

**GEOLOGIA PARA INGENIERIA DEL TRAMO DESDE KM 10+400 HASTA
KM 17+560 PERTENECIENTE A LA UNIDAD FUNCIONAL UF3 - UF4 DEL
CONSORCIO FERROCOL SANTANDER RUTA DEL CACAO EN EL
DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA.**

JAIRO ANDRÉS QUINTERO NAVAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRIA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA
2017**

**GEOLOGIA PARA INGENIERIA DEL TRAMO DESDE KM 10+400 HASTA
KM 17+560 PERTENECIENTE A LA UNIDAD FUNCIONAL UF3 - UF4 DEL
CONSORCIO FERROCOL SANTANDER RUTA DEL CACAO EN EL
DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA.**

JAIRO ANDRÉS QUINTERO NAVAS

**TRABAJO DE APLICACIÓN PARA OPTAR AL TITULO DE MAGISTER EN
GEOTECNIA**

**DIRECTOR:
JUAN DIEGO COLEGIAL GUTIERREZ
GEÓLOGO, PHD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRIA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA
2017**

Dedicatoria

A mi esposa Pamela Bustos y a mis hijos: Samuel, Salomé y Santiago.

*Con amor...
Andrés Quintero.*

AGRADECIMIENTOS

En especial a Dios porque es fiel a su promesa y a mi amada esposa por su amor. A mi madre Luz Amparo Navas Suarez por creer, desde mis estudios de pregrado hasta el desarrollo de la Maestría, gran mujer, digna de alabar.

A mi suegro Ing. Jairo Bustos por sus enseñanzas, a mi querida suegra Marta Lucia Pinzón Sánchez, a mi familia, a mis amigos, colegas y compañeros de maestría por aportar su granito de arena en la realización de esta meta.

Al director de escuela de Ingeniería Civil Profesor Wilfredo del Toro y a Nury Salcedo Diaz por su apoyo y colaboración incondicional en la entrega del presente trabajo de aplicación.

Al director de escuela de Geología, Profesor Juan Diego Colegial Gutiérrez por su apoyo y tiempo dedicado para ser el director del Trabajo de Aplicación.

A todos los profesores que conformaron la Cohorte III de la Maestría en Geotecnia de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, principalmente al Ing. Jaime Suarez.

A Ferropol Santander por permitir usar la información consignada en el Volumen III del estudio de Geología para Ingeniería de la Unidad Funcional UF3-UF4, en particular a la geóloga Raquel González por su gestión y colaboración.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCION	19
1 OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
2 GENERALIDADES.	22
2.1 ALCANCES	22
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	23
2.3 JUSTIFICACIÓN	23
2.4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	24
3 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	25
3.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	25
3.2 FOTOINTERPRETACIÓN Y RECONOCIMIENTOS DE CAMPO	25
3.3 TRABAJOS DE CAMPO.....	25
3.3.1 Cartografía.....	26
3.3.2 Parámetros de clasificación de los suelos y rocas.....	27
3.3.3 Exploraciones.	35
3.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION Y ZONIFICACIÓN GEOLÓGICO - GEOTÉCNICA.....	42
3.5 INFORME FINAL.....	44
4. ESTUDIOS DE ANTECEDENTES	45
4.1. GEOLOGÍA REGIONAL	45
4.1.1 Estratigrafía.....	47
4.1.2 Tectónica Regional.	51
4.2 SISMICIDAD.....	57
4.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	59
4.3.1 Unidades Geomorfológicas.....	59
5. ESTUDIOS DE CAMPO	60

5.1.	EXPLORACIONES.....	60
5.2	GEOLOGÍA LOCAL.....	62
	5.2.1 Estratigrafía Local	62
	5.2.2 Geología Estructural Local.....	78
	5.2.3 Estratificación.....	79
	5.2.4 Patrones de Fracturamiento.....	81
	5.2.5 Geomorfología Local.....	82
5.3	ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA	90
	5.3.1 Zona 1: Estable – conformada por Depósitos de Terrazas Aluviales altas pertenecientes al río Sogamoso entre el K10+400 al K14+400.	90
	5.3.2 Zona 2: Potencialmente Inestable – conformada por rocas de la Formación Esmeraldas, Depósitos Coluviales, Depósitos Aluviales y Terraplenes entre el K14+400 al K17+560.	97
5.4.	SITIOS CRÍTICOS.....	103
	5.4.1 Sitio Crítico K11+980 a K12+000.....	103
	5.4.2 Sitio Crítico K16+760 al K16+850	106
6.	PONTEADEROS	109
6.1.	PUENTE LA PAZ.....	109
	6.1.1. Geología Local.....	110
	6.1.2 Geomorfología	120
	6.1.3 PROCESOS MORFODINÁMICOS	121
7.	CONCLUSIONES	122
8.	RECOMENDACIONES.....	124
	BIBLIOGRAFÍA.....	125
	ANEXO A. APIQUES	128
	ANEXO B. SONDEOS.....	176
	ANEXO C. REMI	197
	ANEXO D. Estaciones Geomecánicos	214
	ANEXO E. e-mail con autorización por parte de Ferrocol para uso de la información.....	236

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de Pendientes de Laderas.....	28
Tabla 2. Clasificación para el espesor de los estratos y espaciamiento de las diaclasas.....	28
Tabla 3. Dureza de las Rocas frente al martillo del Geólogo.	29
Tabla 4. Resistencia a partir de índices de campo (ISRM) Modificado de British Standard Institution (1999).	30
Tabla 5. Índice de Resistencia Geológica – GSI para macizos heterogéneos sedimentarios (Adaptada de Hoek, 2006)	31
Tabla 6. Parámetros y rango de valores para la clasificación geomecánica RMR (Bieniawsky 1989)	32
Tabla 7. Evaluación del Ajuste de RMR por Orientación de las Discontinuidades	33
Tabla 8. Clasificación Geomecánica Final RMR (Beniawski).....	33
Tabla 9. Significado de la Clasificación de macizos rocosos por RMR	33
Tabla 10. Clasificación del grado de meteorización de un macizo rocoso	34
Tabla 11. Horizontes de Meteorización Según BS5930 y Deere & Patton.....	35
Tabla 12. Consolidado de Exploraciones usadas para el presente trabajo de aplicación.....	36

Tabla 13. Relación modelo 1D de REMI usados en el presente trabajo de aplicación.....	36
Tabla 14. Relación de Sondeos usados en el presente trabajo de aplicación.	37
Tabla 15. Relación de Apiques usados en el presente trabajo de aplicación.....	37
Tabla 16. Ensayos y Normativas INVIAS.....	41
Tabla 17. Criterios de clasificación de zonas homogéneas.....	43
Tabla 18. Severidad en Procesos de remoción en masa	44
Tabla 19. Relación de Sondeos usados en el presente trabajo de aplicación.	60
Tabla 20. Relación de Apiques usados en el presente trabajo de aplicación.....	61
Tabla 21. Relación modelo 1D de REMI ejecutados en el tramo	61
Tabla 22. Relación datos estructurales del tramo por estación geomecánica.....	81
Tabla 23. Resultados de ensayos de laboratorio Zona 1	94
Tabla 24. Resultados de ensayos de laboratorio Zona 2.....	100
Tabla 25. Severidad en Procesos de remoción en masa	103

LISTA DE FIGURAS.

	pág.
Figura 1. Ubicación de la zona del presente trabajo de aplicación.	24
Figura 2. Ejemplo de Fichas de Estaciones Geomecánicas diligenciadas para depósitos y formaciones rocosas.	27
Figura 3. Columna Estratigráfica generalizada regional de la zona de estudio	45
Figura 4. Mapa geológico regional de la zona de estudio.....	46
Figura 5. Interacción de las placas de Nazca y Caribe con la Placa Suramericana.	52
Figura 6. Mapa Litotectónico y Morfoestructural del Noroeste de Suramérica.....	53
Figura 7. Mapa de Zona de Amenaza Sísmica en Colombia y el Área del Proyecto	58
Figura 8. Esquema de Planta - Perfil geológico local desde el K10+400 al K12+600	74
Figura 9. Esquema de Planta - Perfil geológico local desde el K12+600 al K14+400	75
Figura 10. Esquema de Planta - Perfil geológico local desde el K14+400 al K16+200	76
Figura 11. Esquema de Planta - Perfil geológico local desde el K16+200 al K17+560	77

Figura 12. Imagen Stereonet, Ficha T3-UF4-R09 X: 1.059.498 Y: 1.281.087	79
Figura 13. Diagrama de Stereonet con los datos de estratificación en la UF4	80
Figura 14. Imagen Stereonet con las tres familias de diaclasas principales.	82
Figura 15. Imagen ilustrativa con las zonas geológicas homogéneas.	90
Figura 16. Resumen descripción del sondeo UF4-SND20, representativo de la zona 1.....	93
Figura 17. Resumen descripción del sondeo UF4-S27, representativo de la zona.....	99
Figura 18. Estratificaciones y Familias de diaclasas ficha geomecánicas Zona 2.	101
Figura 19. Esquema Planta – Perfil geológico presente en el sitio critico k12+000.....	104
Figura 20. Esquema Planta – Perfil geológico presente en el sitio critico K16+800.....	108
Figura 21. Ubicación del Puente La Paz.....	109
Figura 22. Descripción Sondeo UF4-S24	115
Figura 23. Descripción Sondeo UF4-S27	118

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
Fotografía 1. Capas tabulares medias a gruesas actitud de 30°/305° de arenisca de grano fino a medio, intercaladas con capas de lodolitas, Formación Esmeralda.	63
Fotografía 2. Laminaciones planoparalela en areniscas grisáceas de grano fino de la formación Esmeralda	64
Fotografía 3. Intercalación de lutitas y rocas duras (R4) de areniscas de grano fino, moderada a poco fracturadas y grado meteorización W2.	65
Fotografía 4. Suelos residuales areno-limosos y arcillosos de la Formación Esmeralda.	66
Fotografía 5. Reptación y movimiento de suelos residuales de la Formación Esmeralda.	66
Fotografía 6. Depósitos aluviales de terrazas altas (Qt2) en contacto discordante con la formación Mugrosa (Tom), 50 m al N del K12+380.	67
Fotografía 7. Morfología plana de terraza altas de depósitos aluviales del río Sogamoso, alrededor del K10+260	68
Fotografía 8. Niveles gravosos de depósitos aluviales de terrazas altas del río Sogamoso, aflora a 200 m del K11+440 hacia el N de la calzada.	69
Fotografía 9. Depósito Aluvial (Qal) en quebrada controlada por Box Culvert, K15+880.	70
Fotografía 10. Depósito Aluvial (Qal), Puente La Paz K17+397, Río Sogamoso.	70
Fotografía 11. Depósito Coluvial (Qc) compuesto de suelos residuales de la Formación Esmeralda, K16+800.	71

Fotografía 12. Depósito Antropogénico Qant2 de Terraplenes a lo largo de la vía.....	72
Fotografía 13. Depósito antropogénico Qant2 ubicado en Planta río Sogamoso de Petromil, K12+000 calzada izquierda.	72
Fotografía 14. Depósito antropogénico Qant2 ubicado en Campamento El Cedral de Isagen, K12+000 calzada derecha.....	73
Fotografía 15. Depósito Antropogénico Qant1 de asentamiento urbano en alrededores del caserío La Tienda Nueva K13+200 al K13+500.....	73
Fotografía 16. Ladera estructural de sinclinal.....	85
Fotografía 17. Ladera de contrapendiente sinclinal.....	86
Fotografía 18. Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo).	87
Fotografía 19. Cárcava en depósito coluvial (Dmo).....	87
Fotografía 20. Caída de rocas en contrapendiente estructural (Dmo).....	87
Fotografía 21. Plano o llanura de inundación (Fpi).....	89
Fotografía 22. Zona de inestabilidad geotécnica.....	96
Fotografía 23. Cárcava por erosión en terraza aluvial alta del río Sogamoso en K12+000.....	105
Fotografía 24. Deposito coluvial sobre el eje de la vía	106
Fotografía 25. Vista desde aguas abajo sobre río Sogamoso al puente La Paz.	110
Fotografía 26. Tomada desde el estribo 2, muestra las Unidades geológicas presentes en puente La Paz sobre el Río Sogamoso.	111
Fotografía 27. Terraplén de acceso hacia Bucaramanga, puente La Paz margen izquierda sobre el Río Sogamoso.....	111

Fotografía 28. Soporte del puente La Paz, margen izquierda del Río Sogamoso.	112
Fotografía 29. Estribo 1 del nuevo puente sobre estrato potente de	113
Fotografía 30. Areniscas bajo estribo 1 del puente La Paz sobre el Río Sogamoso.	113
Fotografía 31. Fotos del sondeo F4-S24 con una profundidad de 18.90 m. a) 0.00 – 3.20 m. b) 3.20 m – 6.30 m. c) 6.30 m – 9.30 m. d) 9.30 m – 12.30 m. e) 12.30 m – 14.75 m. f) 14.75 m – 17.75 m. g) 17.75 m – 18.90 m.....	116
Fotografía 32. Fotos del sondeo F4-S27 con una profundidad de 23.00 m. a) 0.00 – 3.00 m. b) 3.00 m – 6.00 m. c) 6.00 m – 9.00 m. d) 9.00 m – 12.00 m. e) 12.00 m – 15.00 m. f) 15.00 m – 20.10 m. g) 20.10 m – 23.00 m.....	119
Fotografía 33. Zona denudacional de suelos residuales de Arcillolitas gris oscuras con moteados rojizos de la Formación Esmeraldas.....	120
Fotografía 34. Superficie estructural en areniscas grano grueso de la Formación Esmeraldas, sobre margen izquierda río Sogamoso.	121

LISTA DE ANEXOS

En Base de Datos ver planos en carpeta adjunta al documento.

	pág.
ANEXO A. APIQUES	128
ANEXO B. SONDEOS	176
ANEXO C. REMI	197
ANEXO D. Estaciones Geomecánicos.....	214
ANEXO E. e-mail con autorización por parte de Ferrocol para uso de la información.....	236
ANEXO F. Planos (ver carpeta adjunta en Base de Datos)	237

RESUMEN

TITULO: GEOLOGIA PARA INGENIERIA DEL TRAMO DESDE KM 10+400 HASTA KM 17+560 PERTENECIENTE A LA UNIDAD FUNCIONAL UF3 - UF4 DEL CONSORCIO FERROCOL SANTANDER RUTA DEL CACAO EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA*.

AUTOR: ANDRÉS QUINTERO NAVAS**

PALABRAS CLAVE: Geología para ingeniería, geomorfología, geotecnia, Ruta de Cacao, Ferrocol., Colombia.

DESCRIPCIÓN

En este trabajo de aplicación se realizó una geología para ingeniería del tramo desde el K10+400 hasta el K17+560 en el Puente La Paz sobre el río Sogamoso, en la Unidad Funcional UF3-UF4 de la Ruta del Cacao del Consorcio Ferrocol Santander, en el municipio de Betulia, Santander – Colombia. Se inicia el estudio con la cartografía geológica a escala 1:2000 Planta-Perfil de aproximadamente 200 metros a lado y lado del trazado de la vía propuesta por el consorcio Ferrocol Santander por medio de una campaña de campo con el uso de Ortofotos tomadas por la concesión Ruta del Cacao en noviembre de 2015 debidamente georeferenciadas. Adicionalmente se contó la información de 25 apiques, 8 sondeos y 2 REMI sobre el Puente La Paz, todo lo anterior suministrado por la concesión Ruta del Cacao.

La Zonificación Geológica se hizo basándose en la homogeneidad de las características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del tramo del corredor vial, donde se reconocieron 2 zonas homogéneas: una zona Estable del K10+400 al K14+400 y una zona potencialmente inestable del K14+400 al K17+560. Se determinaron 2 Sitios Críticos: el primero en el K12+000 donde actualmente presenta procesos activos de inestabilidad por erosión que afectaran la vía propuesta y el segundo en el K16+800 donde la vía se encuentra sobre un depósito coluvial con un potencial fenómeno de remoción en masa de severidad alta.

* Trabajo de Aplicación

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, escuela de Ingeniería Civil, Profesor Juan Diego Colegial Gutiérrez

ABSTRACT

TITLE: GEOLOGY FOR ENGINEERING FROM K10+400 UNTIL K17+560 BELONGING TO THE FUNCTIONAL UNIT UF3 - UF4 OF THE FERROCOL SANTANDER CONSORCIO, RUTA DEL CACAO IN THE DEPARTMENT OF SANTANDER, COLOMBIA*. *

AUTHOR: JAIRO ANDRÈS QUINTERO NAVAS**

KEY WORDS: Geology for Engineering, geomorfology, geotechnics, Cacao Route, Ferrocol, Colombia.

DESCRIPTION

In this application work It has been made the geology for engineering of the section from the K10 + 400 to the K17 + 560 in the La Paz Bridge over the Sogamoso River, in the Functional Unit UF3-UF4 of the Cacao Route by the Ferrocol Santander Consortium, in the municipality of Betulia, Santander - Colombia. The study begins with the plan-profile geological mapping at 1: 2000 scale of approximately 200 meters side and side of the traced route proposed by the Ferrocol Santander consortium through a field campaign with the use of Ortophotos taken by the Cacao Route concession in november 2015 properly georeferenced. Additionally, the information of 25 pips, 8 drill holes and 2 Refraction microtremor (REMI) in La Paz Bridge, all of the above provided by the Cacao Route concession.

Geological Zoning was based on the homogeneity of the geological, geomorphological and geotechnical characteristics of the section of the road corridor, where two homogeneous zones were recognized: a Stable zone from K10 + 400 to K14 + 400 and a potentially unstable area of K14 + 400 to K17 + 560. Two critical sites were identified: the first one in K12 + 000 where it currently presents active processes of instability by erosion that will affect the proposed route and the second one in the K16 + 800 where the route is on a colluvial deposit with an active removal phenomenon in mass of high severity.

* Application Work

** Engineering Faculty of Physicomechanics, School of Civil Engineering, Profesor Juan Diego Colegial Gutiérrez

INTRODUCCION

La importancia del presente estudio radica en que la mayoría del tramo estudiado se encuentra ubicado en una zona geotécnicamente inestable, sobre suelos residuales y transportados de formaciones areno-limosas y areno-arcillosas, depósitos aluviales y depósitos coluviales susceptibles a fenómenos de remoción en masa

El estudio se realizó en el tramo desde el K10+400 hasta el K17+560 en el Puente La Paz sobre el río Sogamoso, en la Unidad Funcional UF3-UF4 de la Ruta del Cacao del Consorcio Ferrocil Santander, en el municipio de Betulia, Santander – Colombia, en donde en los trabajos de Estructuración por parte de la Concesión Ruta del Cacao ya se habían reportado zonas de inestabilidad.

La investigación tiene por objetivo realizar una caracterización geológica para ingeniería a partir de la cartografía geológica a escala 1:2000 y de los resultados de la exploración del subsuelo por parte de la Concesión Ruta del Cacao.

Se parte de la cartografía geológica a escala 1:25.000 suministrada por los trabajos de Estructuración por parte de la Concesión Ruta del Cacao ¹.

En el trabajo de Campo se hicieron recorridos con el fin de hacer la cartografía geológica a escala 1:2000 aproximadamente a unos 200 metros a lado y lado de los trazados propuestos por la Concesión Ruta del Cacao junto con su respectiva caracterización geomecánica de suelos y de macizo rocoso, realizando ensayos en campo.

¹ Bueno, E.L et al 2004

Teniendo en cuenta el trabajo de Campo y los resultados de la exploración de subsuelo por parte de la Concesión Ruta del Cacao, se buscó hacer una caracterización geológica, geomorfológica y geotécnica para ingeniería.

1 OBJETIVOS.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Describir y analizar todas las características asociadas al medio físico en cuanto a los suelos y rocas a escala 1:2.000, del tramo seleccionado para el estudio.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir y caracterizar las unidades litológicas existentes en el corredor de la vía comprendido entre el K10+400 al K17+560 en el Puente La Paz y su contextualización geológica.
- Realizar una caracterización geomorfológica y geotécnica para el sector de vía analizado.
- Establecer las condiciones de estabilidad general del corredor de vía identificando posibles sectores críticos y los mecanismos de falla posibles de ocurrir durante la operación del proyecto vial.
- Realizar una cartografía geológica detallada a escala 1:500 en la zona del Puente La Paz sobre el río Sogamoso.

2 GENERALIDADES.

2.1 ALCANCES

El estudio contempló los aspectos que involucran los parámetros técnicos en la ciencia de la geología y que sirven de soporte a la ejecución eficiente de todas las actividades y obras de infraestructura vial del proyecto.

Como parte de estos aspectos se incluyó:

- La delimitación de las unidades litológicas a escala 1:2000 de los terrenos que conforman el corredor vial, incluyó la descripción de su composición, su perfil de meteorización, características de resistencia, comportamiento geomecánico general, etc. Dentro de esta delimitación se incluyó la cartografía y caracterización de depósitos geológicos históricos (Suelos transportados) y de rasgos estructurales como fallas, diaclasas, planos de estratificación, entre otros. Todos estos elementos son vistos como parámetros que guardan estrecha relación con la calidad y estabilidad de los suelos y de los macizos rocosos, teniendo en cuenta su significado para el diseño y construcción de la vía.
- La evaluación conceptual de la estabilidad de las laderas naturales que serán intervenidas se realizó como apoyo a los estudios para el diseño de taludes, puentes, muros y demás obras.
- La descripción de los materiales recuperados con los sondeos exploratorios y con perforaciones.

- La sectorización de los terrenos a lo largo del tramo, definida a partir de comportamientos homogéneos en cuanto a la geología y condiciones de estabilidad, que deben ser tenidos en cuenta para el diseño y construcción de la vía.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A lo largo de la historia reciente la vía Barrancabermeja - Bucaramanga ha presentado problemas de inestabilidad. El tramo del presente estudio no ha sido la excepción. Entre el caserío de Tienda Nueva aproximadamente Km14+400 de la UF3-UF4 de la Ruta del Cacao y el Puente la Paz se ha presentado inestabilidad en los suelos residuales de la Formación Colorados, Formación Mugrosa, Formación La Paz y en los depósitos coluviales, ocasionando hundimientos en la banca de la vía, movimientos de remoción en masa, problemas de saturación de agua provocando el colapso de estructuras de contención; Incluso después de la construcción de obras de estabilización ciertos movimiento han continuado. Por estos motivos en el presente trabajo de aplicación se pretende dar un diagnóstico geológico, geomorfológico y geotécnico de las causas de los movimientos.

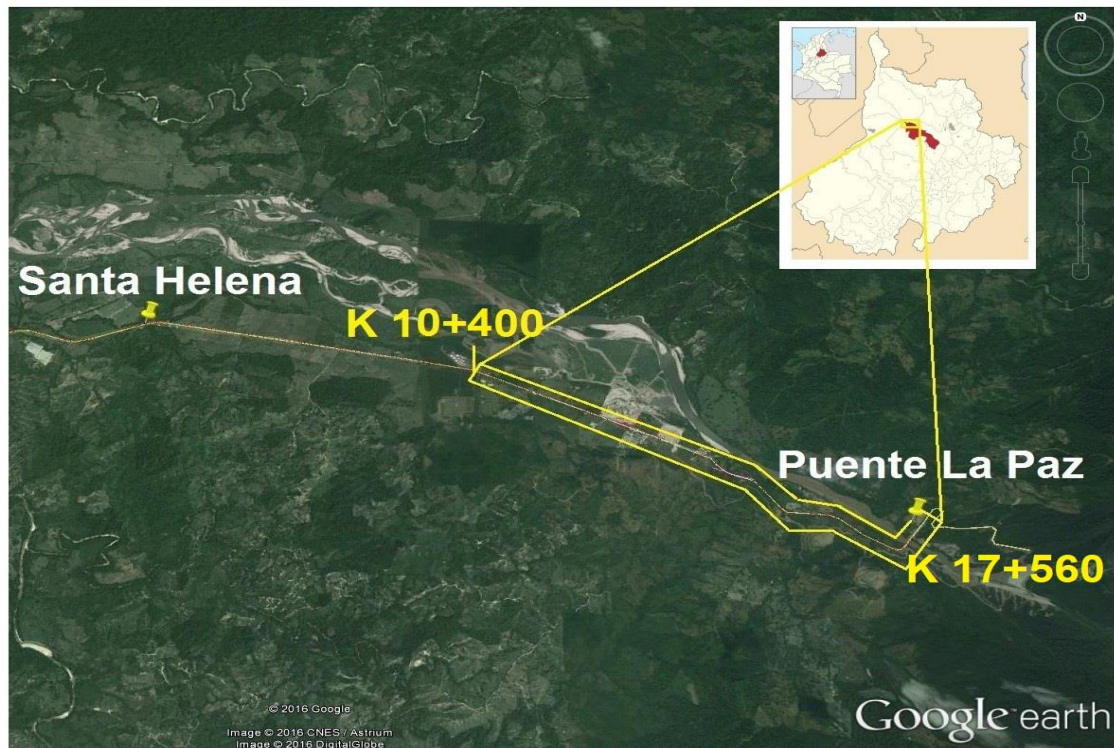
2.3 JUSTIFICACIÓN

Para la ingeniería siempre ha sido un reto la construcción de corredores viales a lo largo de zonas conformada por suelos residuales finos, por depósitos coluviales y en donde las condiciones de drenaje no controlan la saturación del terreno, generando problemas de inestabilidad geológica. La importancia del proyecto radica precisamente en encontrar las causas de los movimientos por medio de una caracterización geológica, geomorfológica y geotécnica.

2.4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La zona de estudio se encuentra ubicada dentro del departamento de Santander en el corredor Barrancabermeja - Lebrija, en el subtramo La Fortuna - Puente la Paz, en el K10+400 hasta el K17+560 de la Unidad Funcional UF3 - UF4 del Consorcio Ferrocól Santander Ruta del Cacao. Específicamente inicia en el punto con coordenadas planas ² X: 1'068.498 y Y: 1'279.865 a una altura de 179 msnm y termina en el punto con coordenadas planas X: 1'073.164 y Y: 1'277.698 a una altura de 188 msnm. Este tramo hace parte de La Vía Bucaramanga – Barrancabermeja, constituye el sector más occidental de la Transversal 66, que llega hasta Pamplona en el Departamento de Norte Santander donde se intercepta con la Troncal del Norte o Ruta 55.

Figura 1. Ubicación de la zona del presente trabajo de aplicación.



Fuente: presente informe (editado de google Earth 2016)

² Adoptadas del sistema de coordenadas para Colombia (Esteroide Internacional 1904, proyección conforme de Gauss) con origen de coordenadas X: 1'000.000 y Y: 1'000.000, del observatorio astronómico de Santafé de Bogotá D.C.

