	MUY ALTO	ALTO
QUIPILE S-1	M7	3.35	3.80	5.3	CL	42	24	18	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-1	M11	6.00	6.50	9.3	CH	55	25	30	ALTO	MEDIO
QUIPILE S-1	M14	9.00	10.00	14.0	SC	39	23	16	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-2	M2	0.45	0.90	0.9	CH	59	28	31	ALTO	MEDIO
QUIPILE S-2	M8	5.50	7.00	9.0	SC	41	25	16	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-3	M1	0.00	0.45	0.2	SW-SC	35	20	15	BAJO	BAJO
QUIPILE S-3	M3	0.90	1.35	1.6	SW-SM				BAJO	BAJO
QUIPILE S-3	M6	2.70	3.15	4.3	SC	42	22	20	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-3	M9	5.30	5.75	8.2	CH	58	24	34	ALTO	ALTO
QUIPILE S-4	M2	0.45	0.90	0.9	CH	51	26	25	ALTO	MEDIO
QUIPILE S-4	M4	1.35	1.80	2.3	CL	49	25	24	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-4	M6	2.25	2.70	3.6	CH	51	25	26	ALTO	MEDIO
QUIPILE S-5	M2	0.45	0.90	0.9	CL	42	18	24	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-5	M6	2.25	2.7	3.6	CL	46	24	22	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-5	M8	3.15	4.5	5.4	CH	64	18	46	MUY ALTO	MUY ALTO

Perforación		Profundidad (m)				Índices de Consistencia			NSR-10	NSR-10
No.	M #	Desde	Hasta	Media	USCS	LL %	LP %	IP %	Potencial de expansión (LL)	Potencial de expansión (IP)
QUIPILE S-6	M1	0	0.45	0.2	CL	42	25	17	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-6	M3	0.9	2.5	2.2	CL	37	21	16	BAJO	BAJO
QUIPILE S-6	M6	5	6	8.0	CL	38	24	14	BAJO	BAJO
QUIPILE S-6	M10	9	10	14.0	CL	29	20	9	BAJO	BAJO
QUIPILE S-7	M2	0.45	0.9	0.9	CL	45	20	25	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-7	M10	4.05	4.5	6.3	CL	41	21	20	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-7	M12	5	5.45	7.7	CL	50	20	30	ALTO	MEDIO
QUIPILE S-7	M16	7.05	7.5	10.8	ML	41	27	14	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-8	M3	0.9	1.4	1.6	CL	50	23	27	ALTO	MEDIO
QUIPILE S-8	M6	2.3	2.75	3.7	**CL**	**39**	**22**	**17**	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-8	M10	4.1	4.55	6.4	CL	48	24	24	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-8	M14	7.5	8.5	11.8	CL	44	22	22	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-9	M2	0.55	1	1.1	GC	46	24	22	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-9	M5	3.05	3.5	4.8	CL	45	25	20	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-9	M9	6.55	7	10.1	CL	49	22	27	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-9	M12	8.55	9	13.1	CL	44	23	21	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-10	M3	1.55	2	2.6	CL	33	19	14	BAJO	BAJO
QUIPILE S-10	M6	4.55	5	7.1	CL	40	23	17	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-10	M11	9.55	10	14.6	SW SM				BAJO	BAJO
QUIPILE S-11	M3	2.05	2.5	3.3	SP-SC	22	16	6	BAJO	BAJO
QUIPILE S-11	M6	5.05	5.55	7.8	SC	27	18	9	BAJO	BAJO
QUIPILE S-11	M9	8.05	8.5	12.3	GC	30	17	13	BAJO	BAJO
QUIPILE S-12	M2	0.55	1.05	1.1	SC	35	19	16	BAJO	BAJO
QUIPILE S-12	M4	3	3.45	4.7	SC	29	18	11	BAJO	BAJO
QUIPILE S-12	M6	5.05	5.5	7.8	GC	42	17	25	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-12	M9	8.05	8.5	12.3	CL	39	22	17	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-13	M1	0	0.45	0.2	GC	44	24	20	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-13	M4	3	3.45	4.7	CL	35	19	16	BAJO	BAJO
QUIPILE S-13	M7	6.05	6.5	9.3	CL	30	18	12	BAJO	BAJO
QUIPILE S-14	M1	0.1	0.55	0.4	GM	35	29	6	BAJO	BAJO
QUIPILE S-14	M3	2.5	2.95	4.0	GP-GC	37	22	15	BAJO	BAJO
QUIPILE S-14	M5	4.55	5	7.1	SC	37	22	15	BAJO	BAJO
QUIPILE S-15	M1	0.1	0.55	0.4	GC	39	23	16	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-15	M3	2	2.45	3.2	CH	59	21	38	ALTO	ALTO
QUIPILE S-16	M1	0	0.45	0.2	GC	43	26	17	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-16	M4	3	3.45	4.7	CL	44	19	25	MEDIO	MEDIO
QUIPILE S-16	M8	7	8.5	11.3	ML	41	26	15	MEDIO	BAJO
QUIPILE S-17	M1	0	0.45	0.2	SC	36	19	17	BAJO	BAJO
QUIPILE S-17	M3	4	4.45	6.2	SC	28	20	8	BAJO	BAJO