3 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

En la realización del presente estudio se siguieron las siguientes etapas:

3.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

En esta etapa se consultó en primera instancia la cartografía regional tomada del mapa y Boletín Geológico del Cuadrángulo H-12 “Bucaramanga” a escala 1:100.000³; junto a la información de estructuración de la ANI Fase II, que incluye la presentación de cartografía geológica a escala 1:25.000. Además de otros estudios geológicos adicionales de la región.

3.2 FOTOINTERPRETACIÓN Y RECONOCIMIENTOS DE CAMPO

La fotointerpretación del área de estudio se enfoca en la identificación de los contactos entre las formaciones rocosas interceptadas y los depósitos superficiales; así como en la visualización de rasgos estructurales como fallas y aptitud estructural. Para ello se utilizaron ortofotos tomadas por el proyecto concesión Ruta del Cacao en noviembre de 2015, debidamente georeferenciadas.

Adicionalmente se consultaron las imágenes satelitales de Google Earth de mejor resolución, teniendo en cuenta las restricciones de uso respectivas.⁴

3.3 TRABAJOS DE CAMPO

El trabajo de campo partió de reconocimientos preliminares de las unidades estratigráficas a nivel regional y de los trazados planteados en el estudio de

³ Ingeominas 1973. Boletín Geológico, 21. Geología Cuadrángulo H-12

⁴ https://www.google.com/intl/es_co/permissions/geoguidelines.html#basics

estructuración suministrado por Ferropol; se parte en primera instancia de la identificación de accesos vehiculares y caminos sobre el corredor vial proyectado. Esta actividad fue realizada en forma conjunta con el personal interdisciplinario del consorcio.

3.3.1 Cartografía.

La cartografía geológica detallada es definida sobre bases topográficas restituidas con tecnología LIDAR a escala 1:2.000, con curvas de nivel cada metro y un ancho de levantamiento de información de 200 m a lado y lado del eje proyectado en estructuración y suministradas por el consorcio.


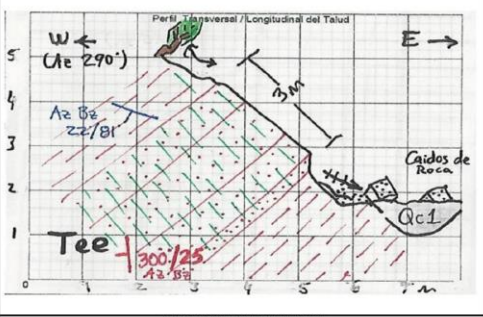
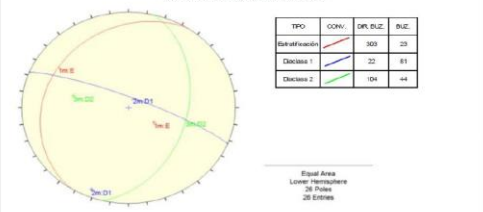
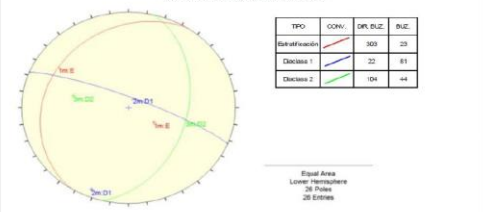
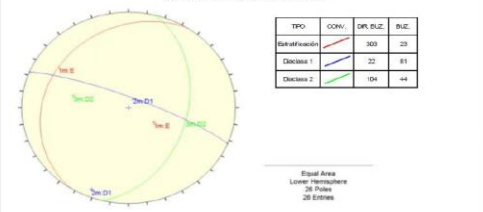
En el levantamiento de información detallada en campo se busca precisar en primera instancia los contactos de las unidades estratigráficas ya definidas a nivel regional, así como las formaciones y depósitos cuaternarios superficiales y los procesos morfodinámicos observables.

La cartografía geológica regional se muestra en el Plano 1 a escala 1:25.000 y la cartografía local se presenta en el Plano 2 a escala 1:2.000.

Para una referencia geológica más precisa aplicable a los diseños geotécnicos del proyecto y con el fin de estimar el comportamiento específico de las diferentes unidades geológicas frente a las intervenciones ingenieriles del proyecto vial (cortes, terraplenes, puentes, etc.), se levantan fichas de estaciones geomecánicas representativas, donde adicional a la información geológica (morfología, litología, estructuras, morfodinámica), se califican parámetros geomecánicos cuyas clasificaciones se describen en el siguiente numeral.

Las Estaciones geomecánicas se presentan en el **Anexo D**.

Figura 2. Ejemplo de Fichas de Estaciones Geomecánicas diligenciadas para depósitos y formaciones rocosas.

ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ																																																																									
ferrovial	Tramo: 3		UF: 3-4		Sector: La Playa		Coordenadas Este: 1.072.093		Norte: 1.277.884		Cota: 201																																																														
	FICHAS INVENTARIO DE TALUDES: T3-UF3-4-R08				OBSERVADOR: Andrés Quintero				FECHA: 23/02/2016																																																																
Geometría del Talud			Dirección: 200°		Pendiente: 45°		H. Máxima (m): 4m		Longitud: 198m		MARGEN: Derecho vía a Bucaramanga																																																														
			Bermas: N/A		Cunetas: N/A		Estructuras: N/A				MARGEN: N/A																																																														
Descripción Talud	Litología	Fr. Esmeralda: Arenisca de grano fino, color gris a gris verdoso, en capas medias a gruesas (0,2-2 m), moderadamente a poco fracturada (0,2-2 m), ligeramente meteorizada (W3-W2), dureza media a dura (F0-F4), intercalada con lutita shales color gris, moteados café-púrpura.				Excavabilidad		Mecánica, rpaco.		Hidrogeología / condiciones de drenaje			Ligeramente húmedos por permeabilidad e infiltración.																																																												
	Estado Actual / Proceso	Erosión / Sedimentación				Remoción en Masa		Análisis Factores Inestables			Con aumento de lluvias se saturan los estratos blandos, generando deslizamientos y caídas de rocas por volcamiento.																																																														
	CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:																																																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TIPO</th> <th colspan="2">PLANOS</th> <th colspan="2">CONTINUIDAD</th> <th colspan="2">SUPERFICIE</th> <th colspan="2">RELLENO</th> <th rowspan="2">APERTURA (mm)</th> <th rowspan="2">PRESENCIA DE AGUA</th> <th rowspan="2">METEORIZACIÓN</th> <th rowspan="2">LITOLÓGICA</th> </tr> <tr> <th>DIR. ELUZ.</th> <th>ELUZ.</th> <th>SEGUN RUMBOS</th> <th>SEGUN RUMBO</th> <th>ORIENTACION</th> <th>INDICACION</th> <th>TPO</th> <th>ESPAZOR (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estabilización</td> <td>204</td> <td>57</td> <td>1-3</td> <td>1-10</td> <td>0,06-2</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>LH</td> <td>W3-W2</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td>Clase 1</td> <td>81</td> <td>22</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,2-0,6</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>CL</td> <td><5</td> <td>1-5</td> <td>LH</td> <td>W3-W2</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td>Clase 2</td> <td>225</td> <td>75</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,2-0,6</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>CL</td> <td><5</td> <td>1-5</td> <td>LH</td> <td>W3-W2</td> <td>Arenisca</td> </tr> </tbody> </table>												TIPO	PLANOS		CONTINUIDAD		SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACIÓN	LITOLÓGICA	DIR. ELUZ.	ELUZ.	SEGUN RUMBOS	SEGUN RUMBO	ORIENTACION	INDICACION	TPO	ESPAZOR (mm)	Estabilización	204	57	1-3	1-10	0,06-2	O	R	-	-	LH	W3-W2	Arenisca	Clase 1	81	22	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	LH	W3-W2	Arenisca	Clase 2	225	75	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	LH	W3-W2
TIPO	PLANOS		CONTINUIDAD		SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACIÓN	LITOLÓGICA																																																													
	DIR. ELUZ.	ELUZ.	SEGUN RUMBOS	SEGUN RUMBO	ORIENTACION	INDICACION	TPO	ESPAZOR (mm)																																																																	
Estabilización	204	57	1-3	1-10	0,06-2	O	R	-	-	LH	W3-W2	Arenisca																																																													
Clase 1	81	22	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	LH	W3-W2	Arenisca																																																												
Clase 2	225	75	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	LH	W3-W2	Arenisca																																																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TIPO</th> <th rowspan="2">CONV.</th> <th rowspan="2">DIR. ELUZ.</th> <th rowspan="2">ELUZ.</th> <th rowspan="2">RMR</th> <th rowspan="2">GSI</th> </tr> <tr> <th>Clase 1</th> <th>22</th> <th>81</th> <th>23</th> <th>55</th> </tr> <tr> <th>Clase 2</th> <td>104</td> <td>44</td> <td>23 <td>3</td> <td>15</td> </td></tr> </thead> </table>											TIPO	CONV.	DIR. ELUZ.	ELUZ.	RMR	GSI	Clase 1	22	81	23	55	Clase 2	104	44	23 <td>3</td> <td>15</td>	3	15																																													
	TIPO	CONV.	DIR. ELUZ.	ELUZ.	RMR	GSI																																																																			
Clase 1							22	81	23	55																																																															
Clase 2	104	44	23 <td>3</td> <td>15</td>	3	15																																																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">RMR Bienavski (1969)</th> <th colspan="3">RMR 1</th> <th colspan="3">RMR 2-3</th> <th colspan="4">RMR 4</th> <th colspan="2">RMR 5</th> <th rowspan="2">RMR 600</th> <th rowspan="2">RMR 600</th> <th rowspan="2">GSI</th> </tr> <tr> <th>R.C.S. (kpcm²)</th> <th>D1</th> <th>D2</th> <th>D3</th> <th>Media</th> <th colspan="4">ESTADO DE LAS JUNTAS</th> <th colspan="2">PRESENCIA DE AGUA</th> </tr> <tr> <th>Valoración</th> <td>50-10</td> <td>1-5</td> <td>2-3</td> <td>2-3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>15</td> <td colspan="2">Ligeramente Húmedos</td> <td>55</td> <td>55</td> <td>55-55</td> </tr> </thead> </table>											RMR Bienavski (1969)	RMR 1			RMR 2-3			RMR 4				RMR 5		RMR 600	RMR 600	GSI	R.C.S. (kpcm ²)	D1	D2	D3	Media	ESTADO DE LAS JUNTAS				PRESENCIA DE AGUA		Valoración	50-10	1-5	2-3	2-3	3	1	5	2	4	15	Ligeramente Húmedos		55	55	55-55																			
	RMR Bienavski (1969)	RMR 1			RMR 2-3			RMR 4					RMR 5		RMR 600	RMR 600	GSI																																																								
R.C.S. (kpcm ²)		D1	D2	D3	Media	ESTADO DE LAS JUNTAS				PRESENCIA DE AGUA																																																															
Valoración	50-10	1-5	2-3	2-3	3	1	5	2	4	15	Ligeramente Húmedos		55	55	55-55																																																										
	<p>Observaciones: Se como un RCD de 50-75%.</p>																																																																								
	<p>Intersecciones analizadas:</p>																																																																								

Fuente: Consorcio Ferrocol Santander.

3.3.2 Parámetros de clasificación de los suelos y rocas.

En los reconocimientos de campo y en las exploraciones del subsuelo se utilizaron tablas de clasificaciones de las diferentes variables geológicas y geomorfológicas a ser tenidas en cuenta en los análisis geotécnicos. En las Tabla 1 a la Tabla 11 se presentan las categorías utilizadas a nivel de espaciamiento de discontinuidades, dureza de suelos y rocas, grado de meteorización, GSI, RMR, etc.

Tabla 1. Clasificación de Pendientes de Laderas.

Código	Clase	Pendiente %	Código	Clase	Pendiente%
S1	Plano	0 - 1%	C1	Ligeramente Ondulado	3 - 7%
S2	Ligeramente Plano	1 - 3%	C2	Ondulado	7 - 12%
S3	Ligeramente Inclinado	3 - 7%	C3	Fuertemente Ondulado	12 - 25%
S4	Moderadamente Inclinado	7 - 12%	C4	Ligeramente Quebrado	7 - 12%
S5	Fuertemente Inclinado	12 - 25%	C5	Quebrado	12 - 25%
S6	Moderadamente escarpado	25 - 50%	C6	Fuertemente Quebrado	25 - 50%
S7	Escarpado	50 - 75%	C7	Escarpado	50 - 75%
S8	Muy escarpado	> 75%	C8	Muy Escarpado	> 75%

Fuente: IGAC

Tabla 2. Clasificación para el espesor de los estratos y espaciamiento de las diaclasas.

ESTRATIFICACIÓN	DIACLASAMIENTO	ESPESOR cm
Finamente laminada	Fisurada	0,6
Laminada	Triturada	0,6 - 2
Muy Delgada	Muy Fracturada	2 - 6
Delgada	Fracturada	6 - 20
Media	Moderadamente Fracturada	20 - 60
Gruesa	Poco Fracturada	60 - 200
Muy gruesa	Masiva	200

Fuente: Adaptado de Mckee and Weir, 1953 y Geotechnical Control Office, 1988

Tabla 3. Dureza de las Rocas frente al martillo del Geólogo.

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









Fuente: Adaptado de US. Bureau of Reclamation (1990). "Engineering Geology Field Manual" 3

Tabla 4. Resistencia a partir de índices de campo (ISRM) Modificado de British Standard Institution (1999).

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

Fuente: Adaptado de US. Bureau of Reclamation (1990). "Engineering Geology Field Manual" 3.

Tabla 5. Índice de Resistencia Geológica – GSI para macizos heterogéneos sedimentarios (Adaptada de Hoek, 2006)

GSI PARA MACIZOS HETEROGENEOS COMO FLYSCH (Marinos P. and Hoek. E, 2000)		CONDICIONES DE SUPERFICIE EN LAS DISCONTINUIDADES (Planos de foliación predominantes)				
COMPOSICION Y ESTRUCTURA		MUY BUENAS	BUENAS	REGULAR	POBRE	MUY POBRE
<p>A partir de la litología, estructura y condiciones superficiales de las discontinuidades, se estima un valor promedio del GSI. No se debe tratar de ser muy preciso. Un rango de 33-37 es mas realista que un GSI=35. Note que el criterio de Hoek - Brown no aplica a estructuras controladas por fallas, donde la orientación desfavorable de los planos de debilidad esta presente pudiendo estos dominar el comportamiento del macizo rocoso. Algunos esfuerzos en el macizo son reducidos por la presencia de agua y esta puede conducir a un ligero desplazamiento y deteriorar la calidad. La presión de agua no hace cambios en el valor de GSI y este puede tratarse con esfuerzos efectivos.</p>		<p>Superficies muy rugosas, superficies no meteorizadas, frescas</p> <p>Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro</p> <p>Superficies lisas, moderadamente meteorizadas y alteradas</p> <p>Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos compactos o rellenos de fragmentos</p> <p>Superficies con espejos de falla, con alto grado de meteorización con rellenos de arcilla suave.</p>				
 <p>A. El espesor de la capa de arenisca. El efecto del recubrimiento pelítico sobre los planos de las capas es minimizado por el efecto de confinamiento del macizo rocoso</p>		70	60			
 <p>B. Arenisca con intercalaciones de limolita</p>	 <p>C. Arenisca y limolita en iguales cantidades.</p>		50			
	 <p>D. Limolita con estratos de arenisca con estratos de</p>			40		
	 <p>E. limolita y arcillolita con estratos de arenisca</p>					
<p>E, D, E y G pueden ser mas o menos foliadas como se ilustra, pero no cambian los esfuerzos. La deformación tectónica, fallas y perdida de continuidad implica desplazarse a las categorías F y H.</p>						
	 <p>F. Tectónicamente deformado, intensamente foliado/fallado, material arcilloso cizallado de limolita y arcillolita con fragmentos de areniscas deformadas formando</p>			30		
	 <p>G. Arcillolitas y limolitas inalteradas con o sin arenisca.</p>					20
	 <p>H. Limolita o arcillolita tectónicamente deformada formando una estructura caótica con paquetes de arcilla. Delgados estratos de arenisca trasformada en pequeñas</p>					10

Fuente: Adaptado de Rock Engineering – Course note by Evert Hoek

Tabla 6. Parámetros y rango de valores para la clasificación geomecánica RMR (Bieniawsky 1989)

Parámetro			Rango de valores						%	
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa				15
		Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa	
	valor	15	12	7	4	2	1	0		
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			20
	valor		20	17	13	8	3			
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm			20
	valor		20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m			30
		Valor	6	4	2	1	0			
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm			
		Valor	6	5	3	1	0			
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave			
		Valor	6	5	3	1	0			
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm			
		Valor	6	4	2	2	0			
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta			
		valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5			15
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo			
	valor	15	10	7	4	0				
TOTAL									100	

Fuente: Adaptado de Rock Engineering – Course note by Evert Hoek

Tabla 7. Evaluación del Ajuste de RMR por Orientación de las Discontinuidades

CONDICIÓN DE LA ORIENTACIÓN DE ACUERDO A LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	TIPO DE PROYECTO	
	Fundaciones	Taludes
Muy Favorable	0	0
Favorable	-2	-5
Medio	-7	-25
Desfavorable	-15	-50

Fuente: Adaptado de Rock Engineering – Course note by Evert Hoek

Tabla 8. Clasificación Geomecánica Final RMR (Beniawski)

ÍNDICE RMR	CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	CLASE
81 - 100	Muy bueno	I
61 - 80	Bueno	II
41 - 60	Medio	III
21 - 40	Malo	IV
0 - 20	Muy malo	V

Fuente: Adaptado de Rock Engineering – Course note by Evert Hoek

A partir de la clasificación del macizo rocoso definida por los valores de RMR se han obtenido correlaciones de valores de cohesión, fricción, tiempo de autosostenimiento para el caso de excavaciones en taludes y túneles según lo relacionado en la Tabla 9.

Tabla 9. Significado de la Clasificación de macizos rocosos por RMR

CLASE	I	II	III	IV	V
Tiempo de autosostenimiento	10 años para luces de 15 m	6 meses para luces de 8 m	1 semana para luces de 5 m	10 horas para luces de 2,5 m	30 minutos para luces de 1 m
Cohesión del macizo rocoso	> 400 Kpa	300 - 400 Kpa	200 - 300 Kpa	100 - 200 Kpa	< 100 Kpa
Angulo de fricción del macizo rocoso	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15 - 25

Fuente: Adaptado de Rock Engineering – Course note by Evert Hoek

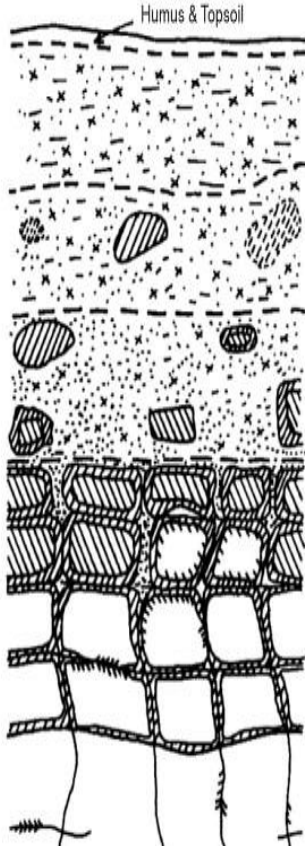
Los perfiles estratigráficos definidos en los sectores de intervención se complementaron a partir de la definición de horizontes de meteorización según la clasificación propuesta por la British Standard BS 5930 que define los horizontes según grado de meteorización de la roca y recobro de las perforaciones. En las **Tablas 3-11** y **3-12** se presenta una descripción de los horizontes de meteorización definidos en la British Standard BS5930 y su aproximación a la clasificación propuesta por Deere & Patton, 1971.

Tabla 10. Clasificación del grado de meteorización de un macizo rocoso

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

Fuente: Modificado de British Standard Institution BS5930 (1999).

Tabla 11. Horizontes de Meteorización Según BS5930 y Deere & Patton

	BS 5930	Deere & Patton, 1971	Descripción
	VI	IB	Suelo Residual: La estructura de la roca no se puede conocer, usualmente conformado por limos y arcillas
VI Soil	V	IC	Completamente Meteorizada: Saprolito, suelo que conserva la textura de la roca original. Tiene hasta un 10% de bloques rocosos.
V Completely weathered	IV	IIA-IC	Altamente meteorizada: Zona de transición suelo roca. Mezcla de matriz de suelo y bloques rocosos. Recuperación en perforaciones entre el 10 y 50%
IV Highly weathered	III	IIA	Moderadamente Meteorizada: Roca alterada, con suelo entre discontinuidades, colores originales alterados, ha perdido su resistencia original. En perforaciones presenta recuperaciones entre un 51 y un 80%
III Moderately weathered Rock 50% to 90%	II	IIB	Poco Meteorizada: Solo alterada en paredes de discontinuidades. En perforaciones presenta recuperación entre un 50 y 80%
II Slightly weathered	I	III	Roca Fresca: Sin ningún tipo de alteración. Presenta recuperación del 100 %
I Fresh rock			

Fuente: Adaptado de Rock Engineering – Course note by Evert Hoek y de British Standard Institution BS5930 (1999).

3.3.3 Exploraciones. El programa de exploración del subsuelo se proyectó con miras a determinar de la manera más completa posible las características de los materiales del subsuelo y obtener las muestras necesarias para estimar a partir de los ensayos de laboratorio los parámetros geotécnicos requeridos para los diseños geotécnicos. Se caracterizaron los materiales de taludes de mayor altura tanto a nivel de desmonte como de terraplenes, fundaciones de puentes, intercambios viales, muros de contención, entre otros.

De igual manera se usaron los resultados de las exploraciones del subsuelo para determinar las condiciones del terreno de fundación de la estructura del pavimento incluyendo los sectores donde se proyecta la realización de terraplenes.

En la **Tabla 12** se presentan de manera resumida el tipo y número de exploraciones que se usaron para la realización del presente trabajo de aplicación, la cantidad de estas se tomó como referencia de las directrices planteadas en el Apéndice Técnico “*Requerimientos Técnicos Estudios Y Diseños De Carreteras Fase III*” del INVIAS.

Tabla 12. Consolidado de Exploraciones usadas para el presente trabajo de aplicación.

TIPO	CANTIDAD
Sondeos Rotación	8 (10 a 43 m)
Apiques	25 (1 a 3 m)
Perfiles REMI	2

Fuente: presente trabajo de Aplicación.

En las siguientes tablas se relacionan todas las exploraciones ejecutadas que fueron usadas para la realización del presente informe:

Tabla 13. Relación modelo 1D de REMI usados en el presente trabajo de aplicación.

Código REMI	Coordenadas		K	Puente
	ESTE	NORTE		
UF4-REMI5	1.072.979	1.277.448	17+200	Río Sogamoso
UF4-REMI6	1.073.173	1.277.713	17+520	Río Sogamoso

Fuente: presente trabajo de Aplicación.

Tabla 14. Relación de Sondeos usados en el presente trabajo de aplicación.

Sondeo	Coordenadas		K	Profundidad (m)	Objetivo	Muestreo			
	Este	Norte				SPT	M.I.	T.P.	P.P.
UF4-SND20	1.070.600	1.278.858	14+358	17,80	Muro	7	0	4	2
UF3-S21	1.071.152	1.278.410	15+088	18,00	Relleno	5	1	4	0
UF3-S22	1.071.497	1.278.217	15+512	31,40	Desmonte	3	0	11	0
UF4-S23	1.072.509	1.277.813	16+648	15,00	Relleno	6	0	1	0
UF4-S24	1.073.006	1.277.492	17+345	18,90	Puente La Paz	2	0	7	0
UF4-S27	1.073.107	1.277.636	17+528	23,00		1	0	8	0
UF4-S28	1.072.561	1.277.528	16+800	23,4	Sitio critico	4	3	9	0
UF4-S29	1.072.607	1.277.614	16+800	18,00	Sitio critico	5	1	2	0

Fuente: presente trabajo de Aplicación.

Tabla 15. Relación de Apiques usados en el presente trabajo de aplicación.

#	Código Apique	Coordenadas		Prof. (m)	Numero Muestras	K
		X	Y			
1	UF4-AP42	1.068.628	1.279.810	2,9	2	11+760
2	UF4-AP43	1.069.102	1.279.583	3,3	2	12+290
3	UF4-AP44	1.069.576	1.279.442	3,65	1	12+600
4	UF4-AP45	1.069.576	1.279.407	2,6	2	12+800
5	UF4-AP46	1.069.753	1.279.261	1,8	2	13+020
6	UF3-AP47	1.070.054	1.279.091	2,8	--	13+360
7	UF4-AP48	1.070.107	1.279.092	2,5	--	13+410
8	UF3-AP49	1.070.278	1.278.988	2,65	2	13+600
9	UF4-AP50	1.070.532	1.278.950	2,7	--	13+860
10	UF3-AP51	1.070.858	1.278.699	2,85	1	14+220
11	UF4-AP53	1.071.081	1.278.506	3,05	--	14+580
12	UF3-AP54	1.071.195	1.278.337	3,3	--	14+920
13	UF3-AP55	1.071.351	1.278.333	2,7	1	15+280
14	UF4-AP56	1.072.606	1.278.145	1,5	2	15+560
15	UF3-AP57	1.071.752	1.277.995	2,7	2	15+850
16	UF3-AP58	1.071.926	1.277.900	2,75	1	16+040
17	UF3-AP59	1.072.173	1.277.883	2,1	3	16+280
18	UF4-AP61	1.072.350	1.277.915	3,4	--	16+400
19	UF3-AP60	1.072.299	1.277.862	2,9	2	16+410
20	UF3-AP62	1.072.418	1.277.801	2,85	--	16+550
21	UF4-AP63	1.072.551	1.277.742	3,1	3	16+650
22	UF4-AP64A	1.072.602	1.277.628	3,1	1	16+780
23	UF4-AP63A	1.072.586	1.277.596	3	2	16+800
24	UF4-AP64	1.072.686	1.277.569	2,7	--	16+880
25	UF4-AP65	1.072.891	1.277.434	2,9	2	17+120

Fuente: presente trabajo de Aplicación.

- **Ensayos de campo.** Tras los reconocimientos preliminares de campo y la realización de la cartografía geológica del tramo en cuestión de la unidad funcional UF3-UF4 a escala 1:2000, se propuso una campaña de reconocimientos geotécnicos a lo largo del corredor vial que incluye la realización de sondeos a rotación mecánica con recuperación de testigo y apiques, así como la ejecución de una campaña de prospección geofísica.

Los sondeos a rotación mecánica fueron ejecutados con la finalidad de evaluar los materiales interesados en las excavaciones a realizar en el corredor vial y el reconocimiento de las cimentaciones de las estructuras y terraplenes, tanto de la unidad Funcional 3 como de la unidad funcional 4 correspondiente al desdoblamiento de la unidad.

En el interior de los sondeos se han extraído Muestras Inalteradas (MI) por hinca a percusión de un tomamuestras de pared gruesa, de 86 mm de diámetro exterior, con una maza de 63,5 Kg cayendo desde una altura de 75 cm, que está diseñado especialmente para que la muestra se recupere en el interior de un tubo de P.V.C. que, cerrado herméticamente con tapas de goma, mantenga inalterada largo tiempo las propiedades del terreno ensayado. Estas muestras fueron tomadas con una periodicidad de 4m en suelos.

Así mismo se han realizado ensayos de penetración estándar S.P.T. por hinca a percusión de un tomamuestras de pared partida, de 51 mm de diámetro exterior, con una maza de 63,5 Kg cayendo desde una altura de 75 cm, obteniéndose una muestra alterada del terreno. Este ensayo fue realizado con una periodicidad estimada de 2m en suelos o en cada cambio de materiales.

Tanto el ensayo S.P.T. como la toma de Muestras Inalteradas permite, contando el número de golpes necesarios para hacer penetrar la cuchara del S.P.T. o el

tomamuestras, cuatro tramos de 15 cm, obtener una idea de la consistencia o compacidad del terreno a la cota a la que se ejecuta el ensayo.

La longitud de estos tomamuestras es de 60 cm. Se obtiene el índice NSPT sumando los golpes obtenidos en los dos tramos centrales de 15 cm. En el caso de las Muestras Inalteradas se considera NSPT. N MI/2. Estos ensayos se dan por terminados cuando el tomamuestras se ha introducido totalmente o cuando en cualquiera de los tramos de 15 cm se ha requerido más de 50 golpes, lo que se considera rechazo (R).

Este ensayo de penetración estándar permite a partir del número de golpes N obtenido, estimar con base en correlaciones diferentes parámetros geotécnicos como el ángulo de fricción del suelo ϕ y módulo de elasticidad del suelo E_s .

En los tramos donde no se pudo tomar muestras inalteradas, debido a la resistencia del terreno o a tratarse de rocas con grado de meteorización inferior a W3 se tomaron testigos parafinados, para su posterior ensayo en el laboratorio.

En el interior de los sondeos se ejecutaron ensayos presiométricos utilizando un equipo Elastmeter II fabricado por la compañía japonesa OYO, con medidas de deformación radiales, capaz de alcanzar una presión máxima de 20 MPa en condiciones ideales; lo anterior con el objetivo de determinar valores de módulo de corte presiométrico (G), el módulo de deformación (E_p), la presión de fluencia y la presión límite, a ser utilizados en el cálculo de los módulos de deformación de las rocas analizadas.

Una vez ejecutados los sondeos se instalaron piezómetros con diámetros de 2" con el objetivo de determinar el nivel freático y sus variaciones estacionales.

La ejecución de apiques se ha realizado mediante medios mecánicos con el fin de caracterizar la plataforma de apoyo del corredor vial. En el interior de estos apiques se tomaron muestras alteradas y se enviaron al laboratorio para su posterior clasificación mediante ensayos de laboratorio.

Adicionalmente para el Puente La Paz sobre el río Sogamoso se realizó un perfil de sísmica pasiva REMI que consistió básicamente en determinar la distribución de los valores de transmisión de las ondas de cizalla (V_s) a través del terreno. Este dato tiene gran relevancia en la clasificación de suelos en la normativa sismo resistente. Para este ensayo, fue utilizado un equipamiento digital de 24 canales modelo SUMMIT II Compact y un equipamiento digital de 24 canales modelo DAQ Link II accionado por una fuente sísmica constituida por un martillo de 8Kg sobre una placa de acero colocada en el terreno.

- **Ensayos de laboratorio.** Una vez realizada la exploración directa se seleccionaron muestras representativas alteradas con el objetivo de realizar una batería de ensayos en el laboratorio que permiten la estimación directa de propiedades geomecánicas de las formaciones geológicas existentes a lo largo del tramo.

Para los trabajos de campo, sondeos de prospección en el terreno, transporte de muestra, ensayos en campo y ensayos de laboratorio para la caracterización geotécnica de los suelos se siguieron diferentes normativas como las Normas INVIAS que son de aplicación para Colombia y Las Normas de la ASTM, homologas para las normas INVIAS. En general para la caracterización de suelos se utilizaron las normativas y pruebas relacionadas en la Tabla 16 presentada a continuación.

Tabla 16. Ensayos y Normativas INVIAS

NORMA	DESCRIPCIÓN
I.N.V.E - 101	Investigación de suelos y rocas para propósitos de ingeniería
I.N.V.E - 102	Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual)
I.N.V.E - 103	Conservación y transporte de muestras de suelos
I.N.V.E - 105	Obtención de muestras para probetas de ensayo mediante tubos de pared delgada
I.N.V.E - 106	Preparación en seco de muestras de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas
I.N.V.E - 107	Preparación de muestras húmedas de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas
I.N.V.E - 108	Perforación con brocas de diamante para investigaciones en el sitio
I.N.V.E - 111	Ensayo de penetración normal y muestreo con tubo partido de los suelos
I.N.V.E - 112	Toma de muestras superficiales de suelo inalterado
I.N.V.E - 122	Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca y mezclas de suelo-agregado
I.N.V.E - 123	Análisis granulométrico de suelos por tamizado
I.N.V.E - 125	Determinación del límite líquido de los suelos
I.N.V.E - 126	Límite plástico e índice de plasticidad
I.N.V.E - 128	Determinación del peso específico de los suelos y del llenante mineral
I.N.V.E - 152	Compresión inconfiada en muestras de suelos
I.N.V.E - 153	Parámetros de resistencia del suelo mediante compresión triaxial
I.N.V.E - 154	Determinación de la resistencia al corte método de corte directo (cd) (consolidado drenado)
ASTM D3967-08	Resistencia a la Tracción Indirecta o Brasilera
ASTM D7012-13	Compresión simple con Banda Extensiométrica axial

Fuente: presente trabajo de aplicación.

3.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION Y ZONIFICACIÓN GEOLÓGICO - GEOTÉCNICA

Finalmente, se tomaron los resultados de las exploraciones y de la información tomada en campo para ser procesada en la oficina. Ésta, fue consignada en los planos de diseño y perfiles estratigráficos, procediéndose con la definición de zonas homogéneas con base en criterios litológicos, estructurales, morfológicos, geotécnicos y de presencia de zonas inestables, con su respectiva calificación de estabilidad según la **Tabla 17** presentada.

La identificación de zonas homogéneas busca simplificar los análisis de estabilidad de las excavaciones y de los terraplenes, al igual que maximizar la distribución de las exploraciones a ejecutar.

La cartografía geológica regional fue ajustada según las unidades reconocidas en campo, estableciendo los diferentes parámetros requeridos por las otras disciplinas de la ingeniería y la geotecnia con respecto a las unidades litológicas y geológicas que serán atravesadas por el proyecto vial.

En el presente informe se define como sitio crítico a los procesos de remoción activos de severidad media a alta. En la siguiente tabla se muestran los parámetros usados para determinar la severidad en los movimientos de remoción en masa.

Tabla 17. Criterios de clasificación de zonas homogéneas.

ZONA HOMOGÉNEA	DESCRIPCIÓN
Clase I. Zona Estable, Sin Problemas De Manejo.	Se clasifica como una zona sin problemas que puedan comprometer la operación o estabilidad del corredor vial. La probabilidad de ocurrencia de procesos geomorfológicos es mínima debido a la morfología de pendientes suaves a moderadas y a las condiciones geomecánicas de los materiales que se traducen en condiciones aceptables de estabilidad.
Clase II. Zona Moderadamente Estable	En esta categoría se clasifican sectores o zonas con presencia incipiente de fenómenos erosivos y/o procesos de remoción en masa de mínimas dimensiones que no afectan la estabilidad general del corredor vial ni de los taludes aledaños. Se proyecta que en este tipo de sectores las condiciones geológicas de los materiales a nivel litológico y estructural no constituyen factores pasivos de inestabilidad; sin embargo, las pendientes de las laderas pueden ser inclinadas a quebradas y se requiere dar un adecuado manejo de la escorrentía.
Clase III. Zona Potencialmente Inestable	En este tipo de zonas, las propiedades de los materiales son deficientes de manera que, en determinado caso, el mal manejo de las obras de drenaje y confinamiento del corredor vial, o la variación de los factores externos, podrían determinar con una alta probabilidad la ocurrencia de procesos de inestabilidad que afecten la operación parcial o total del corredor vial; sin embargo, no son comunes los procesos de inestabilidad activos. Se considera que los procesos de inestabilidad de este tipo de zonas, pueden ser manejados correctamente con obras sencillas de drenaje, contención, revegetalización y reconformación de taludes, y que la cantidad de procesos y su magnitud, no implican problemas permanentes de operación o estabilidad del corredor.
Clase IV. Zona Inestable, Recuperable.	En este tipo de zonas, frecuentemente se dan procesos geomorfológicos que afectan la estabilidad del corredor vial y su talud superior, donde el grado de incertidumbre respecto a su comportamiento y desarrollo es relativamente fácil de modelar, analizar y entender mediante un estudio geotécnico detallado y que debido a su magnitud pueden ser tratados con obras de estabilización convencionales, tipo muros de contención, refuerzo de taludes, filtros y reconformación de laderas.
Clase V. Zonas Muy Inestables, De Manejo Especial.	Se caracterizan por presentar procesos de inestabilidad de tipo asentamientos y deformaciones del corredor vial, de gran magnitud, cuyo diagnóstico es complicado y donde existe gran incertidumbre con respecto a su caracterización, patrones determinantes de inestabilidad y evolución. Las posibles soluciones planteadas a las que se pueda llegar con un estudio geotécnico detallado pueden dar lugar a cuantiosas inversiones que debido a la magnitud de las inestabilidades pueden resultar con alto riesgo. Adicionalmente, se incluyen en esta categoría los sectores del corredor en los cuales el número de procesos de inestabilidad, su categoría o el volumen de masa involucrado puede ocasionar problemas importantes de operación o de pérdida parcial de la banca.

Fuente: Consorcio Ferrocol Santander.

Tabla 18. Severidad en Procesos de remoción en masa

Grado de Severidad	Volumen Material Fallado
Bajo	< 20 m ³
Medio	20 m ³ a 500 m ³
Alto	>500 m ³ o que la falla haya producido una fatalidad o daño considerable

Fuente: modificado Ministerio de Transporte.

3.5 INFORME FINAL

La conjunción de las actividades presentadas en los anteriores numerales permitió la generación de dos productos: El primero corresponde al informe de Estudio de Geología para Ingeniería y el segundo es el referente al mapa geológico del corredor de vía para el tramo objeto del presente trabajo de aplicación con sus respectivos perfiles geológicos y de meteorización.









4. ESTUDIOS DE ANTECEDENTES

Este capítulo comprende el análisis y resumen de la información consultada durante la etapa de revisión de información secundaria. Se relacionan aspectos principalmente de la geología regional y riesgo sísmico tomando como principal fuente analizada los estudios de estructuración.

4.1. GEOLOGÍA REGIONAL

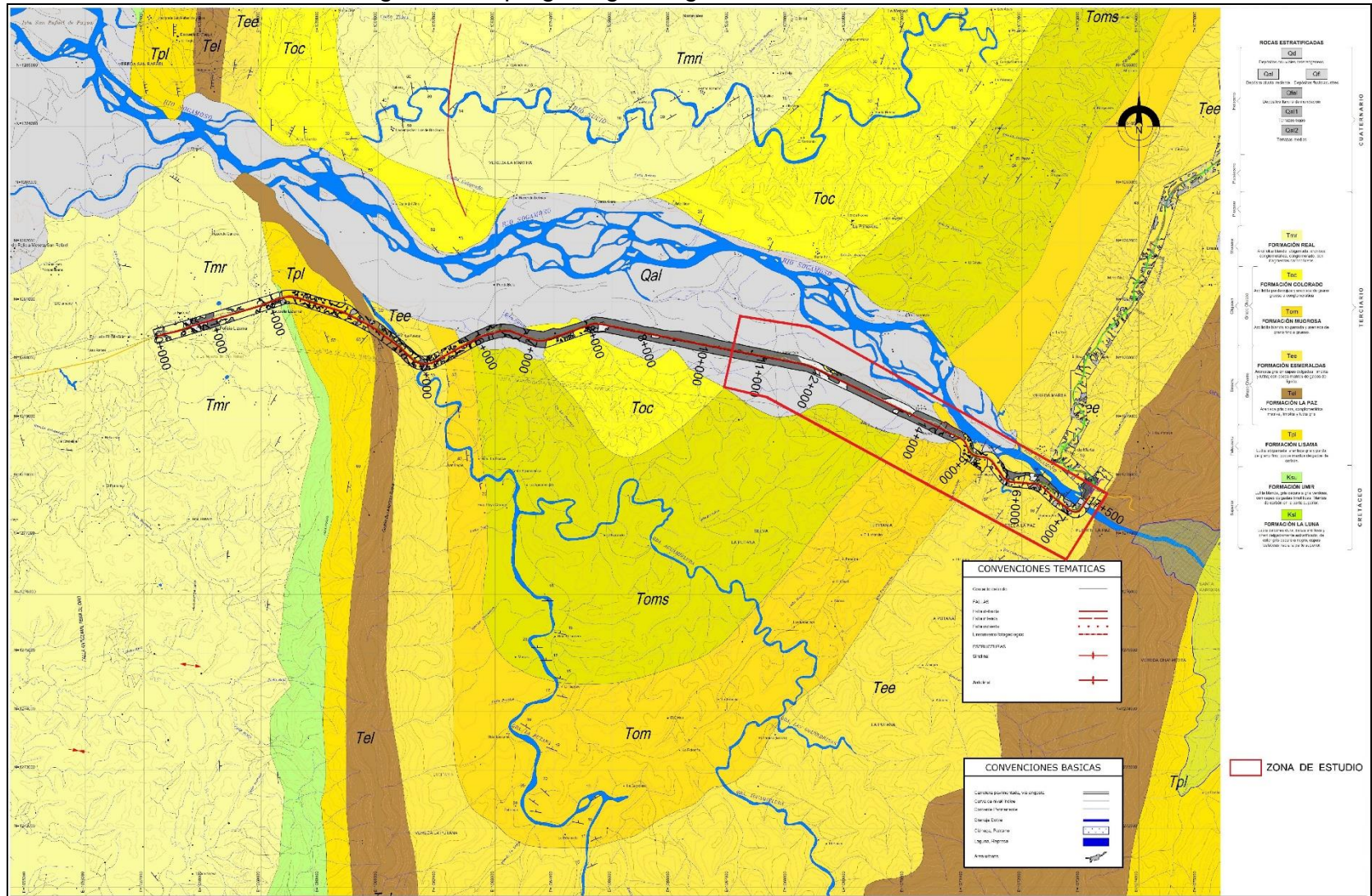
Se presenta a continuación la descripción de la más antigua a la más joven de las unidades estratigráficas regionales y su relación con el tramo objeto del presente trabajo de aplicación perteneciente a la Unidad Funcional UF3-UF4. En la siguiente figura se presenta de manera generalizada la columna estratigráfica regional que hace parte el área de estudio.

Figura 3. Columna Estratigráfica generalizada regional de la zona de estudio

SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	SIM-BOLO	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
T E R C I A R I O	CUAT. HOL.		Qtf		Terrazas y aluviones	
	PLIO.	GRUPO MESA	TQ		Gravas, arenas y conglomerados. Espesor: 300 - 545 m.	
		GRUPO REAL	Trp		Discontinuidad estratigráfica (?) Areniscas, lodolitas y conglomerados. Espesor: 500 - 700 m.	
	MIOCENO	GRUPO CHUSPAS	FM. COLORADO	Tom		Discontinuidad estratigráfica (?) Lodolitas rojas y areniscas conglomeráticas. Espesor: 935 - 1.250 m.
			FM. MUGROSA	Teo		Lodolitas y capas delgadas de areniscas. Espesor: 550 - 850 m.
			FM. ESMERALDA	Tpe		Areniscas, lodolitas y capas delgadas de carbón. Espesor: 160 - 575 m.
	FM. LA PAZ		Areniscas conglomeráticas con estratificación cruzada. Espesor: 240 - 800 m.			
	PAL.		FM. LISIANA			

Fuente: Editado de Ingeominas – Diagnóstico Dimensión Biofísico Ambiental Territorial de Santander

Figura 4. Mapa geológico regional de la zona de estudio



Fuente: Editado del Cuadrángulo H-12 – Ingeominas (ver Plano 1).

4.1.1 Estratigrafía.

- **Terciario**

- ▷ **FORMACIÓN LISAMA (Tpl)**

Unidad perteneciente al Terciario (Paleoceno). Consta de 1.225 m de arcillas compactas con colores variables entre el rojo y el carmelita y de areniscas, macizas y de color gris verdoso.

Las areniscas tienden a ser de grano más grueso en la parte superior. El conjunto indica que fue depositado bajo condiciones lagunares deltaicas y que representa una transición de un ambiente marino del Cretáceo a un ambiente no marino del Terciario.

El contacto de la formación Lizama con la formación Umir es conforme y gradacional y se coloca generalmente en la primera arenisca bien desarrollada encima de los shales del Umir. El contacto con la suprayacente formación La Paz, es inconforme, localmente con una pronunciada discordancia angular (Taborda 1965); sin embargo, en la zona se identifica como un hiato estratigráfico y su espesor se ha estimado alrededor de los 1200 m.

- ▷ **FORMACIÓN LA PAZ (Tel)**

Pertenece al denominado Grupo Chorro (parte Inferior) del Eoceno. La sección tipo está expuesta en el cañón del río Sogamoso, se compone de areniscas grises conglomeráticas, macizas y de conglomerados con intercalaciones de grandes paquetes de arcillas grises. El miembro basal Toro consta de unas arcillas duras de color crema a rosado, de 30 m de espesor; es considerado en varios campos como un horizonte clave.

En su afloramiento tipo la formación La Paz mide hacia el oeste más de 1.300 m, pero en los campos petroleros su espesor disminuye hasta 150 y 200 m. El límite inferior es una inconformidad regional, discordancia angular local; el contacto con

la suprayacente formación Esmeralda es conforme. En relación al proyecto trabajo de aplicación, dicha formación se encuentra al costado más oriental del tramo objeto del presente estudio, en los alrededores del Puente La Paz sobre el río Sogamoso. Se presenta una descripción más detallada de la unidad, en el numeral de estratigrafía local del capítulo 5.

▷ FORMACIÓN ESMERALDA (Tee)

Esta formación en su sección tipo, cerca al sitio La Esmeralda en el Río Sogamoso, tiene un espesor de 1.300 m y disminuye hacia el oeste (en los campos de petróleo) a 175 m. Está compuesta por areniscas finas grises y verdosas, con intercalaciones de arcillas grises con manchas rojas y carmelitas. Representa la parte superior del Grupo Chorro.

Localmente su tope está marcado por un horizonte con gasterópodos y pelecípodos de agua dulce de Eoceno Superior llamado horizonte fosilífero de los Chorros. Esta formación se correlaciona con la parte inferior de la formación Carbonera de la cuenca de Maracaibo, se indica para la formación un origen deltaico y lagunar.

En relación al proyecto trabajo de aplicación, dicha formación se encuentra al costado más oriental del tramo objeto del presente estudio, en contacto con la Formación la Paz. ...en el Capítulo 5... se describe en forma detallada.

▷ FORMACIÓN MUGROSA (Tom)

Esta unidad pertenece al denominado Grupo Chuspas (formaciones Mugrosa y Colorado), que se halla entre las capas, encima del horizonte fosilífero de los Chorros y debajo de los gruesos estratos clásticos de la formación Real. Se refiere a sedimentos que afloran a lo largo del eje del anticlinal Mugrosa e incluye las zonas más productivas de los campos petroleros.

La parte inferior consta de areniscas de grano fino a medio de color gris verdoso con intercalaciones de arcillolitas grises y azules. La parte media está formada por

arcillolitas compactas azules y carmelitas con intercalaciones menores de arcillolitas verdosas.

Su espesor varía en área petrolífera entre 500 y 850 m; su edad es probablemente Oligoceno Inferior. El contacto con la subyacente formación Esmeralda es una inconformidad regional según Morales (1958) pero Taborda (1965) afirma que la inconformidad no se encuentra en el área ni en los campos petrolíferos. Es conforme con la suprayacente formación Colorado.

Esta unidad es cortada por el corredor vial en la parte este y oeste de la Unidad Funcional UF3 y UF4, siendo descrita con más detalle en ...el capítulo 5...

▷ FORMACIÓN COLORADO (Toc)

La sección tipo se encuentra en el río Colorado del cual recibe su nombre y consta de 1250 m de arcillolitas macizas de color rojo y carmelita con varios paquetes compactos de areniscas conglomeráticas que llegan hasta 2500 m de espesor a lo largo del afloramiento. Los 800 m más superiores están constituidos por arcillolitas oscuras, carbonáceas y fosilíferas designadas como "Arcilla La Cira". La edad se considera como Oligoceno Superior.

A nivel general las arcillolitas son más rojizas y las areniscas más gruesas y conglomeráticas que las de la formación Mugrosa. El techo fosilífero de la Cira, marca el tope de esta unidad, siendo inconforme con la suprayacente formación Real. Por constituir el núcleo del Sinclinal de Nuevo Mundo esta unidad es cortada por el corredor vial en la parte central del Tramo 3, Unidades Funcionales UF3 y UF4, cubierta en gran parte por depósitos cuaternarios de terrazas.

▷ FORMACIÓN REAL (Tmr)

La sección tipo se encuentra en el área del río Opón, donde fue descrita por Wheeler (1935, pp. 36-37) como un conjunto de rocas clásticas de 3900 m de espesor, compuesta de base a tope por 30 m de conglomerados, 500 m de areniscas conglomeráticas con fragmentos de carbón, 1300 m de shales

moteadas de gris y rojo, 1.100 m de areniscas donde son frecuentes los troncos carbonizados y silicificados, y hacia el tope 500 m de shales de colores rojo, gris, púrpura y pardo, intercalados con areniscas en capas delgadas. Esta secuencia termina con paquetes de areniscas conglomeráticas, que presentan estratificación cruzada, con presencia de madera carbonizada y restos de hojas.

De acuerdo con el Léxico Estratigráfico de Colombia, en la nomenclatura estándar propuesta por Morales *et al.* (1968), para el Valle Medio del Magdalena, el Grupo Real constituye un conjunto formado por conglomerados, areniscas y shales, que se encuentran comprendidos entre la Formación Colorado del Grupo Chuspas en la base y el Grupo Mesa en la parte superior.

- **Depósitos Cuaternarios (Q).** A lo largo de todo el tramo de conexión vial se presentan depósitos no consolidados de edad cuaternaria, de los cuales se destacan los depósitos aluviales del río Sogamoso y corrientes menores como las quebradas Miraflores y La Cabezonera

- Depósitos de Terraza Aluvial (Qt). Depósitos medianamente consolidados con espesores que alcanzan hasta 40 metros de espesor, ubicados en los márgenes del río Sogamoso y quebradas afluentes. Se caracterizan por ser depósitos con cantos redondeados y contenidos variables de gravas en matriz de texturas arenosas a limoarenosas.

- Depósitos Aluviales Recientes (Qal). Depósitos poco consolidados ubicados en los márgenes de ríos y quebradas que afluentes de ríos como el Sogamoso, Sucio y Magdalena entre otros, con predominio de texturas arenosas a limoarenosas y contenidos variables de gravas y cantos de acuerdo a la energía y madurez de las corrientes y a las áreas fuentes de sedimentos.

➤ Depósitos Coluviales (Qc). Se presentan en todos los tramos de la concesión Ruta del Cacao; los más importantes se localizan en el Tramo 5 producto de procesos de remoción en masa cíclicos sobre suelos residuales arcillosos de la formación Umir, que, con las altas precipitaciones de la zona, la plasticidad de los mismos y su posición morfológica conducen a su formación, con extensiones de varios Km² y espesores hasta de 40 m. En la zona del tramo objeto del presente trabajo de aplicación sus extensiones se restringen a tan solo decenas de metros y hasta 10 metros de profundidad en los depósitos de mayor cuidado.

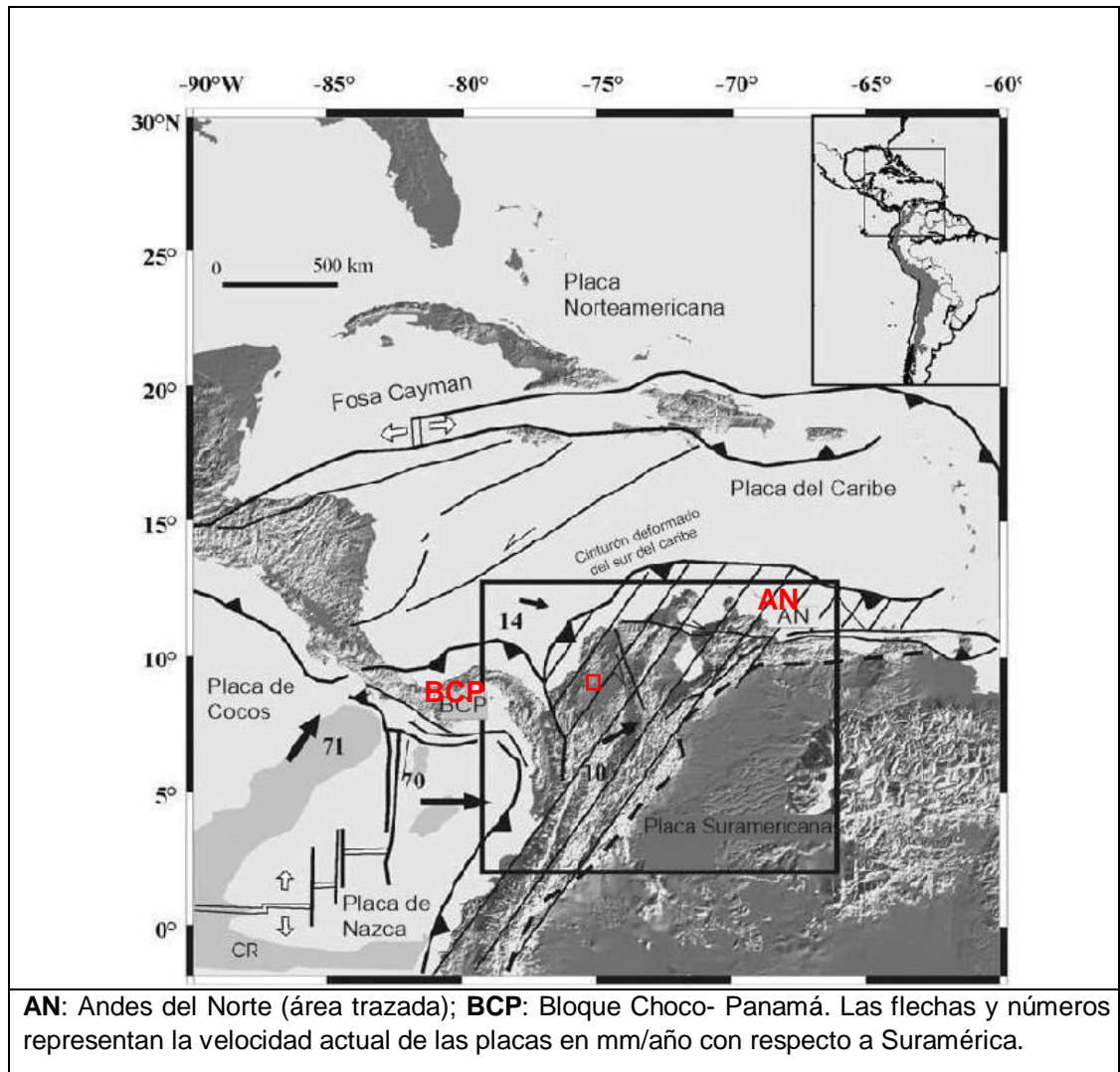
4.1.2 Tectónica Regional.