Perforación		Profundidad (m)				Índices de Consistencia			NSR-10	NSR-10
No.	M #	Desde	Hasta	Media	USCS	LL %	LP %	IP %	Potencial de expansión (LL)	Potencial de expansión (IP)
QUIPILE S-17	M6	7	8.5	11.3	GP				BAJO	BAJO

Fuente: Elaboración propia

El subsuelo del proyecto Quipile presenta un comportamiento geotécnico heterogéneo con una tendencia crítica a la inestabilidad volumétrica en sus estratos superficiales e intermedios (hasta los 6.50 m), destacándose los sondeos S-1 y S-5 con un potencial de expansión Muy Alto debido a índices de plasticidad de hasta el 46% y límites líquidos que alcanzan el 67%. Esta condición, evidenciada por la presencia recurrente de arcillas de alta plasticidad (CH) en perforaciones como la S-1, S-2, S-3, S-4, S-7, S-8 y S-15, clasifica estas zonas con una amenaza Alta según la NSR-10, lo que exige estrategias de mitigación rigurosas como el reemplazo de material, estabilización química o un control estricto de drenajes para prevenir daños estructurales por hinchamiento. En contraste, los sectores correspondientes a los sondeos S-10 hasta el S-17 muestran una mayor estabilidad mecánica con predominio de suelos granulares y finos de baja actividad, ofreciendo un soporte más competente y un riesgo de expansividad calificado mayoritariamente como Bajo.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Desde el punto de vista geológico, el corredor vial se localiza en una zona con materiales asociados a la Cordillera Oriental, caracterizada por la presencia de rocas sedimentarias, principalmente arcillolitas, que en superficie se encuentran ampliamente meteorizadas.
- Los procesos de meteorización han generado una transición progresiva entre roca y suelo, dando lugar a materiales con comportamiento intermedio, lo cual influye directamente en la respuesta mecánica del terreno y en la definición de los parámetros geotécnicos.
- La campaña de exploración geotécnica se desarrolló mediante la ejecución de 17 sondeos distribuidos a lo largo del corredor vial, ubicados estratégicamente en función de los puntos críticos y zonas de interés para el análisis de cimentaciones y estabilidad.
- Los resultados de los ensayos de penetración estándar (SPT) evidencian variabilidad en la resistencia del subsuelo, lo cual refleja la heterogeneidad de los materiales presentes a lo largo del corredor.
- Durante la ejecución de las perforaciones se identificó la presencia de nivel freático en algunos sondeos, con variaciones en profundidad a lo largo del trazado, lo que indica condiciones hidrogeológicas variables que pueden influir en el comportamiento mecánico del terreno.
- A partir de la exploración geotécnica realizada en el corredor vial, se logró definir el perfil estratigráfico del subsuelo, identificando la presencia predominante de materiales finos, así como estratos de arcillolitas en estado altamente meteorizado, los cuales presentan un comportamiento mecánico similar al de suelos.
- Los parámetros geotécnicos fueron determinados con base en ensayos de campo tipo SPT y ensayos de laboratorio, permitiendo establecer valores representativos de resistencia y deformación para los análisis de capacidad portante y comportamiento del terreno.