El área de estudio se ubica sobre las provincias tectónicas del Valle Medio del Magdalena (VMM) y de la Cordillera Oriental, formando parte del piedemonte y flanco occidental de esta cordillera. La provincia del Valle Medio del Magdalena se extiende desde El Banco en el norte hasta Honda en el sur, limitado lateralmente por los macizos rocosos de las cordilleras Central y la falla de La Salina al oriente. Ambas provincias se caracterizan por presentar pliegues anticlinales y sinclinales amplios, limitados por fallas inversas y de cabalgamiento, de direcciones NE y NW, con inclinación predominante hacia el oriente.

El territorio colombiano ha sido dividido por varios autores en provincias y terrenos (o regiones) geológicos. La propuesta utilizada para ubicar en el contexto de terrenos geológicos el área de estudio es la correspondiente a Cediél *et al.* (2003, en Cetina *et al.*, 2013) quienes dividen el territorio colombiano en más de 30 unidades litotectónicas y morfoestructurales, y en cuatro grandes regiones tectónicas, ubicándose el área de estudio en la región de la Subplaca Continental

Central (**CCSP**) y más específicamente sobre el piedemonte occidental de la Cordillera Oriental y la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

Figura 5. Interacción de las placas de Nazca y Caribe con la Placa Suramericana.

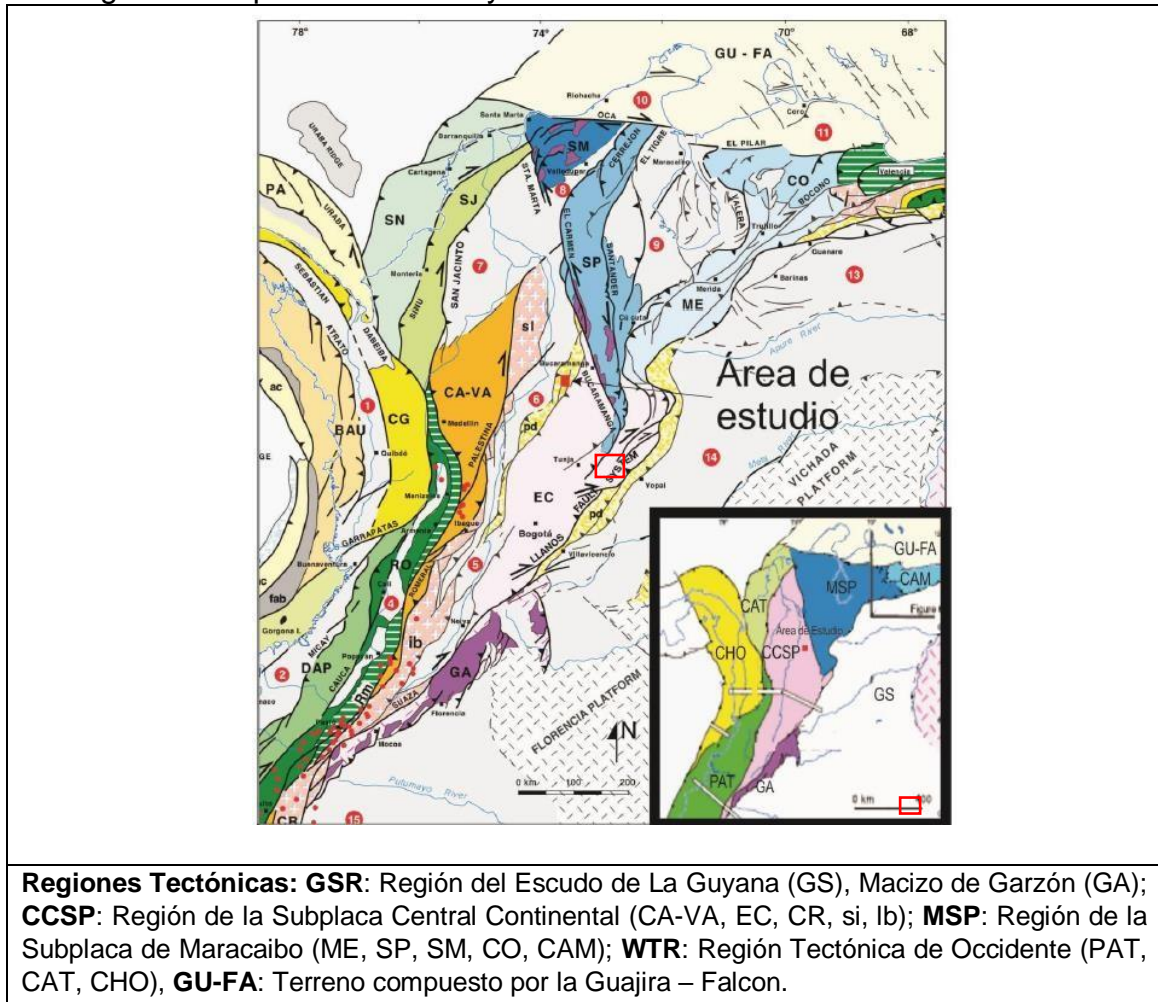


FUENTE. Tomado y modificado de Cortés *et al.* (2005) en Cetina *et al.* (2013).

En términos de terrenos, el tramo del corredor vial se localiza en el Terreno Chicamocha según Cediél *et al.* (2003), el cual está caracterizado por presentar basamento de edad Proterozoico y estar limitado al NE por la Falla de

Bucaramanga, al SE por el Sistema de fallas del Borde Llanero y al W por la falla de Palestina.

Figura 6. Mapa Litotectónico y Morfoestructural del Noroeste de Suramérica.



Fuente: Tomado y modificado de Cediél *et al.* (2003) en Cetina *et al.* (2013).

El Valle Medio del Magdalena se presenta como una cuenca intracordillerana, basculada hacia el oriente, con la tendencia homoclinal disturbada por algunos pliegues y fallas.

Las estructuras principales y el patrón de fallamiento terciario en el Valle Medio exhiben una orientación general NNE – SSW, paralela a la cuenca. La parte oriental se caracteriza por pliegues sinclinales y anticlinales estrechos, limitados

por fallas inversas hacia su flanco occidental (Yory, Bayer y Medina, 1977). Dicho fallamiento se relaciona generalmente con el eje de la estructura anticlinal.

A nivel regional las fallas primarias en la provincia del Valle Medio del Magdalena sobre la zona de influencia del corredor vial son de occidente a oriente las fallas de Casabe, Infantas y La Salina, mientras en la Provincia cordillerana las Fallas de San Vicente y del Suarez, teniendo como principales estructuras de plegamiento el Sinclinal de Nuevo Mundo y la Flexión de Chucurí, descritas y visualizadas a continuación.

- **Fallas Regionales**

- ▷ FALLA DE LA SALINA

Se encuentra localizada al occidente del departamento de Santander; su dirección regional es NE, pero localmente varía a NS y NW, pudiéndose reconocer su longitud desde su límite con Boyacá al sur hasta el norte del departamento. Es una falla inversa de ángulo alto, que en profundidad se curva hasta colocarse aproximadamente horizontal; inclinada al oriente y también tiene desplazamiento de rumbo lateral derecho⁵, la cual constituye el límite entre el Valle Medio del Magdalena y la Cordillera Oriental⁶.

Al oriente de su trazo se presentan rocas del Cretácico Superior y al occidente está en contacto con rocas terciarias; se calcula un salto hasta de unos 1.200 m en el contacto entre las formaciones Umir y Lizama haciendo que el Valle del Magdalena Medio se hunda. Esta falla está desplazada a la izquierda por la falla de Landázuri. La falla se extiende a lo largo del flanco oriental del Valle Medio del Magdalena en una longitud aproximada de 160 Km desde el sur del río Horta hasta el norte del Campo Provincia, marcando notoriamente el piedemonte occidental de la Cordillera Oriental.

⁵ Ingeominas, 1988, citado por Rayero y Clavijo et al. 2001:54.

⁶ Julivert, et al., 196, citado por Rayero y Clavijo et al. 2001:54.

El origen de la falla se sitúa en el Jurásico Superior, debido a la tectónica distensiva imperante en la zona, durante esa época la falla fue de tipo normal, posteriormente en el Terciario, la tectónica de la región pasó de distensiva a compresiva y la falla pasó a ser de carácter inverso. El trazo de la falla delimita el costado occidental del sinclinal de Nuevo Mundo en el sector sur.

- **Plegamientos.** Fruto de los diferentes esfuerzos compresivos desde el Terciario hasta el presente, se presentan a continuación la descripción de las principales estructuras de plegamiento.

▷ SINCLINAL DE NUEVO MUNDO

El eje de esta estructura presenta orientación N10-30°E y una extensión aproximada de 60 Km. Este importante sinclinal está limitado al oeste por la falla La Salina y al este por el anticlinal de Los Cobardes. Se constituye por rocas sedimentarias cenozoicas que representan un excelente registro de la evolución de las Cordilleras Oriental y Central.

El eje del sinclinal al atravesar el río Sogamoso, presenta un desplazamiento de unos 4 km al occidente. Ingeominas (1973) sugiere la presencia de una falla a lo largo del río en ese sector, orientada oeste-noreste, no se describe el tipo de falla y su longitud debido a que estaría cubierta por el aluvial del río. El desplazamiento afecta otra estructura del área como la falla de La Salina. El trazo de los corredores estudiados se localiza sobre el flanco oriental de este sinclinal, condicionando los rumbos de los estratos con dirección NNE y los buzamientos por lo general mayores a 30° hacia el NW; sin embargo, este flanco se afecta puntualmente por la flexión de Chucurí, generando replegamientos menores como son el Anticlinal fallado de río Sucio y el Sinclinal de Naranja dentro del flanco oriental del Sinclinal.

El eje se localiza hacia el PR8 al este de La Fortuna sobre las unidades funcionales UF3 y UF4, en el costado occidental la concesión; sin embargo, por ser atravesado de manera transversal por el corredor vial objeto de estudio, se

presenten buzamientos opuestos sobre los flancos occidental y oriental de la estructura condicionando la aptitud estructural en la mayor parte de unidades funcionales desde la UF4 hasta la parte inicial de la UF-9.

▷ ANTICLINAL DE LOS COBARDES:

Esta importante estructura tiene una orientación Nor-Noreste, con longitud cartográfica de 80 Km y es ligeramente asimétrica con su flanco occidental menos inclinado que el flanco oriental (Royero y Clavijo, 2001). Este anticlinal está limitado al oriente por la Falla del Suárez, al oeste por la Falla San Vicente - El Carmen (Royero y Clavijo, 2001) en su parte sur y al norte por la falla de Bucaramanga.

El anticlinal de Los Cobardes posee en su núcleo rocas de edad Jurásica, mientras que sus flancos están conformados por rocas cretácicas.

Morfológicamente constituye parte el borde oeste de la Cordillera Oriental. En la zona de influencia de la Ruta del Cacao, este anticlinal ha sido desmantelado a nivel de la cobertura cretácica en la UF-9, compartiendo su flanco occidental con el Sinclinal de Nuevo Mundo. Algunas orientaciones preferenciales de la estratificación sobre la formación Girón, permiten su identificación sobre esta unidad

- **Sistemas estructurales**

▷ Estratificación. A nivel de rumbos y buzamientos las direcciones preferenciales guardan relación directa con la ubicación de los estratos con respecto al Sinclinal de Nuevo Mundo, solo puntualmente se presentan sectores con el buzamiento de los estratos a favor de la pendiente, pues por lo general tienden a ir transversales al corredor vial.

Sobre el flanco occidental del Sinclinal y al oriente de la falla de La Salina, se presentan rumbos N20-40E buzando entre 45 a 75 hacia el NE, mientras en el

Flanco oriental del Sinclinal se presentan rumbos N15-50E buzando entre 16 y 50° hacia el NW.

➤ Diaclasamiento. En general las estructuras mayores controlan los patrones de fracturamiento a nivel local, constituyendo factores pasivos de inestabilidad particularmente cuando la dirección de los corredores viales coincide con la dirección de las estructuras citadas. Es así como en zonas con alto grado de fracturamiento se genera una permeabilidad secundaria relevante que al entrar los periodos lluviosos permiten la infiltración de agua, aumentan la presión hidráulica en las paredes rocosas y han generado desprendimientos de bloques rocosos y detritos.

4.2 SISMICIDAD

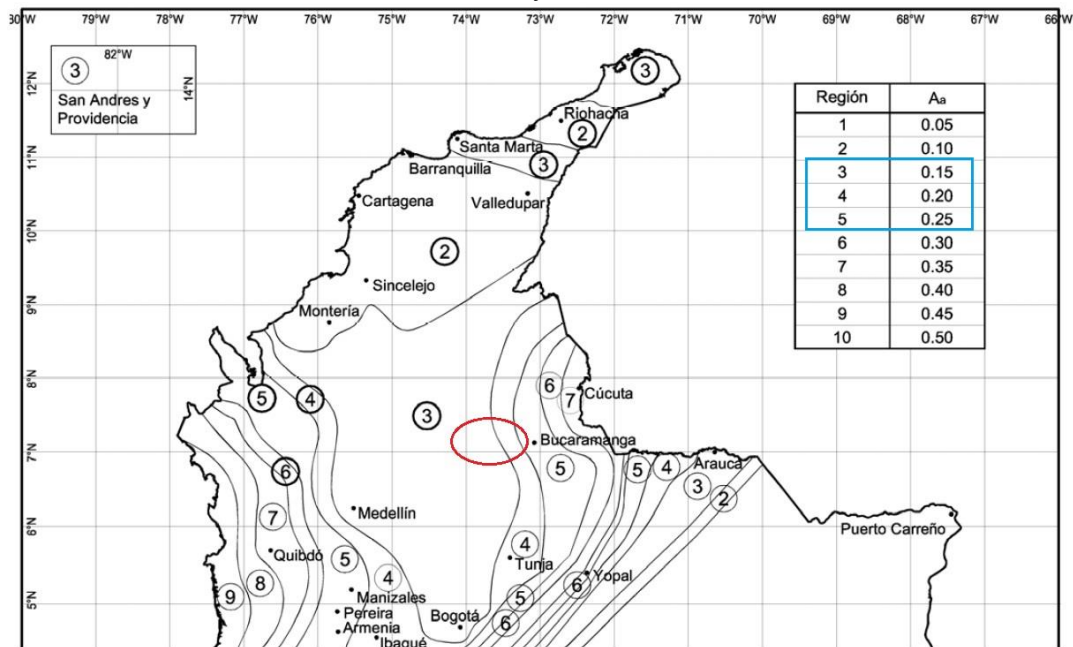
El departamento de Santander se encuentra localizado sobre parte de la cordillera oriental, (sector donde la cordillera cambió de rumbo NE a NW) y el valle medio del río Magdalena, regiones tectónicamente complejas y sísmicamente activas⁷ que ocasionalmente se vuelve preocupante por la intensidad y frecuencia de los sismos.

Dada la tectónica de la zona del corredor en estudio, ésta se puede caracterizar como de amenaza Intermedia a Alta. Se puede catalogar una zona como de amenaza sísmica media si los valores del coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva (A_a) son mayores a 0.15 y menores de 0.25 y alta mayores a 0.25 lo cual se cumple en el área de estudio. El valor de A_a se determina de los mapas existentes en el NSR-10. Mapa Zonas de Amenaza Sísmica, y Mapa de Valores de A_a .

⁷ Ramírez, 1975; Gómez, 1980; García, et al. 1995; Coral, 1985; París y Sarria, 1988; Sarria, 1989; Castro y Bernal, 1992, citado por Royero y Clavijo et al. 2001:70.

Teniendo en cuenta los catálogos del proyecto CERESIS, programa para la investigación de efectos de los terremotos en la región andina, que comprende sismos desde 1471 a 1981 y los catálogos del PDE, los sismos de mayor intensidad para la zona de influencia de Barrancabermeja se encuentran entre 4.4 y 4.6 Ms. En la evaluación de regresión de magnitudes de AIS (Asociación de Ingeniería Sísmica) para la Falla de la Salina, existe la probabilidad de ocurrencia de sismos de magnitud 5.2.

Figura 7. Mapa de Zona de Amenaza Sísmica en Colombia y el Área del Proyecto



Fuente: Título A, Norma Sismo Resistente del 2010 (NSR-10)

Estudios realizados por Gómez y Castillo (2013), sobre la red sismológica instalada por ISAGÉN sobre el área de influencia del proyecto de Hidrosogamoso, registraron durante 124 días 2367 sismos de los cuales el 94,5% está relacionado con el Nido sísmico de Bucaramanga y solo el 5,5% (131 sismos) están asociados a fallas regionales como la de Bucaramanga, Suratá, Umpalá, La Salina (2), San Vicente o Flexión de Chucurí (22), con lo cual se demuestra la relativa mayor

actividad de esta última sobre la Falla de La Salina de la cual se desprende en el sur, así como la del Suarez que no registra actividad.

Los 22 eventos citados se clasifican como muy superficiales con profundidades entre 10 y 30 Km, citando su ubicación desde la Hacienda Maribel en el Sur hasta el puente sobre el Río Sucio sobre la vía a Sabana de Torres, pudiendo corresponder a la Falla de Rio Sucio (anticlinal), límite occidental de la Flexión de Chucurí.

4.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Se toma como referencia el concepto de Geomorfología presentado por INGEOMINAS⁸, “la Geomorfología es la ciencia de la tierra que estudia la relación entre las formas de la superficie terrestre, los materiales naturales su disposición estructural y los procesos que las originaron. De esta manera se constituye en una herramienta fundamental para poder evaluar y proyectar el comportamiento de los terrenos, y su interrelación con obras de infraestructura, enfocado entre otros al análisis de las amenazas naturales y Planes de Ordenamiento Territorial”.

4.3.1 Unidades Geomorfológicas.

Se presenta a continuación la caracterización geomorfológica regional dentro de la unidad funcional a la que pertenece el tramo objeto del presente estudio, tomada de los informes de estructuración.

- **Tramo de la Unidad Funcional UF3-UF4.** Desde el K 10+400 hasta el K17+560 en alrededores del Puente la Paz dentro de esta unidad funcional, el corredor vial atraviesa desde el punto de vista geomorfológico diferentes tipos de ambientes morfogenéticos y de relieve, destacándose en el Tramo objeto del presente estudio la presencia de ambientes mixtos denudativos - estructurales y aluviales de manera alternada.

⁸ Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica. Bogotá, 2004.

5. ESTUDIOS DE CAMPO

5.1. EXPLORACIONES

De acuerdo con lo consignado en el Capítulo 3 de Metodología, tras la realización de la cartografía geología de las distintas formaciones que interesan el corredor vial de la unidad Funcional UF3-UF4 se propuso la realización de una campaña geotécnica mediante prospecciones directas e indirectas.

Tabla 19. Relación de Sondeos usados en el presente trabajo de aplicación.

SONDEO		COORDENADAS		K	PROFUNDIDAD (m)	OBJETIVO	MUESTREO			
		ESTE	NORTE				SPT	M.I.	T.P.	P.P.
1	UF4-SND20	1.070.600	1.278.858	14+358	17,80	Muro	7	0	4	2
2	UF3-S21	1.071.152	1.278.410	15+088	18,00	Relleno	5	1	4	0
3	UF3-S22	1.071.497	1.278.217	15+512	31,40	Desmonte	3	0	11	0
4	UF4-S23	1.072.509	1.277.813	16+648	15,00	Relleno	6	0	1	0
5	UF4-S24	1.073.006	1.277.492	17+345	18,90	Puente La Paz	2	0	7	0
6	UF4-S27	1.073.107	1.277.636	17+528	23,00		1	0	8	0
7	UF4-S28	1.072.561	1.277.528	16+800	23,4	Sitio crítico	4	3	9	0
8	UF4-S29	1.072.607	1.277.614	16+800	18,00	Sitio crítico	5	1	2	0

Fuente: presente trabajo de Aplicación

La exploración directa se ha realizado mediante la ejecución de 8 sondeos: 2 sondeos para prospectar el apoyo de rellenos, 1 sondeo en zona de muro, 1 sondeo en zona de desmonte, 2 sondeos en zona de sitio crítico y 2 sondeos en los apoyos de viaductos interesados por el tramo del presente trabajo de aplicación. En la Tabla 19 se presenta la relación de sondeos ejecutados y su localización.

Adicionalmente se usó la información de 25 apiques ejecutados por medios mecánicos para la caracterización de la explanada. En la Tabla 20 se relacionan los apiques usados, su localización y la profundidad alcanzada.

Tabla 20. Relación de Apiques usados en el presente trabajo de aplicación.

#	Código Apique	Coordenadas		Prof. (m)	Numero Muestras	K
		X	Y			
1	UF4-AP42	1.068.628	1.279.810	2,9	2	11+760
2	UF4-AP43	1.069.102	1.279.583	3,3	2	12+290
3	UF4-AP44	1.069.576	1.279.442	3,65	1	12+600
4	UF4-AP45	1.069.576	1.279.407	2,6	2	12+800
5	UF4-AP46	1.069.753	1.279.261	1,8	2	13+020
6	UF3-AP47	1.070.054	1.279.091	2,8	--	13+360
7	UF4-AP48	1.070.107	1.279.092	2,5	--	13+410
8	UF3-AP49	1.070.278	1.278.988	2,65	2	13+600
9	UF4-AP50	1.070.532	1.278.950	2,7	--	13+860
10	UF3-AP51	1.070.858	1.278.699	2,85	1	14+220
11	UF4-AP53	1.071.081	1.278.506	3,05	--	14+580
12	UF3-AP54	1.071.195	1.278.337	3,3	--	14+920
13	UF3-AP55	1.071.351	1.278.333	2,7	1	15+280
14	UF4-AP56	1.072.606	1.278.145	1,5	2	15+560
15	UF3-AP57	1.071.752	1.277.995	2,7	2	15+850
16	UF3-AP58	1.071.926	1.277.900	2,75	1	16+040
17	UF3-AP59	1.072.173	1.277.883	2,1	3	16+280
18	UF4-AP61	1.072.350	1.277.915	3,4	--	16+400
19	UF3-AP60	1.072.299	1.277.862	2,9	2	16+410
20	UF3-AP62	1.072.418	1.277.801	2,85	--	16+550
21	UF4-AP63	1.072.551	1.277.742	3,1	3	16+650
22	UF4-AP64A	1.072.602	1.277.628	3,1	1	16+780
23	UF4-AP63A	1.072.586	1.277.596	3	2	16+800
24	UF4-AP64	1.072.686	1.277.569	2,7	--	16+880
25	UF4-AP65	1.072.891	1.277.434	2,9	2	17+120

Fuente: presente trabajo de Aplicación

También se realizaron 2 perfiles de sismica pasiva REMI en el sitio del puente La Paz sobre el río Sogamoso y sirven para clasificar los tipos de terrenos según las velocidades de ondas de cizalla (V_s). En la Tabla 21 se relacionan los perfiles realizados y su ubicación en coordenadas.

Tabla 21. Relación modelo 1D de REMI ejecutados en el tramo

COD. REMI	COORDENADAS		K	Puente
	ESTE	NORTE		
UF4-REMI5	1.072.979	1.277.448	17+200	Río Sogamoso
UF4-REMI6	1.073.173	1.277.713	17+520	Río Sogamoso

Fuente: presente trabajo de Aplicación

5.2 GEOLOGÍA LOCAL

El tramo vial perteneciente a la Ruta del Cacao en su Unidad Funcional UF3 y UF4 del presente trabajo de aplicación se localiza en una zona con un modelo geológico relativamente simple caracterizado por la secuencia estratigráfica sobre el flanco oriental del Sinclinal de Nuevo Mundo. En el **Plano 1** se presenta el Plano Geológico Regional a escala 1:25.000 y en el **Plano 2** se presentan los planos geológicos locales en planta a escala horizontal 1:2.000 y en perfil a escala vertical 1:400.

5.2.1 Estratigrafía Local .

El reconocimiento de las Unidades Geológicas que afloran en el tramo de la Unidad Funcional UF3 y UF4 se realizó mediante una etapa de levantamiento cartográfico a una escala de detalle 1:2.000 y exploraciones del subsuelo por medio de 8 Sondeos, 25 Apiques y 2 REMI, todos estos localizados principalmente en los puntos donde se han proyectado la construcción de estructuras por indicaciones del Profesional del Consorcio Ferrocol Santander.

Las Unidades Geológicas identificadas en campo hacen parte de la secuencia estratigráfica del Valle Medio del Magdalena y cubren rocas del Terciario con edades que van desde la parte inferior del Eoceno hasta el Plioceno. En orden Cronoestratigráfico las formaciones Geológicas observadas corresponden a la Formación Esmeraldas (Tee), Formación Mugrosa (Tom), Formación Colorado (Toc) y depósitos cuaternarios.

Finalmente, los depósitos cuaternarios se clasificaron de acuerdo con su origen en depósitos coluviales, depósitos de terrazas aluviales, depósitos aluviales recientes y depósitos antrópicos. Las identificaciones de estos depósitos son de gran relevancia por lo que al saturarse en agua adquieren un mayor peso

desencadenando movimientos de grandes volúmenes de suelo afectando la estabilidad de la calzada y las estructuras existentes y proyectadas.

- **Formación Esmeraldas (Tee).** Se encuentra intervenida por el eje al final del tramo, formando parte del extremo este del sinclinal de Nuevo Mundo. Aflora desde el K15+350 hasta K17+540 en el sector de Puente La Paz.

Fotografía 1. Capas tabulares medias a gruesas actitud de 30°/305° de arenisca de grano fino a medio, intercaladas con capas de lodolitas, Formación Esmeralda.



Fuente: presente trabajo de aplicación

Se caracteriza por presentar una secuencia de capas tabulares medias a gruesas, moderadamente a poco fracturadas, de areniscas de grano fino a grano grueso, de colores gris, gris verdoso, sub-arcosas con laminaciones plano paralelas,

ondulosas y cruzadas, que se intercalan con capas tabulares delgadas a muy delgadas de arcillolitas y lodolitas grisáceas.

Fotografía 2. Laminaciones planoparalela en areniscas grisáceas de grano fino de la formación Esmeralda



Fuente: presente trabajo de aplicación

Se encuentra expuesta hacia el este del Tramo objeto del presente trabajo de aplicación como una superficie estructural de pendientes moderadas, con buzamientos de hasta 30° en dirección $N60^\circ W$.

En el sector del eje vial la formación Esmeraldas presenta una secuencia estrato creciente observando que en la base de las colinas estructurales y denudaciones se encuentran conformadas por capas medias a gruesas, aumentando el espesor de estas hacia el tope de la formación encontrando en la cima capas gruesas y muy gruesas de areniscas sub-arcosas duras a muy duras, con un grado de meteorización W2 a W3 en superficie.

Fotografía 3. Intercalación de lutitas y rocas duras (R4) de areniscas de grano fino, moderada a poco fracturadas y grado meteorización W2.



Fuente: presente trabajo de aplicación

Para el análisis mecánico de la roca se realizaron caracterizaciones del macizo rocoso a cada margen del río Sogamoso, las cuales han sido evaluadas con los datos estructurales y geológicos tomados en campo (T2-UF4-R02 y T2-UF4R03), consignadas en el **Anexo D**. Los minerales de feldespato presentan un alto grado de meteorización, generando minerales arcillosos, con presencia de glauconita y otros tipos de minerales oscuros. En los sectores de mayor inestabilidad, debido a la acción constante de los agentes meteóricos, la roca se encuentra en su mayoría muy alterada a suelos residuales arcillosos y arenarcilloso, con un comportamiento plástico, una alta permeabilidad y una baja resistencia al corte, condiciones propicias para los movimientos de remoción en masa.

Fotografía 4. Suelos residuales areno-limosos y arcillosos de la Formación Esmeralda.



Fuente: presente trabajo de aplicación

Fotografía 5. Reptación y movimiento de suelos residuales de la Formación Esmeralda.



Fuente: presente trabajo de aplicación

- **Formación Mugrosa (Tom).** En el tramo objeto del presente trabajo de aplicación La Formación Mugrosa aflora entre las abscisas K12+200 a K15+350, se observan afloramientos con grado de meteorización W5-W3 de areniscas limosas con colores pardos violáceos en estratos de geometría tabular sin estructuras internas, se nota gradación hacia el tope; a su vez tienen un aspecto frágil ya que se rompen con la ayuda del martillo, con un índice de resistencia R1 a R2. Presenta estratificación $5^{\circ}/310^{\circ}$, estos datos estructurales de estratificación tomados en campo confirman la actitud característica del flanco este del Sinclinal de Nuevo Mundo que buza hacia el Noroeste.

Fotografía 6. Depósitos aluviales de terrazas altas (Qt2) en contacto discordante con la formación Mugrosa (Tom), 50 m al N del K12+380.



Fuente: presente trabajo de aplicación

- **Depósitos Cuaternarios de Terraza Aluvial Baja y Media (Qt1).** En el área de estudio se encuentran depósitos cuaternarios de terrazas aluviales bajas representativas como las encontradas en la quebrada Maritales (14+900) y quebrada La Cabezonera (K15+820). Estos se generan en épocas de crecidas, van depositando el material arrastrado, generando terrazas aluviales bajas a medias.

- **Depósito Cuaternario Aluvial de Terraza Alta (Qt2).** El sector medio de la UF-4, contiene la unidad geológica más extensa y corresponde a terrazas altas del Río Sogamoso con morfología plana localizadas entre la quebrada Santa Helena alrededor del K8+060 y hasta el corregimiento de Tienda Nueva K14+800; en este sector el espesor de los depósitos de terrazas aluviales puede alcanzar hasta los 20 m descansando discordantemente sobre la formación Colorado (Toc) y Formación Mugrosa (Tom) en la parte central del sinclinal de Nuevo Mundo.

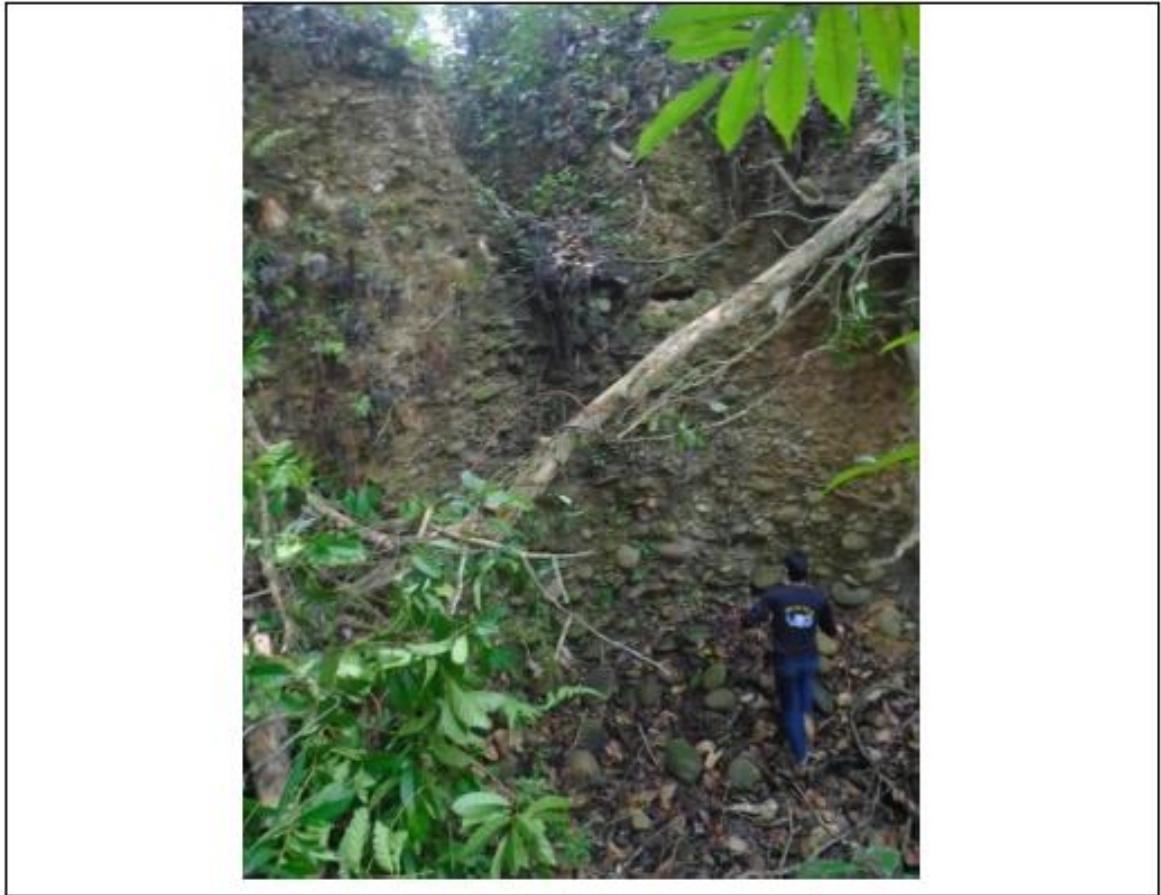
Fotografía 7. Morfología plana de terraza altas de depósitos aluviales del río Sogamoso, alrededor del K10+260



Fuente: presente trabajo de aplicación

La textura de estos depósitos tiende a ser gravosoportada, con niveles conglomeráticos y lentes arenosos, los cuales aun con una menor dureza de sus cantos constituyen fuentes potenciales de agregados en el mediano y largo plazo frente a la no renovación de los depósitos aluviales del lecho del río Sogamoso. Las gravas y cantos son predominantemente de areniscas cementadas, redondeados, de mediana esfericidad y con matriz arenolimososa de color naranja a pardo rojiza de alta permeabilidad.

Fotografía 8. Niveles gravosos de depósitos aluviales de terrazas altas del río Sogamoso, aflora a 200 m del K11+440 hacia el N de la calzada.



Fuente: presente trabajo de aplicación

- **Depósitos Cuaternarios Aluviales (Qal).** Los depósitos aluviales presentes en el tramo objeto del presente trabajo de aplicación dentro del corredor vial de la Unidad Funcional UF3-UF4 se presentan principalmente atravesando la vía perpendicularmente en pequeños caños controlados por alcantarilla, en quebradas controladas por Box Culvert como La Cabezona, generando depósitos aluviales compuestos por materiales heterogéneos tanto en composición como en granulometría, con bloques entre 0,10 m y 0,30 m de diámetro, en matrices arenosas.

Fotografía 9. Depósito Aluvial (Qal) en quebrada controlada por Box Culvert, K15+880.



Fuente: presente trabajo de aplicación

Finalmente, los depósitos aluviales (Qal) del río Sogamoso hacia el Este del tramo, bajo el puente La Paz, K17+397, compuestos por materiales heterogéneos tanto en composición como en granulometría, con bloques de hasta de 1,00 m de diámetro, en matrices gravosoportadas y arenosas-limosas.

Fotografía 10. Depósito Aluvial (Qal), Puente La Paz K17+397, Río Sogamoso.



Fuente: presente trabajo de aplicación

- **Depósitos Cuaternarios Coluviales (Qc).** Se encuentran distribuidos de manera localizada sobre el tramo objeto del presente informe, se destacan por su afectación sobre el corredor vial, los ubicados en las abscisas K14+920, K15+140, K16+300, K16+800, K16+920, K17+080 y K17+200 cuya área a nivel individual no sobrepasan los 16.000 m² aproximadamente.

Fotografía 11. Depósito Coluvial (Qc) compuesto de suelos residuales de la Formación Esmeralda, K16+800.



Fuente: presente trabajo de aplicación

- **Depósitos Antropogénicos (Qant1 y Qant2).** Se diferenciaron dos tipos de Depósitos Antropogénicos
 - ▷ Rellenos Tecnificados (Qant2): rellenos que fueron compactados mecánicamente bajo ciertas especificaciones técnicas, están conformando los sectores de terraplenes existentes a lo largo del corredor vial, relleno de intersecciones de cañadas, asentamientos industriales como Planta Río Sogamoso de Petromil o campamento El Cedral de Isagen, entre otros.

Fotografía 12. Depósito Antropogénico Qant2 de Terraplenes a lo largo de la vía.



Fuente: presente trabajo de aplicación

Fotografía 13. Depósito antropogénico Qant2 ubicado en Planta río Sogamoso de Petromil, K12+000 calzada izquierda.



Fuente: presente trabajo de aplicación

Fotografía 14. Depósito antropogénico Qant2 ubicado en Campamento El Cedral de Isagen, K12+000 calzada derecha.



Fuente: presente trabajo de aplicación

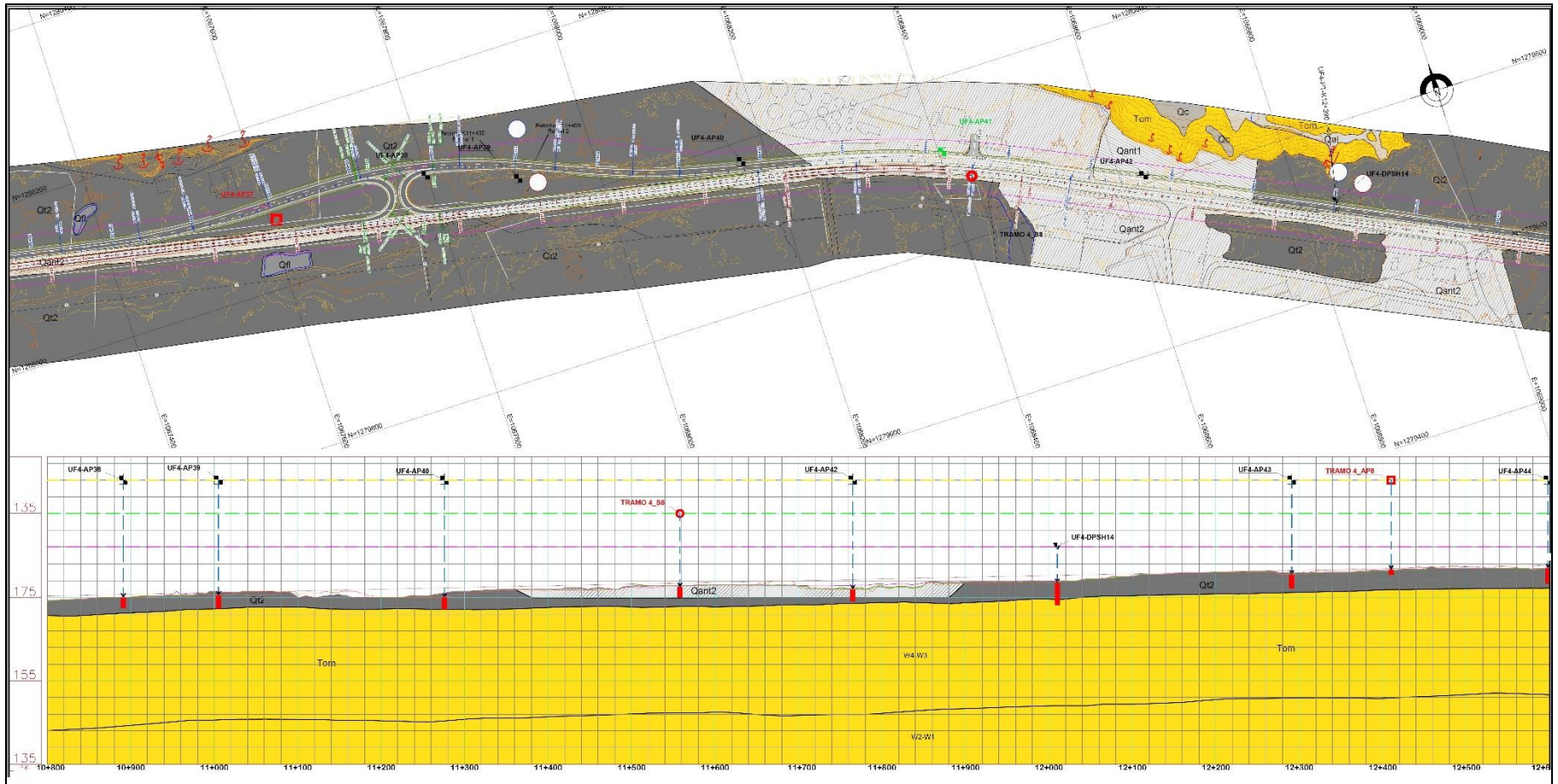
➤ Rellenos No-Tecnificados Qant1: son rellenos menores realizados de manera artesanal, están dispuestos lateralmente sobre los márgenes de la vía usados principalmente para viviendas en caseríos, estos últimos con baja capacidad portante y requieren ser removidos en caso de que el trazo de la segunda calzada los llegue a intervenir.

Fotografía 15. Depósito Antropogénico Qant1 de asentamiento urbano en alrededores del caserío La Tienda Nueva K13+200 al K13+500



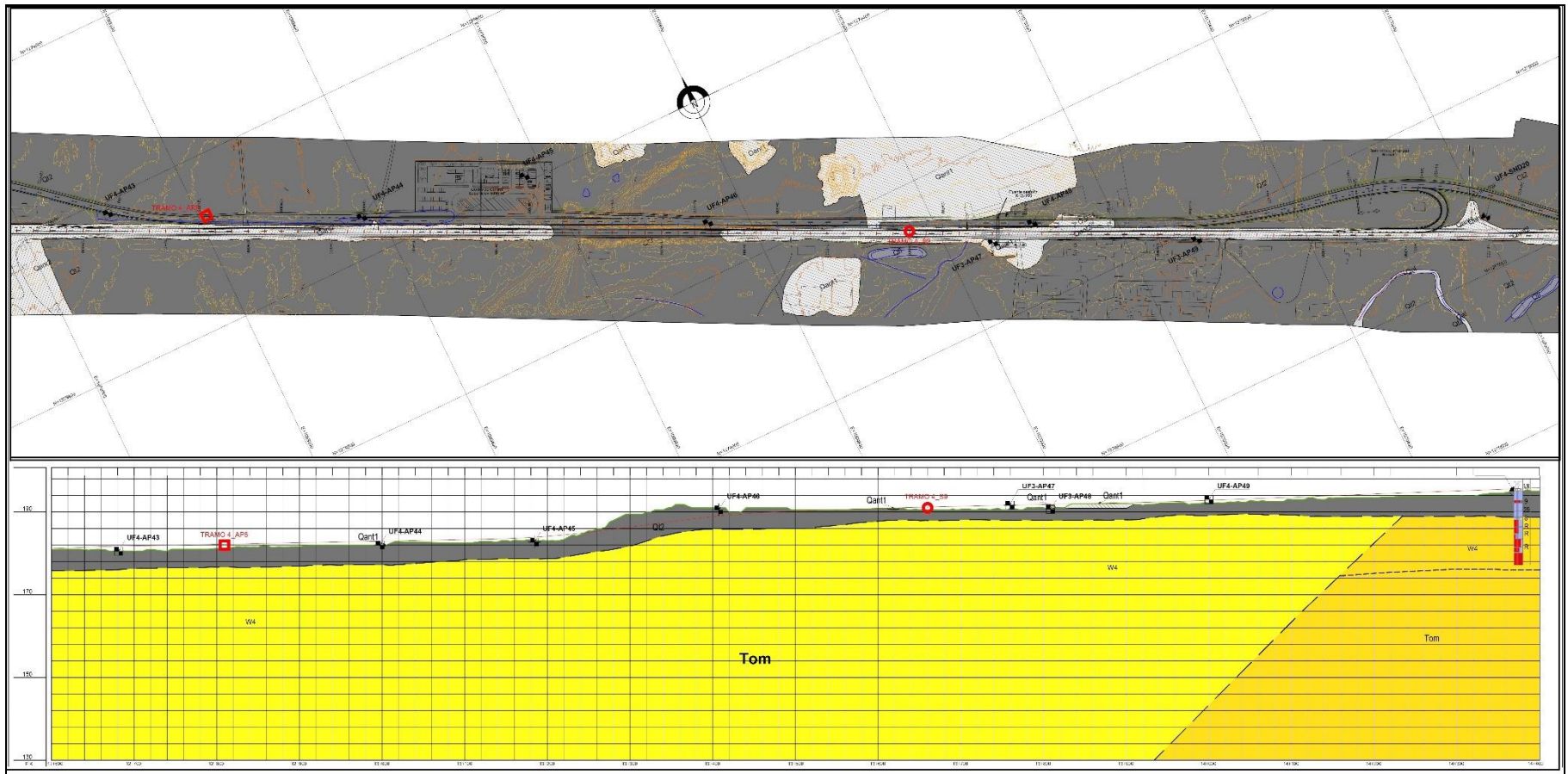
Fuente: presente trabajo de aplicación, tomado de Street view Google Maps, imagen 2014 ©2017

Figura 8. Esquema de Planta - Perfil geológico local desde el K10+400 al K12+600



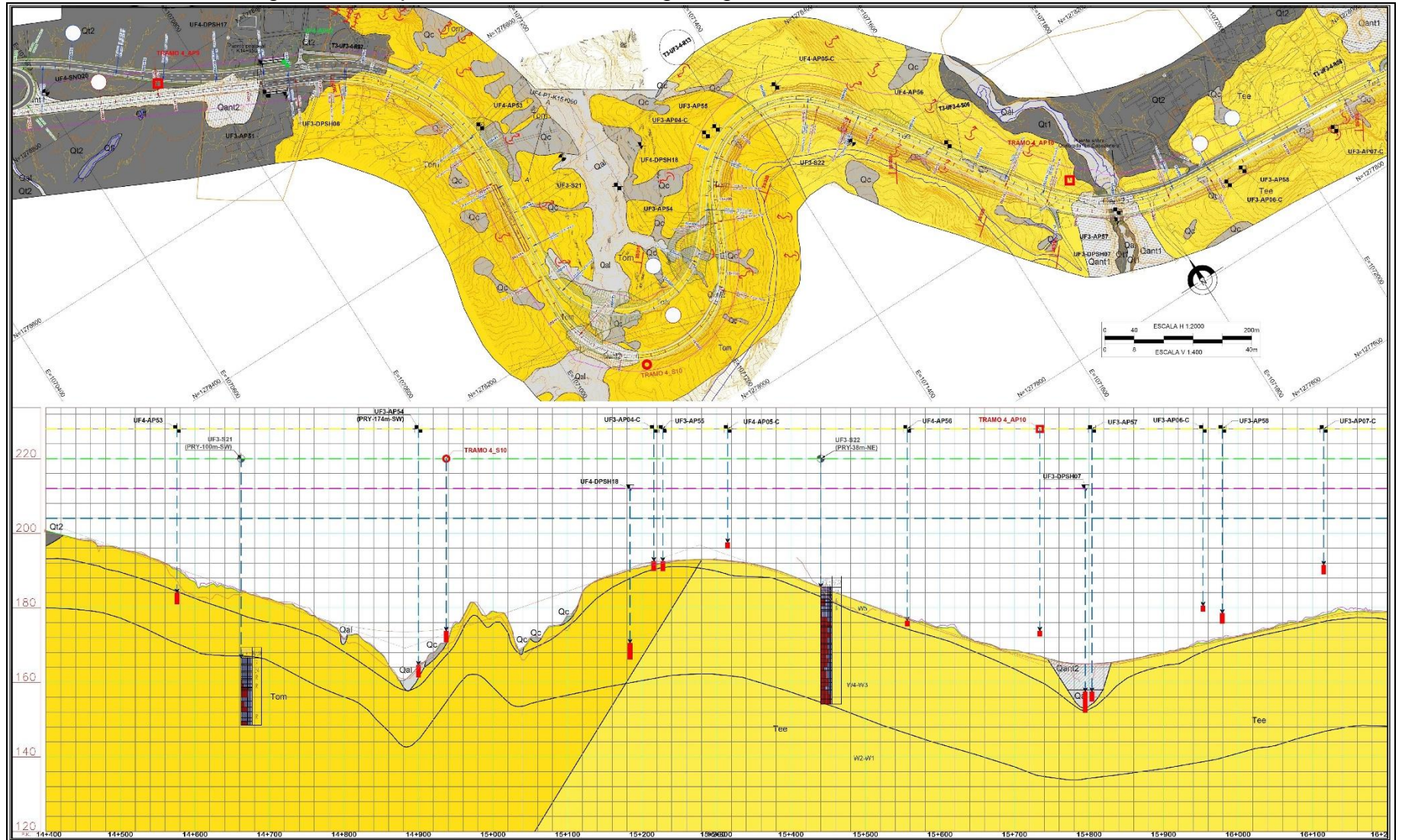
Fuente: presente trabajo de aplicación (ver Plano 2).

Figura 9. Esquema de Planta - Perfil geológico local desde el K12+600 al K14+400



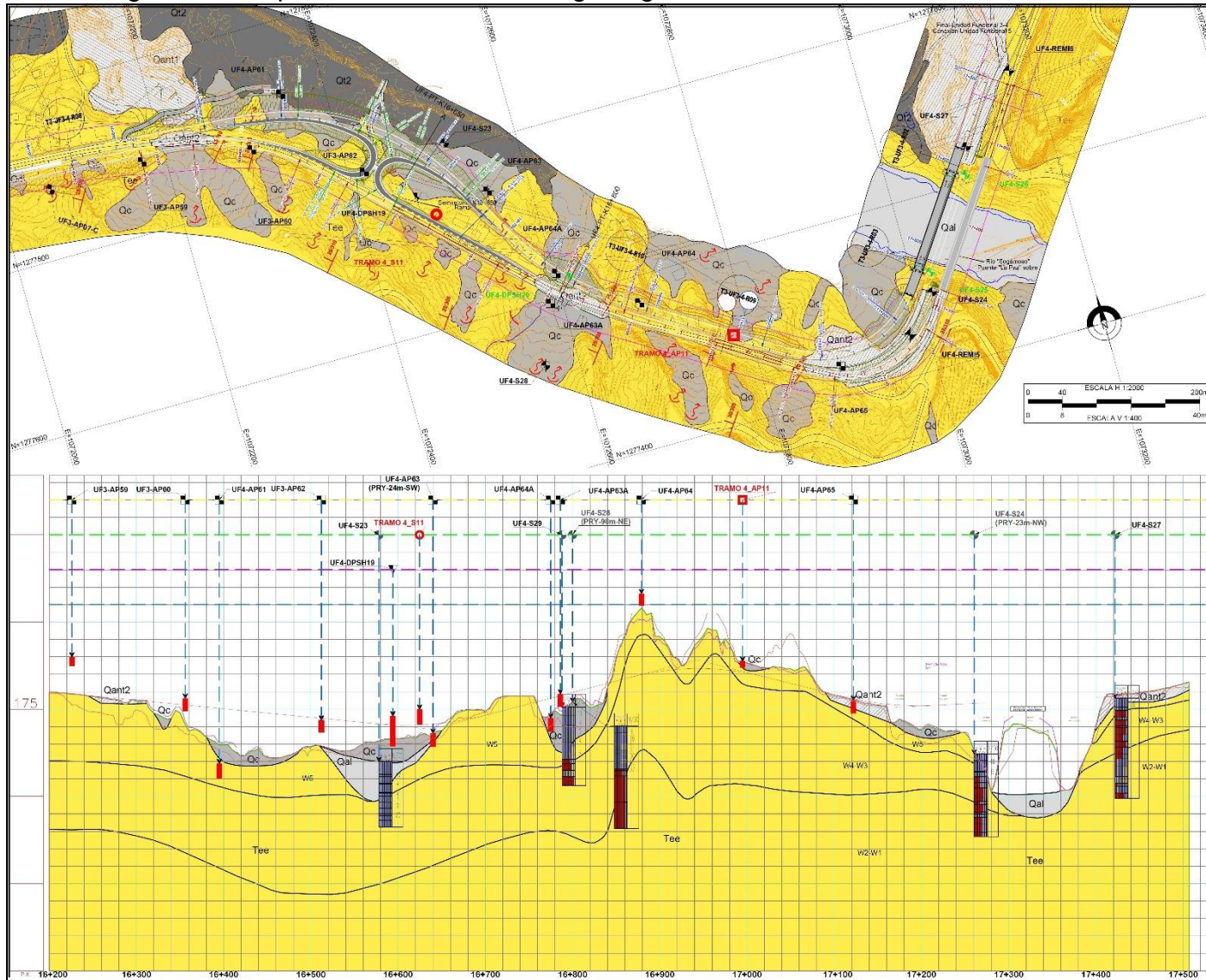
Fuente: presente trabajo de aplicación (ver Plano 2).