- De manera conservadora, los estratos de arcillolitas meteorizadas fueron considerados como suelo en los análisis, debido a la pérdida de estructura y resistencia propia de la roca, lo cual garantiza condiciones seguras en el diseño de las soluciones de cimentación.
- El tramo se localiza en zona de amenaza sísmica intermedia, con una aceleración pico efectiva PGA de 0,20 g y un factor de amplificación de sitio Fpga de 1,4, resultando en un coeficiente pseudoestático de diseño kh = 0,28 para el análisis de estabilidad de los taludes con condiciones deformables. El perfil de suelo predominante en el corredor corresponde a Tipo D (suelo rígido)
- Los 17 sondeos ejecutados a 10 m de profundidad revelaron una secuencia estratigráfica consistente en tres niveles: una capa superficial de suelos finos blandos a medios (arcillas y limos), un estrato intermedio de arcillas limosas cohesivas de mayor consistencia, y lutitas meteorizadas en profundidad que se comportan mecánicamente como suelo. Los valores SPT muestran variabilidad a lo largo del corredor, con resistencias generalmente bajas en los primeros 2–3 m y un incremento en profundidad. El nivel freático se detectó en 10 de los 17 sondeos, con profundidades entre 1,5 m y 7,0 m, siendo más somero en los tramos K0+000 a K3+000, lo que agrava las condiciones de inestabilidad en estos sectores.
- Se identificaron 13 sitios críticos a lo largo del corredor, entre los abscisados K0+550 y K4+950. Los mecanismos de falla predominantes son deslizamientos traslacionales de suelos residuales a lo largo del contacto con la roca (SC2, SC3, SC4), hundimientos en medialuna por desplazamiento lateral de la banca (SC9, SC10, SC11), empujes laterales de la ladera superior con saturación (SC5) y pérdida de confinamiento de estructuras existentes (SC3, SC12). Varios sitios presentan muros de contención existentes fracturados o en proceso de volteo, lo que requiere su reemplazo.
- Los análisis de estabilidad global realizados mediante el software Slide para los 8 sitios críticos modelados (K2+130, K2+480, K2+770, K3+150, K3+850, K4+560, K4+650 y K4+760) incorporaron las obras de mitigación propuestas. Los factores de seguridad obtenidos bajo condición estática alcanzan

valores de 1,54 y bajo condición sísmica de 1,11, valores compatibles con los mínimos exigidos por la normativa colombiana para este tipo de estructuras. La inclusión de caissons como elemento de cimentación de los muros de contención resultó determinante para alcanzar los factores de seguridad requeridos.

- Las soluciones planteadas incluyen la construcción de muros de contención de alturas entre 2,0 m y 4,0 m, cimentados sobre caissons de 1,20 m de diámetro con profundidades de 4,0 m a 7,0 m y separación longitudinal de 3,0 m entre ejes. En el sitio crítico SC6 (K3+150), donde la remoción del talud inferior ha generado un hundimiento en medialuna, se optó por una pantalla de caissons sin muro de fachada, como solución más adecuada a la geometría del terreno. El manejo adecuado de aguas superficiales y subterráneas mediante subdrenajes es condición necesaria para garantizar la efectividad de todas las obras de estabilización.