Figura 10. Esquema de Planta - Perfil geológico local desde el K14+400 al K16+200



Fuente: presente trabajo de aplicación (ver Plano 2).

Figura 11. Esquema de Planta - Perfil geológico local desde el K16+200 al K17+560



Fuente: presente trabajo de aplicación (ver Plano 2).

5.2.2 Geología Estructural Local.

Las formaciones presentes en el tramo objeto del presente trabajo de aplicación dentro de la unidad funcional UF-4 de la Ruta del Cacao están afectadas por una tectónica compresiva enmarcada entre las fallas La Salina y Bucaramanga, que da como resultado el plegamiento del sinclinal de Nuevo Mundo, conformando el rasgo estructural de mayor importancia regional.

En el área de estudio se presentan uno de estos rasgos tectónicos, que es el flanco este del sinclinal de Nuevo Mundo con su eje en la parte central de la unidad Funcional UF3-UF4 afectando a las formaciones entre K10+400 hasta el K 17+560 en el Puente La Paz sobre el río Sogamoso.

- **Estructuras Locales.** En este capítulo se pretende describir las estructuras del flanco este del sinclinal de Nuevo Mundo y su afección estructural a las formaciones geológicas presentes en el tramo objeto del presente trabajo de aplicación. Se recuerda que para el presente informe los datos estructurales se van a presentar como *magnitud* de Buzamiento / Azimut de Buzamiento (Sistema Europeo).

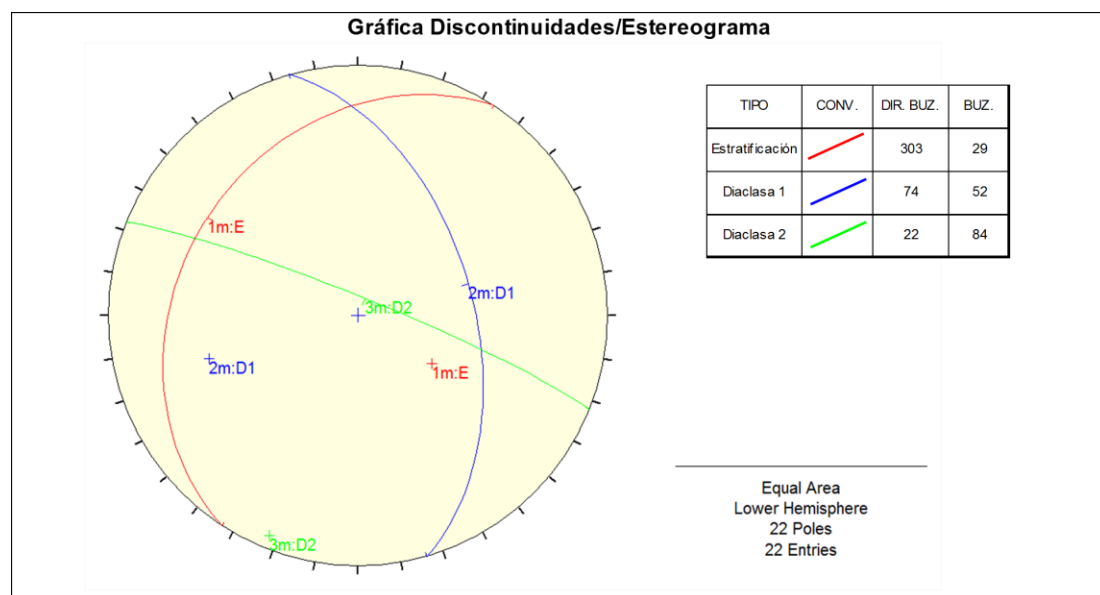
El sinclinal de Nuevo Mundo es una estructura amplia con inmersión hacia el norte y hace parte del cinturón de cabalgamiento de la margen occidental de la Cordillera Oriental junto con el anticlinal de Lizama y anticlinal de Provincia, estos pliegues están asociados con el movimiento de cabalgamiento del sistema de fallas de la Salina.

El área se encuentra conformada mayoritariamente sobre laderas estructurales en el flanco oriental del sinclinal de Nuevo Mundo; sin embargo, no se evidencian estructuras locales, que indiquen un cambio en la orientación estructural del macizo rocoso en la zona.

Producto de esta aptitud estructural de esfuerzos compresivos, se determinaron dos patrones de diaclasamiento preferencial que se referencian en el flanco este del sinclinal de Nuevo Mundo, de manera que desde el K10+400 al K17+560 la aptitud estructural viene marcada por una magnitud de Buzamiento de 10° a 30° con Azimut de Buzamiento de 300° a 320°.

De acuerdo a la ficha T3_UF4_R09, localizada hacia el sector del Puente La Paz presenta los datos de estratificación de 29°/303°, y dos familias de diaclasa; 52°/74° y 84°/22°.

Figura 12. Imagen Stereonet, Ficha T3-UF4-R09 X: 1.059.498 Y: 1.281.087



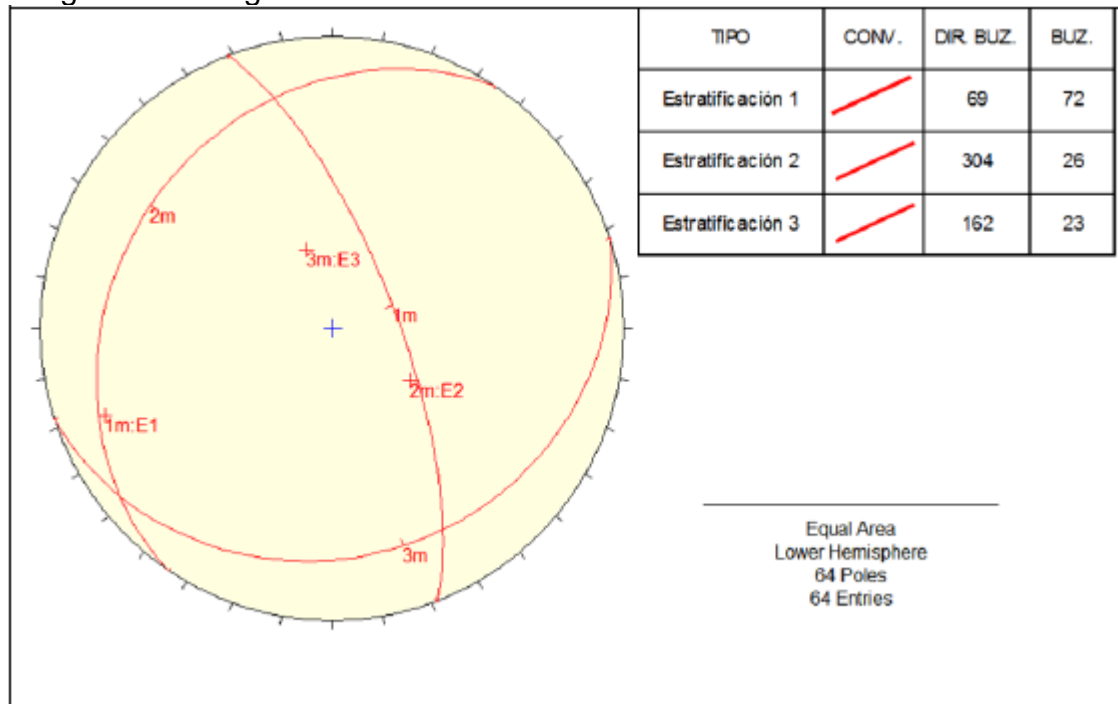
Fuente: Ferropol Santander

5.2.3 Estratificación

Durante la fase de campo en la toma de datos estructurales y geotécnicos para toda la Unidad Funcional UF3-UF4, en donde se registró una gran variedad de datos de estratificaciones y de diaclasas, las tendencias estructurales en ambos flancos del sinclinal de Nuevo Mundo rumbo y buzamiento de las capas que conforman el macizo rocoso, como resultado de esto se genera la siguiente

figura, donde se integran todos estos valores. Se puede observar que la estratificación 2 es la que corresponde al tramo objeto del presente trabajo de aplicación, confirmando que el área del presente estudio hace parte del costado este del sinclinal de Nuevo Mundo.

Figura 13. Diagrama de Stereonet con los datos de estratificación en la UF4



Fuente: Ferropol Santander

Las tendencias de los datos de estratificación tomados en campo describen el comportamiento de la inclinación de las capas al noroeste con promedio de 26° tal y como se presenta en la última parte de la Unidad Funcional principalmente representados formación Esmeralda.

La valoración final de esta tendencia estructural fue evaluada mediante Dips con análisis por Stereonet, para desarrollar el análisis estructural del tramo, se determinó el área por zonas diferenciando los sectores en donde las capas del macizo rocoso puedan ser cortadas en favor de la ladera, generando sectores con superficies estructurales y zonas de contra pendiente, aunque se han diferenciado estos cambios en la aptitud estructural. El eje proyectado corta capas con una

dirección de rumbo homogénea las cuales han sido evaluadas y consignadas en las fichas de campo. **Anexo D** y en **Plano 2**.

En la Tabla 22 se relacionan los datos estructurales tomados en campo para las fichas geomecánicas; los valores de la magnitud de buzamiento y del azimut de buzamiento fueron determinado en los diagramas de Stereonet.

Tabla 22. Relación datos estructurales del tramo por estación geomecánica.

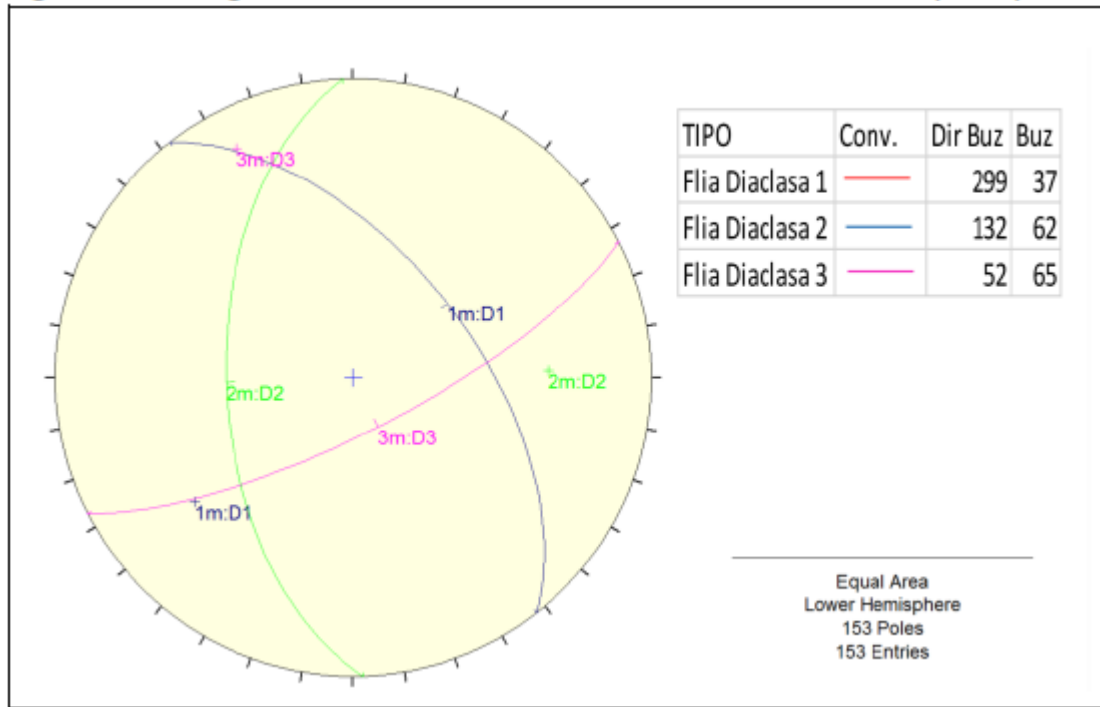
Numero de Ficha	Este	Norte	Cota	K	Az Bz Estratif.	Bz.	Diaclasas			
							Az Bz	Bz	Az Bz	Bz
T3-UF3-4- R02	1.073.087	1.277.621	170	17+420	305	26	74	70	166	74
T3-UF3-4- R03	1.073.014	1.277.513	168	17+280	301	21	69	61	144	77
T3-UF3-4- R07	1.070.945	1.278.637	210	14+380	290	34	310	80	22	51
T3-UF3-4- R08	1.072.093	1.277.884	201	16+200	303	23	22	81	104	44
T3-UF3-4- R09	1.072.760	1.277.485	200	16+990	303	29	74	52	22	84
T3-UF3-4- R10	1.072.648	1.277.571	195	16+840	320	30	272	51	149	56
T3-UF3-4- R13	1.278.382	1.071.365	- -	15+240	289	40	137	52	192	48

Fuente: presente trabajo de aplicación

5.2.4 Patrones de Fracturamiento

Las gráficas resultantes en el área correspondiente a la UF4 indican que la dirección de buzamiento de tres familias de diaclasas principales presenta persistencia y continuidad a lo largo del trazado. Los valores medios de magnitud de buzamiento y Azimut de buzamiento de diaclasas son $37^{\circ}/299^{\circ}$, segunda familia con dirección de buzamiento de $62^{\circ}/132^{\circ}$ y tercera dirección de buzamiento de $65^{\circ}/52^{\circ}$.

Figura 14. Imagen Stereonet con las tres familias de diaclasas principales.



Fuente: presente trabajo de aplicación

5.2.5 Geomorfología Local

- Morfología y Geoformas.** En la zona objeto del presente trabajo de aplicación de aplicación del proyecto sobre la Unidad Funcional UF3-UF4 de la Ruta del Cacao, predominan ambientes morfogenéticos antrópicos, denudacionales, estructurales, fluviales y sus combinaciones generando diferentes tipos de geoformas, desde explanaciones hasta laderas denudacionales y estructurales de fuerte pendiente. A nivel morfológico predominan los relieves planos, colinados, alomados y de ondulaciones.

- Morfometría.** Las unidades y aspectos geomorfológicos presentes en este tramo, corresponden principalmente a terrazas aluviales de acumulación subcientos (Ftas) con superficies plana a suavemente inclinada, de morfología ondulada, disectadas, con inclinaciones entre 3° a 10°. Sus depósitos están

constituidos por arenas, arcillas con intercalaciones locales de grava y cantos. Las Terraza aluviales de acumulación antigua (Ftan) con superficie plana alomada de extensión kilométrica, laderas moderadamente largas, cóncavas a convexas, se caracterizan por presentar pendientes menores a 5°, limitadas por escarpes de disección en forma de “V” que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 40° hacia el río Sogamoso, se presentan discordantes sobre la Formación Mugrosa. Sus depósitos están constituidos por gravas y cantos en matriz areno limo-arcillosas.

Los lomos denudados medios de longitud media, colinas con relieve relativo menor a 40 m de laderas cortas y valles de pendientes medias con disecciones profundas atravesando perpendicularmente los lomos denudacionales.

- **Morfogénesis.** Los ambientes geomorfológicos presentes son Estructural, Denudacional, Fluvial y Antrópico. El ambiente antrópico se encuentra en los terraplenes a lo largo del corredor del tramo objeto del presente trabajo de aplicación, en los asentamientos industriales de Petromil y del Campamento El Cedral (Isagen) y en el asentamiento de Tienda Nueva. Desde ahí, en el K14+400 inicia el ambiente Denudacional alomado hasta K15+300 cerca al contacto con la Formación Esmeralda donde inicia ambiente Estructural – Denudacional colinado de las superficies estructurales del flanco este del sinclinal de Nuevo Mundo, conformado principalmente por intercalación de areniscas grano medio a grueso intercaladas con arcillolitas de la Formación Esmeralda. Los suelos residuales (W5) determinados en las exploraciones pueden llegar a hasta los 5 m de espesor, pero llegando al puente La Paz en el río Sogamoso el espesor de los suelos residuales disminuyen, predominando W3-W2 en potentes paquetes de areniscas de grano grueso conformando planos estructurales.

Las geomorfoestructuras principales en este tramo de la vía corresponden a laderas estructurales que conforman el flanco este del sinclinal de Nuevo Mundo.

La aptitud estructural de las rocas presenta rumbo al Nor-Occidente con buzamientos promedios de 30 grados.

➤ **Ambiente Antrópico (Ar).** Este tipo de ambiente lo encontramos en los terraplenes a lo largo de todo el eje vial, intermitentemente desde el K10+400 hasta el terraplén de entrada al puente La Paz en el río Sogamoso sobre el K17+360. En los asentamientos urbanos encontramos rellenos no tecnificados hechos artificialmente con material de relleno y de escombros, otros rellenos Tecnificados localizados desde el K11+400 al K12+200 en Petromil y Campamento El Cedral de Isagen.

➤ **Ambiente Morfogenético Estructural.** Son las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y al Fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades.

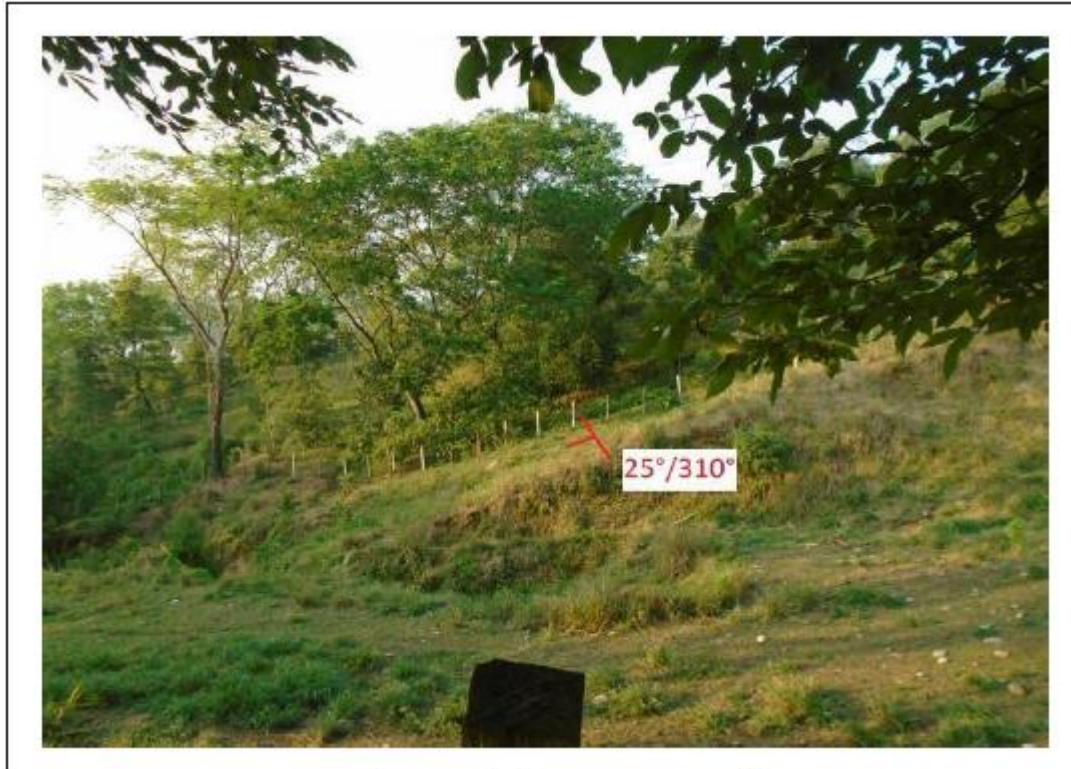
Morfología y Geoformas

Colinas (Co): Conforman una zona alargada en dirección aproximada NorteSur, localizada al flanco oriental del sinclinal de Nuevo Mundo entre el caserío Tienda Nueva y el puente La Paz en el río Sogamoso. En general se desarrolla un paisaje que resulta de la degradación parcial del flanco oriental del sinclinal de Nuevo Mundo, con laderas o escarpes regulares delimitados por franjas deprimidas alargadas, escasamente disectados, debido a la uniformidad y dureza de las rocas que la conforman, en este caso areniscas de grano medio a grueso, con intercalaciones de arcillolitas y lutitas.

Ladera estructural de sinclinal: Superficie definida por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, de longitud corta a moderadamente larga, forma

cónica y pendientes inclinadas a abruptas, relacionada al flanco oriental del Sinclinal de Nuevo mundo. Estas laderas estructurales las encontramos en el tramo del presente trabajo de aplicación conformadas por rocas de la Formación Esmeralda.

Fotografía 16. Ladera estructural de sinclinal



Fuente: presente trabajo de aplicación

Ladera de contrapendiente sinclinal: Superficie subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco oriental del Sinclinal de Nuevo mundo.

Fotografía 17. Ladera de contrapendiente sinclinal.



Fuente: presente trabajo de aplicación

▷ **Ambiente Morfogenético Denudacional:**

Morfología y Geoformas

Montículo y ondulaciones denudacionales (Dmo): Elevación del terreno con una altura menor de 50 m sobre su nivel de base local, con una morfología alomada, cóncava o convexa, suavemente inclinada y con drenaje divergente. Su origen es relacionado a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables y en sedimentos no consolidados, dispuestos de manera horizontal a ligeramente inclinados.

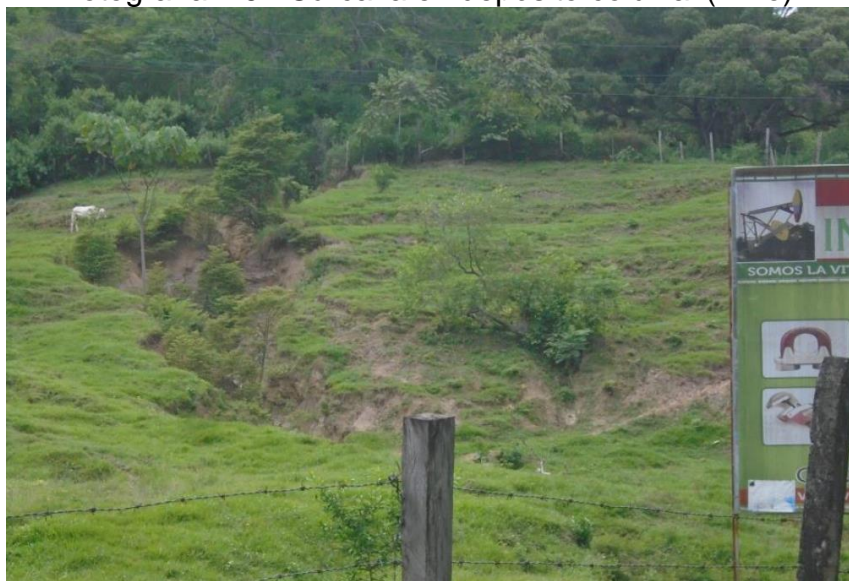
Fotografía 18. Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo).



Fuente: presente trabajo de aplicación

Morfodinámica. En el área se evidencian detritos asociados a caída de rocas, depósitos coluviales, los cuales presentan grietas y zonas inestables en donde han generado fenómenos de remoción en masa, activos y en un estado avanzado, y en donde se están generando zanjonos y cárcavas profundas por donde se discurre el material coluvial.

Fotografía 19. Cárcava en depósito coluvial (Dmo).



Fuente: presente trabajo de aplicación

Fotografía 20. Caída de rocas en contrapendiente estructural (Dmo).



Fuente: presente trabajo de aplicación

▷ **Ambiente Morfogénético Aluvial.** Este ambiente ocupa casi el 50% de las unidades geológicas del tramo objeto del presente trabajo de aplicación sobre el eje vial de la Unidad Funcional UF3-UF4, su mayor expresión se encuentra en las terrazas aluviales altas del río Sogamoso que van desde el K10+400 hasta el K14+400, más los encontrados en los márgenes y cauces de la quebrada Maritales en el K14+900 y La Cabezona en el K15+800.

Morfología y Geoformas

Plano o llanura de inundación (Fpi): Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de “V”.

Fotografía 21. Plano o llanura de inundación (Fpi).



Fuente: presente trabajo de aplicación

Cauce aluvial (Fca): Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Se caracterizan por ser quebradas de baja energía y sub-meándricas que tiene crecidas en época de lluvias.

Morfodinámica

No se presentan eventos de socavación lateral, transporte y acumulación de material, al igual que inundaciones menores.

5.3 ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA

En el tramo de estudio se determinaron 2 zonas con características geológicas geotécnicas homogéneas.

Figura 15. Imagen ilustrativa con las zonas geológicas homogéneas.



Fuente: presente informe (editado de google Earth 2016)

5.3.1 Zona 1: Estable – conformada por Depósitos de Terrazas Aluviales altas pertenecientes al río Sogamoso entre el K10+400 al K14+400.

Esta zona se encuentra catalogada como una zona estable y sin problemas de manejo, se encuentra desde el K10+400 al K 14+400, en superficie se evidencian

depósitos aluviales diferenciados como depósitos de terrazas altas catalogadas como Qt2 los cuales presentan un espesor de hasta 20 m, y se alojan sobre suelos residuales de las formaciones Mugrosa (Tom).

- **Litología Zona 1.**

Depósitos Aluviales (Qt2), terrazas altas pertenecientes al Río Sogamoso en donde se han diferenciado terrazas, gravo-soportadas con una matriz areno gravosa, con cantos redondeados de rocas ígneas y sedimentarias, si bien estas terrazas se encuentran cubriendo una amplia extensión estas se alojan sobre rocas del terciario, principalmente sobre las formaciones Mugrosa, las cuales presentan su contacto hacia el K12+000, el cual se encuentra cubierto por las terrazas aluviales.

Sobre estas terrazas se han desarrollado terraplenes y rellenos antrópicos tecnificados (Qant2), para la construcción la calzada actual; estos terraplenes y rellenos se encuentran en un extenso tramo, que va desde el K10+400 hasta el K14+400 y presentan un espesor inferior a los 3 m.

- **Perfil de Meteorización Zona 1.**

Para este perfil se definió que el depósito aluvial de terrazas altas presentan un espesor en el eje de hasta 10 m, el cual se ubica sobre rocas con un índice de W4-W3, las cuales presentan un espesor de hasta 12m, la roca tipo W2-W1 se encuentra a más de 20 m de profundidad.

Para determinar el perfil de meteorización se contó con la descripción de los apiques UF3-AP37 al UF4-AP50 y del sondeo UF4-SND20 ubicado en la abscisa K13+960, mostrando relleno antropogénico tecnificado (Qant2) en los primeros 2m, conformado por fragmentos rocosos y gravas de hasta 10 cm, restos de hormigón y fragmentos de hierro forjado. En el registro se identifican desde los 2 m hasta los 6 m, materiales aluviales en una matriz areno-lodosa, con gravas y

cantos de hasta 6 cm los cuales se encuentran hasta los 4.2 m, seguido de un depósito aluvial gravo-soportado con gravas de hasta 10 cm, los niveles inferiores de este depósito son arenos gravosos hasta los 6.30 m, este depósito se aloja según el sondeo sobre rocas de la formación Mugrosa conformada por arcillolitas, intercaladas con Limolitas, con colores de gris y tonos rojizos, con grado de meteorización W4 hasta los casi 18 m. En el sondeo se evidencian planos de diaclasas con oxidaciones y una inclinación de 75° con aperturas de 1 a 2 mm.

- **Parámetros Geotécnicos de Suelos y Rocas de la Zona 1.** Se cuentan con los resultados de los ensayos hechos en laboratorio a las respectivas muestras tomadas de los sondeos (Tabla 23).
- **Geología Estructural Zona 1.** El componente estructural en este tramo, corresponde a depósitos cuaternarios, sin cortes en este tramo, por lo tanto, el componente estructural es casi nulo para esta zona. Aun así, la zona presenta una alta influencia estructural conferida por el sinclinal de Nuevo Mundo, haciendo parte del eje del sinclinal.
- **Estratificación Zona 1.** Debido a que en la zona el depósito aluvial cubre gran parte de la litología existente no se han evidenciado datos en la zona, los datos obtenidos son en los cerros aledaños al proyecto, de igual forma se infiere que las capas debajo del depósito presentan el mismo rumbo y dirección de buzamiento de los datos tomados en superficie.

En cercanías al K12+000 se han evidenciado capas con una magnitud y Azimut de Buzamiento de 5°/310° transversales al corte.

- **Patrones de Fracturamiento Zona 1.** La terraza del depósito aluvial cubre gran parte de la litología existente, por este motivo no se han evidenciado datos de fracturamiento o diaclasas en la zona, sin embargo, se infiere que las capas debajo del depósito presentan el mismo patrón de los datos tomados en superficie.
- **Geomorfología Zona 1.** La geomorfología se encuentra conformada por superficies planas a ligeramente onduladas, conformadas por depósito aluvial de terrazas del río Sogamoso y por rellenos antrópicos tecnificados.

▷ **Morfología y Geoformas Zona 1**

Planos y campos de llenos antrópicos: Planos hechos artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos para la construcción de la vía actual, estos rellenos tecnificados son de gravas, bloques y arena bien compactados.

Plano o llanura de inundación: Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando el cauce fluvial del río Sogamoso y sus afluentes, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores.

Terraza aluvial: Superficies planas ligeramente onduladas e inclinada en el mismo sentido del río Sogamoso. En donde se han generado superficies planas las cuales han sido disectadas por el mismo río, producto de los cambios en los comportamientos el flujo y en la dinámica fluvial local, en la zona se han evidenciado terrazas de hasta 10 m de espesor.

- ▷ **Morfodinámica Zona 1.** En este tramo no existen procesos morfodinámicos de gran relevancia como fenómenos de remoción en masa ni procesos de erosión que afecten la estabilidad de la vía proyectada. Únicamente, en el K12+000 aproximadamente 50m al costado norte de la calzada proyectada para la Unidad Funcional UF-4 se encuentra una zona de surcos y reptación activas en la ladera del contacto litológico entre la terraza aluvial (Qt2) y la Formación Mugrosa (Tom). al momento de la realización del relleno proyectado, se recomienda tomar medidas de mitigación para este proceso.

- **Estabilidad Geotécnica Zona 1.** Esta zona se ha catalogado como estable sin problemas de manejo, los cortes proyectados en la zona no sobrepasan los 10 m de altura, salvo el punto mencionado en el K12+000 (Fotografía 20). Fin de la zona 1.

Fotografía 22. Zona de inestabilidad geotécnica.



Fuente: presente trabajo de aplicación

5.3.2 Zona 2: Potencialmente Inestable – conformada por rocas de la Formación Esmeraldas, Depósitos Coluviales, Depósitos Aluviales y Terraplenes entre el K14+400 al K17+560.

Corresponde a un sector colinado con pendientes transversales menores al 40% proyectándose cambios considerables sobre el actual corredor, hasta de 7 m al inicio de la zona (K15+250 a K15+760) y haciéndose menores hacia el final de la zona con cortes menores a 3 m de altura. Además, se proyecta una zona de relleno entre 10 m a 20 m de altura hacia el K14+900 sobre la quebrada Maritales.

- **Litología Zona 2.** Esta zona está constituida por rocas y suelos residuales de las formaciones Mugrosa y Esmeralda, con moderado ángulo de buzamiento, con litologías predominantemente de areniscas medias intercaladas con arcillolitas. La formación Mugrosa al inicio de la zona se caracteriza por presentar areniscas de grano grueso a muy grueso intercaladas con arcillolitas. En superficie se encuentran como suelos residuales de menos de 3 m de espesor, con grado de meteorización W4 a W3 y poseen un índice de resistencia R1 a R2, mientras que las areniscas de la formación Esmeralda presentan grado de meteorización W3-W2, Resistencia R3-R4 aumentando estos valores a partir del K17+140, mostrando W2 y R4-R5. Los depósitos coluviales están compuestos por suelos residuales y fragmentos de roca asociados a las zonas de intercalación con los estratos de arcillolitas de cada una de estas formaciones.

- **Perfil de Meteorización Zona 2.** Para las de areniscas de la formación Mugrosa en esta zona homogénea se encuentran moderadamente meteorizadas mostrando decoloración parcial y al ser probadas con el martillo se disgregan, se le ha asignado un grado de meteorización W3 a W4 y un índice de resistencia R3 a R2 y para las areniscas de la formación Esmeralda los grados de meteorización aumentan un poco, a W3-W2 con dureza R3-R4.

De otro lado los sectores de arcillolitas presentan un mayor espesor de meteorización, con mayor desarrollo de suelos residuales, infiriéndose roca tipo

W3-W4 hasta los 10 m de profundidad para la formación Mugrosa y hasta 5 m para la formación Esmeralda. Por otro lado, se contó con la descripción de 5 sondeos, el UF3-S21 muestra hasta 18 m arcillolitas de la Formación Mugrosa con grado de meteorización W4 y Resistencia de R1, resultado similar se muestra en el sondeo UF4-S23 con grado de meteorización W4 y Resistencia R1 hasta fin de sondaje en 15 m. Hacia el Puente la Paz, los sondeos UF4-S24 y UF4-S27 muestran grados de meteorización W3-W2 desde los 5 y 3 m respectivamente hasta los 18 m, dando paso a W2-W1 en el sondeo UF4-S27 hasta fin de pozo en 23 m (**Anexos A, Plano 2 y Plano 4**).

- **Parámetros Geotécnicos de Suelos y Rocas de la Zona 2.** De acuerdo con los reconocimientos de campo realizados y las estaciones geomecánicas realizadas se ha determinado valores de RMR de 40 a 45 e índices GSI de 35 a 40 para las areniscas de la formación Mugrosa y valores de RMR de 55 a 69 e índices GSI de 50 a 60, para las areniscas de la formación Esmeralda.
- **Geología Estructural Zona 2.** El componente estructural en este tramo está directamente influenciado por el sinclinal de Nuevo Mundo, haciendo parte del flanco este del sinclinal.
- **Estratificación Zona 2.** En esta zona se destaca la aptitud estructural transversal al eje de la vía, pero a favor de la pendiente, con estratificación promedio de 29°/301°, mostrando una tendencia homogénea.

Figura 17. Resumen descripción del sondeo UF4-S27, representativo de la zona.

Dirección Técnica		PROYECTO: Concesión Vial Bucaramanga - Barrancabermeja - Yondó - BBY - Unidad Funcional 4																			
		SONDEO N°: UF4-S27		HOJA: 1		DE: 2		FECHA: 26 abril - 27 abril 2016		SUPERVISOR: M. Camacho											
DIGITADO POR: S. Salcedo		EMPRESA: G3		TIPO DE SONDA: Rolatec						GRADO DE METEORIZACIÓN		BUZAMIENTO PRINCIPAL									
PERFORACIÓN	TIPO	Ø	PROFUNDIDAD(m)	CORTE LITOLÓGICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	RECUPERACIÓN %				MUESTRAS Y ENSAYOS				R. Q. D. %				GRADO DE METEORIZACIÓN		BUZAMIENTO PRINCIPAL	
						20	40	60	80	TIPO Y COTA (1)	Nº	20	40	60	80	I	II	III	IV	V	15°30'45"60"75"
	BW	86	0.00	---	0.0 m Relleno																
			1.50	---	Material de relleno limo arenoso de resistencia nula y tonalidad ocre.					1.50m											
	BW	86	2.00	---	Suelo residual limo arenoso (ML) de tonalidad ocre resistencia nula, con un pequeño intervalo arcilloso entre 2.00 a 2.40 m.					SPT1											
	BW	86	1.70	---						1.70m											
	BW	86	2.00	---																	
	TD	86	3.00	---																	
	TD	86	2.80	---	2.80 m Formación Esmeraldas - Tee					3.15m											
	TD	86	4.00	---	Desde 2.80 a 5.43 m. Areniscas de grano medio a grueso de tonalidad grisácea con decoloración parcial, resistencia R3, estratificación con buzamiento a 30°.					TP1											
	TD	86	3.60	---						3.60m											
	TD	86	5.00	---	De 5.43 a 6.65 m, la arenisa cambia de resistencia a R2 se presenta con total decoloración.					4.95m											
	TD	86	5.35	---						TP2											
	TD	86	7.00	---	De 6.65 a 7.89 m, la roca cambia a resistencia R3, con decoloración parcial de la roca.					7.27m											
	TD	86	7.84	---						TP3											
	TD	86	8.00	---	De 7.89 a 9.0 m, arenisca cambia a resistencia R2, con total decoloración de la roca.					7.84m											
	TD	86	9.00	---						9.00m											
	TD	86	9.00	---	De 9.0 a 13.10 m, la arenisa cambia de resistencia a R3 y continua la estratificación a 30°.					TP4											
	TD	86	9.40	---						9.40m											
	TD	86	10.00	---						10.35m											
	TD	86	10.80	---						TP5											
	TD	86	13.00	---	De 13.10 a 17.87 m, arenisca de grano grueso de tonalidad grisácea y decoloración total, disminuye resistencia a R2.					13.72m											
	TD	86	13.90	---						TP6											
	TD	86	17.00	---	De 17.87 a 19.50 m, la arenisca cambia a grano medio a grueso, algo conglomerático, colores marrones y violáceos, R3					17.87m											
	TD	86	18.00	---						TP7											
	TD	86	19.00	---	De 19.50 a 20.70 m, la arenisca aumenta tamaño de grano a grueso - muy grueso.					18.00m											
	TD	86	21.00	---						21.90m											
	TD	86	21.00	---	De 20.70 a 23.00 m, continua arenisca de grano grueso a muy grueso, con laminación a 20°, ligamente conglomerática, presenta decoloración parcial de la roca.					TP8											
	TD	86	22.19	---						22.19m											
			23.00	---	23.00 m																
			25.00	---	Final de Sondeo																

(1) TOMAMUESTRA: P.T: PUNTAZA CIEGA M.I: MUESTRA INALTERADA B: BATERÍA SENCILLA OBSERVACIONES:
 S.P.T: E.ESTANDAR T.P: TESTIGO PARAFINADO T: BATERÍA DOBLE Revestimiento 2.5 m
 S.H: SHELBY W: WIDIA D: DIAMANTE
 M.A: MUESTRA ALTERADA

Fuente: Consorcio Ferropol Santander.

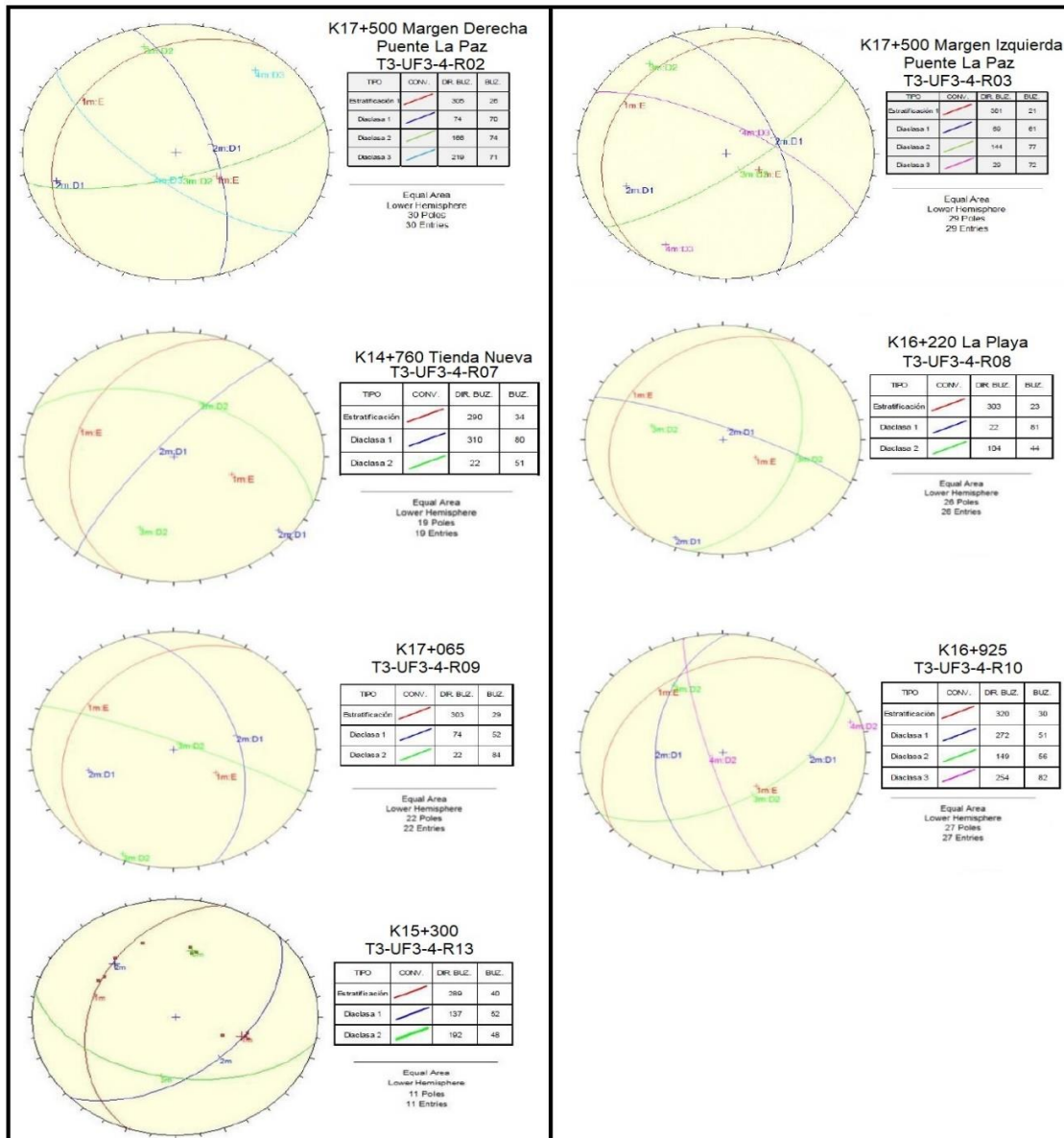
Tabla 24. Resultados de ensayos de laboratorio Zona 2.

Muestra						Granulometría pasa (%)						Límites de Atterberg			Humedad Natural	Gravedad Específica	Estado				Compresión Triaxial		Compresión Inconfinada		Resistencia Compresión Simple		Tracción Brasileria Kg/cm²	Expansión Libre (%)	Índice de Colapso (%)	Contenido de Materia Orgánica (%)	Contenido de Sales Solubles (%)	Contenido de Sulfatos Solubles (%)						
Prospección	Tipo de Muestra	K	Unidad Geológica	Prof. inicio (m)	Prof. fin (m)	3"	2"	1"	N°4	N°10	N°100						N°200	Clasificación (U.S.C.S)	LL	LI	LP	Densidad Húmeda (g/cm³)	Densidad Seca (g/cm³)	Peso Unitario (g/cm³)	Humedad (%)	Cohesión (kg/cm²)							φ	Resistencia (qu) Kg/cm²	Deformación - E (%)	Deformación - E (%)	Deformación - E (%)	
						S23	TP1	16+578	Tee	10,95	11,25	-	-	-	-	-	-					-	-	-	-	-	10,9	-	2,19	1,97	-	10,9	-	-	-	-	6,118	45
S28	M1	16+807	Qc	3,5	4,1	100	100	100	100	96,96	86,1	84,6	CH	53	19	34	23,1	-	-	-	2,017	23,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M2		Qc	5,5	6,1	100	100	100	100	99,87	96,6	95,9	CL	47	19	28	23,6	-	-	-	2,007	23,6	0,35	12,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3		Sr	7,5	8,1	100	100	100	100	99,75	98,4	98,1	CL	48	20	28	23,8	2,21	1,88	-	1,881	23,8	-	-	0,49	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TP1		Tee	9,82	10,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	TP3		Tee	12,4	12,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,04	-	14,4	-	-	-	-	-	-	-	
	TP5		Tee	15,6	16,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TP6		Tee	18,13	18,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TP8		Tee	21,6	22,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TP9		Tee	22,8	23,4	44,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S29	TP1	16+788	Tee	14,11	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	225,8	-	29,3	-	-	-	-	-	-	-	-	
	TP2		Tee	17,48	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126,6	-	6,37	-	-	-	-	-	-	-	-
UF3-AP55	M3	15+228		1,5	2,7	100	100	93	75	72,95	-	38,7	SC	29	16	13	7,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AP56	M1	15+643		0,4	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M2			0,95	1,5	100	100	100	96	92,72	71,9	66,9	CL	28	16	12	3,86	-	-	-	-	-	-	1,77	23,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UF3-AP57	M1	15+804		0,5	1,4	100	100	100	99	98,12	88,8	85,9	CL	42	19	23	6,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M2			1,4	2,7	100	100	100	95	93,89	86,6	83,9	CL	37	17	20	9,47	-	1,71	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	0,1	
UF3-AP58	M2	15+979		1,4	2,75	100	100	100	100	99,84	-	93,3	CL	43	22	21	6,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	6,3	0,11	-	-
AP61	M1	16+395		0,3	1,8	100	100	100	87	85,22	74,6	66,7	CL	31	15	16	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M2			1,8	2,4	100	100	100	100	99,95	95,7	87,9	CL	38	17	21	25,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AP63	M1	16+649		0	1,5	100	100	100	55	49,01	16,2	14,5	GM	NL	NP	NP	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M2			1,15	1,8	100	100	100	100	99,72	97,8	95,9	CL	48	19	29	9,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3			1,8	3,1	100	100	100	98	96,61	94,6	88,7	CL	40	18	22	15,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AP63A	M1	16+786		0	1,7	100	100	100	100	97,07	91,95	85,9	CL	49	19	30	27,1	-	1,9	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1,16	0,02	-	-	
	M2			1,7	3	100	100	100	100	94,12	85,2	76,5	CL	37	19	18	30,7	-	1,93	11,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	1,9	0,03	-	-		
AP64A	M1	16+775		0,1	0,9	100	100	100	100	96,57	88,3	81,2	CL	38	18	20	21,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	0,02	
	M2			0,7	2,7	100	100	100	100	99,98	98,6	96,7	CL	31	14	28	6,6	-	2,09	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,1	0,01	-	-	
AP65	M1	17+122		0,9	1,65	100	100	100	91	87,75	58,1	52,6	CL	27	18	9	5,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	M2			1,65	2,9	100	100	100	95	93,37	84,7	81,8	CL	34	16	18	4,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Consorcio Ferrocol Santander.

- Patrones de Fracturamiento Zona 2.** Se califica el sector con un grado de fracturamiento bajo a moderado (20 cm a 200 cm) y basados en los datos tomados en campo y los tomados con las estaciones geomecánicas se identificaron cuatro familias de Diaclasas con promedios de $72^\circ/24^\circ$, $61^\circ/72^\circ$, $76^\circ/155^\circ$ y $54^\circ/153^\circ$. Otras familias fueron identificadas, pero con menor aparición, estas son: $80^\circ/310^\circ$, $44^\circ/104^\circ$ y $82^\circ/254^\circ$.

Figura 18. Estratificaciones y Familias de diaclasas ficha geomecánicas Zona 2.



Fuente: Consorcio Ferropol Santander

- **Geomorfología Zona 2.**

- **Morfología y Geoformas Zona 2.** Alrededor del K16+160 inician laderas estructurales con erosión diferencial con caídas de rocas potentes hasta de 2 m de diámetro en la ladera de contrapendiente, además de fenómenos de remoción en masa en los estratos más blandos de la intercalación entre areniscas potentes y arcillolitas.

La zona Homogénea Zona 2 se caracteriza por presentar pendientes moderadas con un ambiente morfogenético mixto Estructural – denudacional, teniendo como geoformas principales, lomas, suelos residuales de la formación Mugrosa y Esmeralda, y terrazas medias con cauces aluviales en los depósitos cuaternarios aluviales, así como llenos y terraplenes a nivel antropogénico.

- **Morfodinámica Zona 2.** En este tramo existen procesos morfodinámicos de gran relevancia como fenómenos de remoción en masa, reptación, cárcavas, grietas, procesos de erosión diferencial que generan caídas de roca por volcamiento, afectando la estabilidad de la vía existente y la vía proyectada.

- **Estabilidad Geotécnica Zona 2.** Dado el conjunto de parámetros analizados y debido a que el eje de diseño transcurre cortando capas de roca de forma transversal y en favor de la pendiente, desde el K14+400 hasta el fin del tramo objeto del presente trabajo de aplicación que va hasta el Puente la Paz sobre el río Sogamoso, se clasifica esta zona como potencialmente inestable con problemas de manejo, tanto el corredor vial existente como los nuevos sectores de intervención proyectados. Fin de la Zona 2.

5.4. SITIOS CRÍTICOS

En el presente trabajo de aplicación se define como sitio crítico a aquellos que actualmente estén estables pero que presentan procesos activos de inestabilidad o procesos de remoción en masa activos de severidad media a alta.

Tabla 25. Severidad en Procesos de remoción en masa

Grado de Severidad	Volumen Material Fallado
Bajo	< 20 m ³
Medio	20 m ³ a 500 m ³
Alto	>500 m ³ o falla haya producido una fatalidad o daño considerable

Fuente: modificado Ministerio de Transporte

5.4.1 Sitio Crítico K11+980 a K12+000.

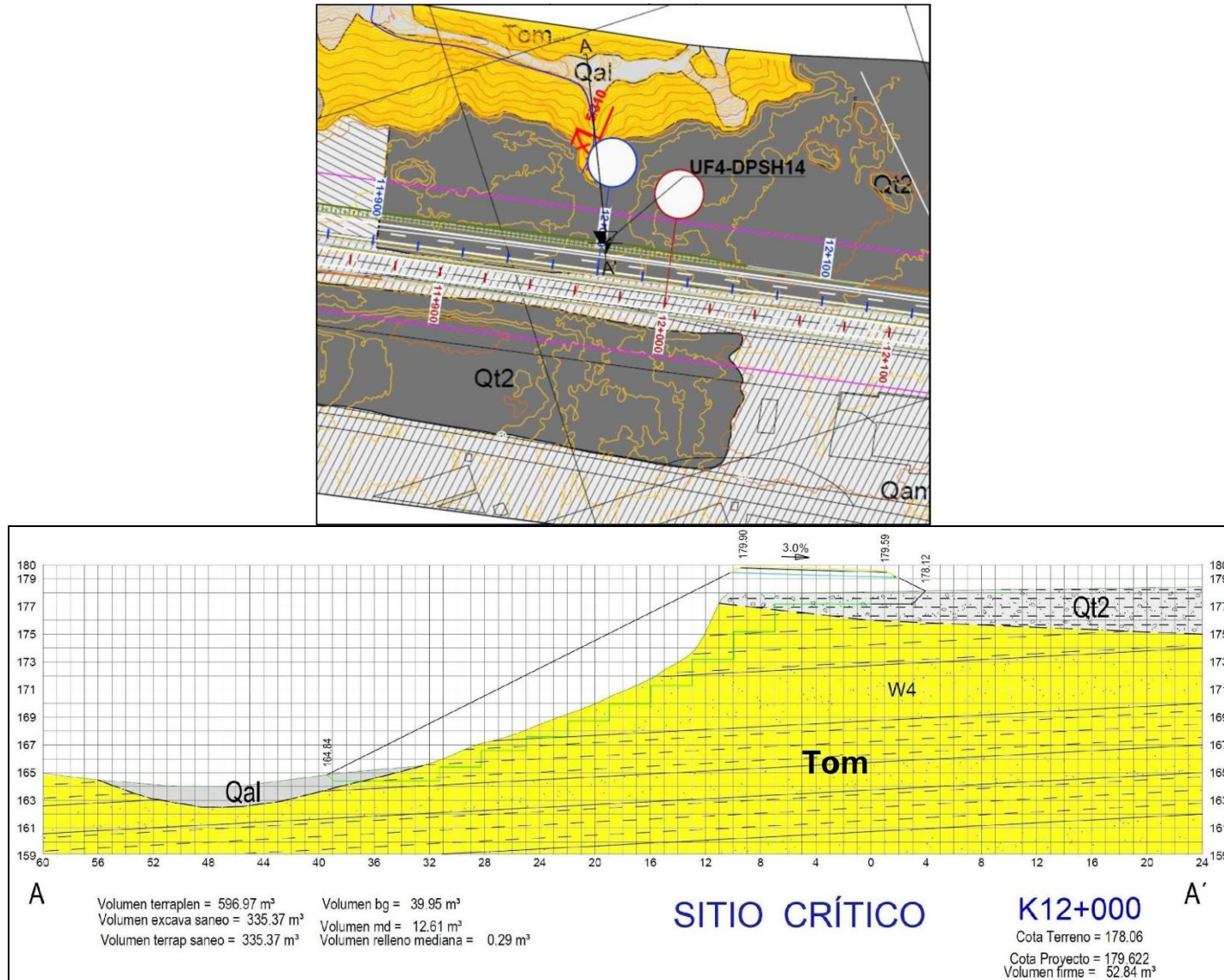
alta del río Sogamoso con aproximadamente 1 m de espesor que está siendo erosionado por acción de agua de escorrentía y de agua de infiltración, generando una cárcava que afectaría directamente la nueva calzada de la Unidad Funcional UF4. Presenta un estado de severidad media.