11.1 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE CIMIENTOS SUPERFICIALES

En el fondo de la excavación debe extenderse una capa de al menos 5,0 cm de Concreto de Limpieza que permita evitar la contaminación del concreto; esta capa debe ser nivelada topográficamente.

Cuando se presenten condiciones de inundación por nivel freático alto en las excavaciones es necesario efectuar trabajos de bombeo que permitan mantener las obras en condición seca; las aguas deberán ser conducidas a drenajes naturales.

Para el caso de las excavaciones requeridas, se recomienda adoptar las siguientes recomendaciones:

- Inclinación Máxima de Talud: 0,50H:1,0V, para alturas no mayores de 3 metros.
- Protección de Taludes Temporales con Malla y Mortero

Dejar un espacio de al menos 0,25 m entre la pata del talud de corte y la cara externa del muro para facilitar la conformación y compactación del relleno; el grado de compactación de dicho relleno, que debe cumplir con lo establecido en el Artículo 610 – Relleno para Estructuras del INV, debe ser de al menos el 95% del Proctor Modificado.

11.2 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE CAISSON

Deberá hacerse el replanteo de la obra antes de iniciar las excavaciones, a fin de determinar los límites de las estructuras y los chaflanes de corte que deben ser implementados.

Inicialmente se hará una excavación con taludes 1.0H:2.0V como máximo hasta la cota de inicio de las cabezas de los caissons; se recomienda que se hagan tramos alternados de excavación de no más de 5.0 m de longitud, a manera de presillas, a fin de reducir la magnitud de las deformaciones por desconfinamiento en el talud temporal; se recomienda proteger las paredes de los cortes empleando malla de alambre y mortero para mitigar los efectos de la erosión por escorrentía.

Los caissons deberán excavarse de forma manual, habida cuenta de los diámetros de excavación requeridos y de la presencia de bloques de roca de gran tamaño dentro de los depósitos aluviales o aluvionales, que deben ser atravesados por estos cimientos.

Una vez se haya realizado el replanteo de estos elementos, se procederá a realizar una excavación cilíndrica manual, bien sea con herramienta menor o, si se encuentran bloques de gran tamaño o el macizo rocoso, con martillo neumático o con explosivos. El avance de esta excavación deberá ser de 1.0 m en profundidad, y

deberá ser protegida por un anillo de concreto reforzado fundido en sitio, siguiendo las indicaciones del diseño estructural previsto para esos elementos.

El proceso deberá repetirse con cada avance de 1.0 m en profundidad, hasta alcanzar la cota de cimentación de la base del caisson; es caso de que las condiciones así lo impongan, las excavaciones deberán mantenerse bombeadas para trabajar en las condiciones más secas posibles.

Durante todo el proceso de excavación deberá verificarse la verticalidad de la excavación de cada caisson.

Una vez se haya completado el anillo de concreto más profundo, podrá procederse a la instalación del refuerzo del caisson y al vertimiento del concreto del elemento, esto de acuerdo con las indicaciones del diseño estructural del puente.

Después de que se hayan fundido los caissons correspondientes a cada tramo alternado o presilla podrán excavarse los tramos no intervenidos e implementar las mismas recomendaciones hasta que se concluya la totalidad de los caissons del muro.

Cuando ya se tengan todos los caissons de la estructura se procederá a armar y fundir la viga cabezal y el vástago de la estructura, esto de acuerdo con las indicaciones del diseño estructural; deberá esperarse al menos un plazo de 48 horas antes de iniciar la colocación de los elementos de drenaje y de los rellenos en el trasdós del vástago, actividad que a su vez se hará extendiendo capas de material granular en capas con espesor máximo compacto de 0.20 m, a fin de obtener grados de compacidad compatibles con las exigencias de norma.

11.3 RECOMENDACIONES DE DRENAJE

El objetivo principal del drenaje es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la vía como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del sitio intervenido.

Para los muros de contención proyectados se recomienda la construcción de obras de subdrenaje para el manejo de las aguas en la zona de contacto de un muro con el terreno, generando una captación por medio de un medio filtrante y su posterior conducción y evacuación a través de un medio drenante.