- **Análisis de Factores Generadores**

- ***Factores pasivos y susceptibilidad***

Factores Litológicos: los suelos residuales, las limolitas y arcillolitas con grado de meteorización de W5 a W4 pertenecientes a la Formación Mugrosa podrían ser factores poco estables de la ladera, con menor grado lo sería también la magnitud del Buzamiento de 5° a favor de la pendiente que infrayace los depósitos de terraza aluvial alta del río Sogamoso susceptibles a la erosión por su baja consolidación.

Figura 19. Esquema Planta – Perfil geológico presente en el sitio crítico k12+000



Fuente: presente trabajo de aplicación

▷ **Factores activos detonantes.** Se considera que el aumento en las condiciones de humedad del cuerpo aluvial, por condiciones extremas de pluviosidad, aguas de escorrentía y de infiltración aumentan la erosión y disminuyen considerablemente las propiedades geomecánicas del material de subrasante frente a los esfuerzos de la carga del tráfico pesado en aumento sobre el corredor vial.

Fotografía 23. Cárcava por erosión en terraza aluvial alta del río Sogamoso en K12+000.



Fuente: presente Trabajo de Aplicación

- **Conclusiones y recomendaciones.** Se concluye que este punto está sometido a fenómenos de erosión y se recomienda el reemplazo a una adecuada profundidad del material de subrasante e implementar obras de drenaje y subdrenaje sobre el talud externo de la vía. Preferiblemente se recomienda un estudio geotécnico más detallado que permita hacer la adecuada modelación y estabilización de taludes.

5.4.2 Sitio Crítico K16+760 al K16+850

Se presenta un depósito coluvial con aproximadamente 10 m de espesor que está erosionado parte la vía por acción del movimiento del terreno debido a la falta de compactación en el terreno, sumado al agua de escorrentía y de agua de infiltración, generando una cárcava que afectaría directamente la nueva calzada de la Unidad Funcional UF4. Presenta un estado de severidad alta.

Fotografía 24. Deposito coluvial sobre el eje de la vía



Fuente: presente Trabajo de Aplicación

- **Planteamiento y diagnóstico del problema.** Se presenta un depósito coluvial con evidencias de activación del movimiento por saturación del terreno y con un espesor probado por medio del Sondeo UF4-S29 de 4,9m de relleno antropogénico sobre 4,2m de depósito coluvial. En este sector el sustrato infrayacente corresponde a casi 3m de suelos residuales de arcillolitas café

grisáceas de la Formación Esmeralda con intercalaciones hasta los 18m de profundidad de arcillolitas y areniscas de grano fino. Presenta un estado de severidad alta.

- **Análisis de Factores Generadores.**

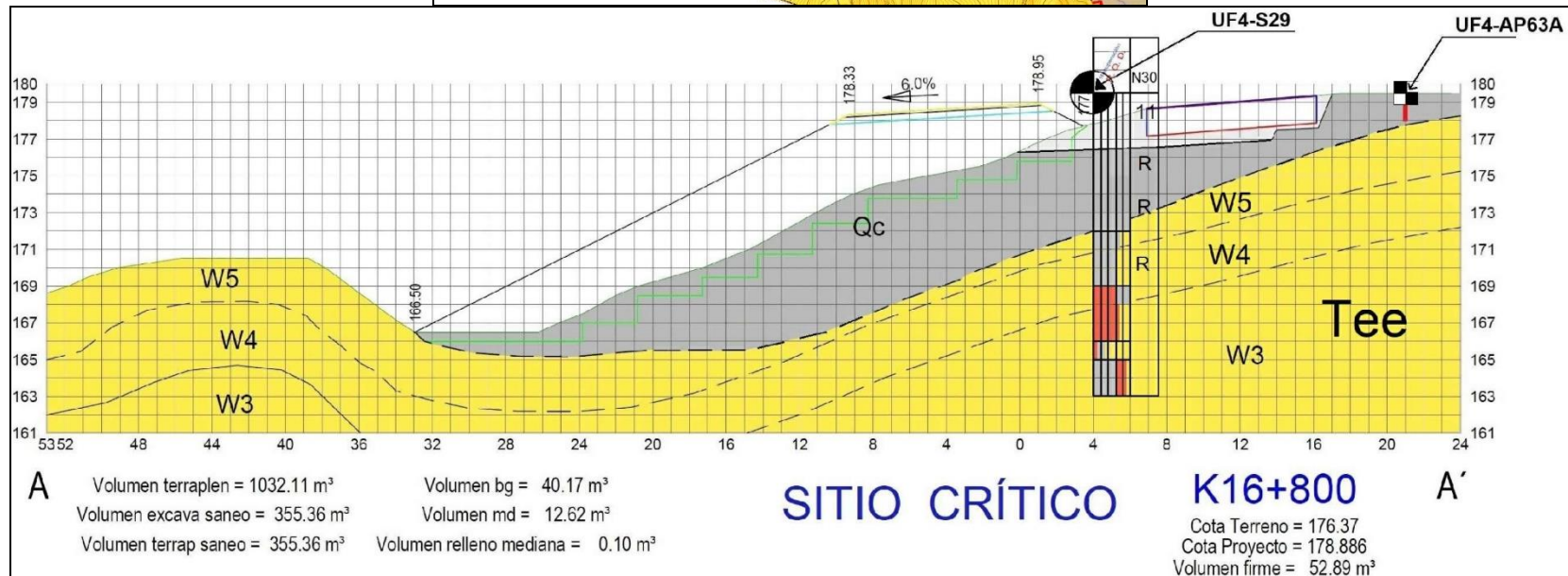
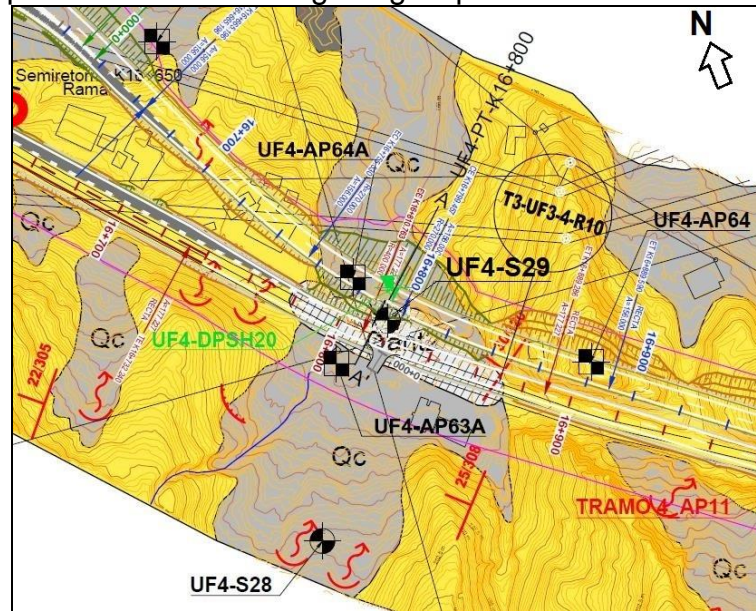
- ▷ **Factores pasivos y susceptibilidad.**

Factores Litológicos: La presencia de un depósito coluvial de hasta 9,1m (sondeo UF4-S29) de espesor constituye un nivel deficiente como subrasante del corredor vial existente, generando asentamientos de la calzada y socavación de esta.

- ▷ **Factores activos detonantes.** Se considera que el aumento en las condiciones de humedad del cuerpo coluvial, por condiciones extremas de pluviosidad disminuyen considerablemente las propiedades geomecánicas del material de subrasante frente a los esfuerzos de la carga del tráfico pesado en aumento sobre el corredor vial.

- **Conclusiones y recomendaciones.** Se recomienda el reemplazo del material de subrasante hasta una profundidad de aproximadamente 9 metros donde se encuentre con los suelos residuales de la Formación Esmeraldas, implementar obras de drenaje y subdrenaje sobre el talud interno de la vía. Preferiblemente se recomienda un estudio geotécnico más detallado que permita hacer la adecuada modelación y estabilización de taludes.

Figura 20. Esquema Planta – Perfil geológico presente en el sitio crítico K16+800.



Fuente: presente Trabajo de Aplicación

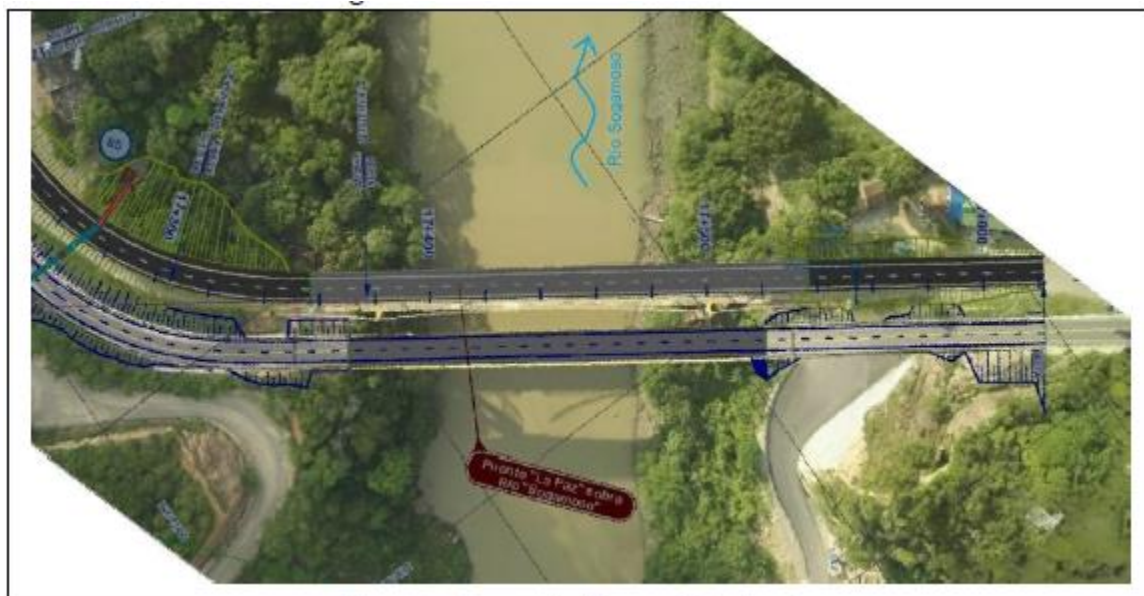
6. PONTEADEROS

En esta sección se presentarán las condiciones geológicas, geomorfológicas y morfodinámicas detalladas a escala 1:500 del único sitio de ponteadero en el tramo objeto del presente trabajo de aplicación.

6.1. PUENTE LA PAZ

El Puente se localiza aproximadamente entre el K17+360 hasta el K17+535 en un tramo recto sobre el cruce del Río Sogamoso.

Figura 21. Ubicación del Puente La Paz.



Fuente: presente Trabajo de Aplicación

En el sitio de Ponteadero el cauce es recto, tiene un ancho de 80 m y se espera que a aproximadamente 800 metros aguas debajo de la zona de descarga de la represa de Hidrosogamoso. Está limitado a ambos márgenes por afloramientos de estratos de superficies estructurales de rocas de la Formación La Paz.

El flujo del agua es regulado por las descargas de generación de la represa, por este motivo los eventos de descargas extremas de años anteriores no se

presentarán y los sedimentos se caracterizarán por estar compuestos de arenas, gravas de menor tamaño y sedimentos finos en suspensión.

Fotografía 25. Vista desde aguas abajo sobre río Sogamoso al puente La Paz.



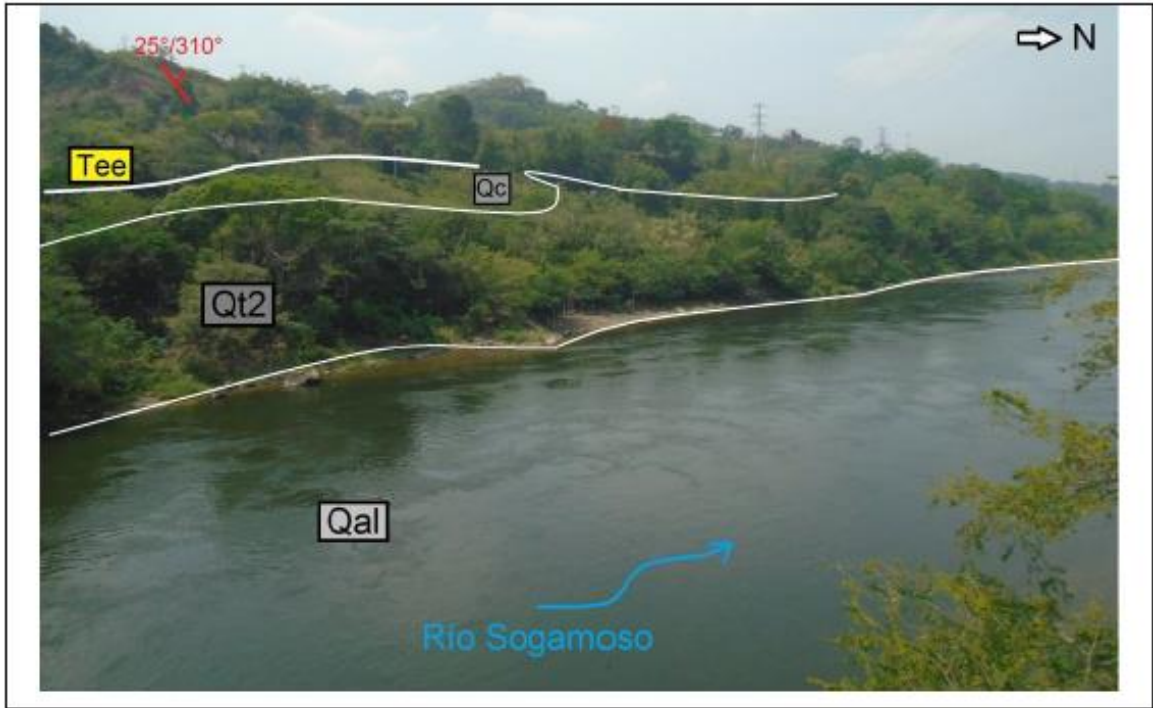
Fuente: presente Trabajo de Aplicación

A 1500 metros aguas abajo del puente La Paz, el cauce evoluciona a un cauce de lecho trenzado típico donde presenta varios canales no definidos con barras, vegas y sobrevegas inundables. En este sector en particular el cauce principal tiende a fluir por la margen derecha.

6.1.1. Geología Local

En el área del puente La Paz se presentan los depósitos aluviales cuaternarios del cauce actual (Qa1), los depósitos cuaternarios de terrazas aluviales medias y altas (Qt2) del río Sogamoso, caracterizados por presentar matriz de suelos areno-arcillosos con guijas y cantos redondeados. Se observan depósitos cuaternarios antropogénicos (Qant2) de terraplén en las zonas de acceso y en las bases de ambos estribos de los puentes existentes.

Fotografía 26. Tomada desde el estribo 2, muestra las Unidades geológicas presentes en puente La Paz sobre el Río Sogamoso.



Fuente: presente Trabajo de Aplicación

Fotografía 27. Terraplén de acceso hacia Bucaramanga, puente La Paz margen izquierda sobre el Río Sogamoso.



Fuente: presente Trabajo de Aplicación

Fotografía 28. Soporte del puente La Paz, margen izquierda del Río Sogamoso.



Fuente: presente Trabajo de Aplicación

Todos estos depósitos mencionados anteriormente, en profundidad suprayacen estratos de la Formación Esmeraldas (Tee) caracterizados por ser intercalaciones de areniscas en estratos tabulares de hasta 1-2 metros de espesor de granos medios a gruesos a ligeramente conglomeráticos con grado de meteorización W2-W1 y Resistencia R3 a R5.

Fotografía 29. Estribo 1 del nuevo puente sobre estrato potente de areniscas de la Formación Esmeraldas. Margen izquierda del Río Sogamoso.



Fuente: presente trabajo de aplicación

Fotografía 30. Areniscas bajo estribo 1 del puente La Paz sobre el Río Sogamoso.



Fuente: presente trabajo de aplicación

- **Estribo 1 margen izquierda del río Sogamoso:**

▷ **REGISTRO DEL SONDEO UF4-SND24.** Se encuentra conformado superficialmente por suelos residuales de la Formación Esmeraldas (Tee) hasta una profundidad de 5.2 m, compuestas principalmente por material arcillo arenoso con fragmentos de areniscas. Estos están suprayaciendo intercalaciones de arcillolitas con areniscas de grano grueso a muy grueso con grado de meteorización W3 y Resistencias entre R2-R3 hasta el fin de sondaje a 18.90 m. Las descripciones del sondeo UF4-S19 se puede observar con detalle a continuación.

Figura 22. Descripción Sondeo UF4-S24

DIRECCIÓN TÉCNICA		PROYECTO: Concesión Vial Bucaramanga - Barrancabermeja - Yondó - BBY - Unidad Funcional 4																					
		SONDEO Nº: UF4-S24		HOJA: 1		DE: 1		X: 1.073.006.93		FECHA: 29 abril - 06 mayo 2016		SUPERVISOR: M. Camacho		Y: 1.277.492.18		Z:							
PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL TERRENO										RECUPERACIÓN %		MUESTRAS Y ENSAYOS		R. Q. D. %		GRADO DE METEORIZACIÓN		BUZAMIENTO DEL DISCONTINUIDAD PRINCIPAL			
TIPO	Q	PROFUNDIDAD (m.)	CORTE LITOLÓGICO	20	40	60	80	TIPO Y COTA (T)	Nº30	20	40	60	80	I	II	III	IV	V	15°	30°	45°	60°	75°
BW	86	0.00	Suelo Residual																				
BW	86	0.00	De 0.00 a 0.90 m. Arcillas plasticas (CL)																				
BW	86	0.90	De 0.90 a 2.10 m. Arcillas plasticas con algo de grava.																				
BW	86	2.10	De 2.10 a 3.00 m (SM) arenosos con algo de limo.																				
BW	86	3.00	De 3.00 a 3.20 m (CL) Arcillas plasticas.																				
BW	86	3.20	De 3.20 a 5.20 m (SM) arenoso con algo de limo.																				
BW	86	5.20	5.20 m																				
TD	86	5.20	Formación Esmeraldas - Tee																				
TD	86	6.30	Desde 5.20 a 7.60 m, areniscas de grano grueso y color ocre, resistencia R2, a veces se aprecia tonalidades grisácea y laminaciones carbonosas a 30°.																				
TD	86	7.60	De 7.60 a 15.95 m, continuan areniscas de grano grueso con laminación carbonosa con cambio de resistencia a R3.																				
TD	86	8.90																					
TD	86	9.30																					
TD	86	10.00																					
TD	86	11.00																					
TD	86	11.96																					
TD	86	12.30																					
TD	86	12.55																					
TD	86	13.00																					
TD	86	14.00	De 13.78 a 14.50 m, muestra lavada y re trabajada por maniobra.																				
TD	86	14.75																					
TD	86	15.12																					
TD	86	15.95	De 15.95 a 18.90 m, areniscas de grano grueso de resistencia R1-R2.																				
TD	86	17.15																					
TD	86	17.55																					
TD	86	18.00																					
TD	86	18.90	18.90 m																				
		19.00	Final de Sondeo																				

(1) TOMAMUESTRA:

P.T: PUNTAZA CIEGA
S.P.T: E.ESTANDAR
S.H: SHELBY
M.A: MUESTRA ALTERADA

M.I: MUESTRA INALTERADA
T.P: TESTIGO PARAFINADO

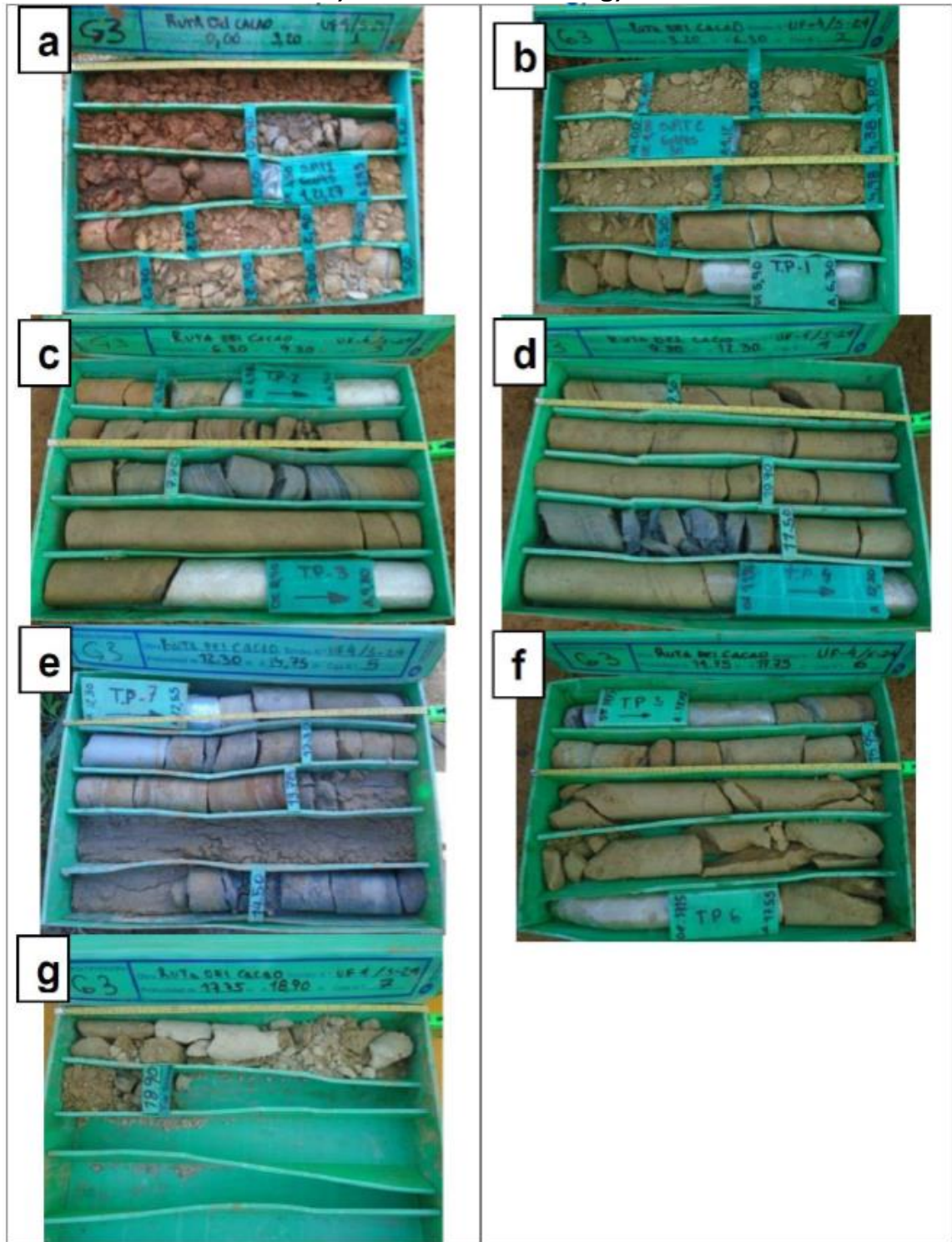
B: BATERÍA SENCILLA
T: BATERÍA DOBLE
W: WIDIA
D: DIAMANTE

OBSERVACIONES:

Nivel freatico

Fuente: Consorcio Ferropol Santander

Fotografía 31. Fotos del sondeo F4-S24 con una profundidad de 18.90 m. **a)** 0.00 – 3.20 m. **b)** 3.20 m – 6.30 m. **c)** 6.30 m – 9.30 m. **d)** 9.30 m – 12.30 m. **e)** 12.30 m – 14.75 m. **f)** 14.75 m – 17.75 m. **g)** 17.75 m – 18.90 m.



Fuente: Consorcio Ferrocol Santander

- **ESTRIBO 2 MARGEN DERECHA RÍO SOGAMOSO:**

- **REGISTRO DEL SONDEO UF4-SND24.** Se encuentra conformado superficialmente por depósitos de relleno de origen antrópico con resistencia nula hasta una profundidad de 1.5 m, posteriormente se encuentran suelos residuales de la Formación Esmeraldas (Tee) hasta los 2.40 m, dando paso a intercalaciones de areniscas de grano grueso a muy grueso ligeramente conglomerático (a partir de 18.0 m) con grado de meteorización W3-W2 y Resistencias entre R3-R2 con arcillolitas. Las descripciones del sondeo UF4-S27 se pueden observar con detalle a continuación.

Figura 23. Descripción Sondeo UF4-S27

PERFORACIÓN		CORTE LITOLÓGICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	RECUPERACIÓN %				MUESTRAS Y ENSAYOS		R. Q. D. %				GRADO DE METEORIZACIÓN		BUZAMIENTO DE LA DISCONTINUIDAD PRINCIPAL
				20	40	60	80	TIPO Y COTA (1)	N30	20	40	60	80	I	II	
BW	86	0.0 m	Relleno													
		1.50 m	Material de relleno limo arenoso de resistencia nula y tonalidad ocre.					1.50m								
BW	86	2.00 m	Suelo residual limo arenoso (ML) de tonalidad ocre resistencia nula, con un pequeño intervalo arcilloso entre 2.00 a 2.40 m.					SPT1 1.70m								
TD	86	3.00 m	2.80 m Formación Esmeraldas - Tee													
TD	86	4.00 m	Desde 2.80 a 5.43 m. Areniscas de grano medio a grueso de tonalidad grisácea con decoloración parcial, resistencia R3, estratificación con buzamiento a 30°.					3.15m TP1 3.60m								
TD	86	5.00 m	De 