Se recomienda la instalación de un filtro en el espaldón del muro de al menos 0.80 m de espesor, conformado mediante un material granular libre de finos con una granulometría entre ¾" y 2 ½", cubierto con un Geotextil de tipo no tejido NT2500 o similar, junto con una tubería drenante de 4"; el filtro entregará el agua conducida a la alcantarilla existente, y de ésta será conducida de manera controlada al sistema de drenaje pluvial de la zona.

En los pases de tuberías o lloraderos a través de los muros se recomienda que una porción de dichas tuberías sea colocada previamente al vaciado del concreto y que dichas porciones de tubería estén provistas de anillos de anclaje o solapa que quede embebido dentro del cuerpo del muro que atraviesa para impedir el paso de agua en la unión de los dos materiales; es importante que las tuberías no coincidan con la posición de las juntas.

11.4 RECOMENDACIONES MATERIAL DE RELLENO EN MUROS

Se recomienda que el espaldón del muro sea rellenado con material tipo seleccionado, de acuerdo con las especificaciones establecidas en la Norma 220 del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Este material debe cumplir con los requisitos técnicos de calidad, granulometría y compactación necesarios para garantizar la estabilidad y el buen desempeño estructural del muro.

El material tipo seleccionado se dispondrá diferenciando dos zonas en la sección transversal del terraplén:

Corona: Tendrá un espesor de 30 cm, conformada por material seleccionado con características específicas para soportar mayores cargas y condiciones de servicio.
Núcleo: El resto del relleno también estará constituido por material tipo seleccionado, cumpliendo con las especificaciones técnicas, pero destinado principalmente a proporcionar estabilidad volumétrica y soporte general.

Para asegurar la calidad del trabajo, se deberá realizar un control técnico exhaustivo durante todas las etapas del proceso, incluyendo la selección, transporte, colocación y compactación del material. Adicionalmente, es imprescindible ejecutar ensayos de laboratorio y pruebas in situ para verificar que el material cumpla con los parámetros establecidos en la Norma 220 del INVIAS.

12. LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones del presente informe están basadas en los resultados de la investigación del subsuelo y en las características de las estructuras a implantar en el proyecto; cabe anotar que los análisis serán contrastados y de ser del caso ajustados con la información que arrojen los resultados de laboratorio.

Si durante la construcción, se encuentran condiciones del subsuelo, diferentes a las consideradas en el presente estudio, o se introducen cambios al proyecto que afecten al sistema de cimentación, se deberá informar al Ingeniero de Suelos, para estudiar las modificaciones o adiciones que sean necesarias.

Es recomendable que el Ingeniero supervise las etapas de excavación y apruebe el nivel de cimentación.

13. REFERENCIAS TÉCNICAS

- INVIAS. (1996). Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de dos carriles.
- AIS. (2010). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Bogotá: AIS.
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2014). Código Colombiano de Puentes (CCP-14). Bogotá, Colombia.
- Servicio Geológico Colombiano. (07 de junio de 2016). Zonas de Amenaza Sísmica NSR-10. Obtenido de http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. (2015). Mapa Geológico de Colombia 2015
- González, A. (1999). Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT. Bogotá D.C: X JORNADAS GEOTECNICAS DE LA INGENIERÍA COLOMBIANA.
- ASTM International. (2021). Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens (ASTM D2938-21) (Stroud, 1974)
- Hatanaka, M., & Uchida, A. (1996). Empirical correlation between soil liquefaction and in-situ penetration resistance
- Liao, S. S. C., & Whitman, R. V. (1986). Overburden correction factors for SPT in sand. Journal of Geotechnical Engineering
- Bowles, J. E. (1988). Foundation analysis and design (4th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Vesic, A. S. (1961). Beams on elastic subgrade and the Winkler's hypothesis. Proceedings of the 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering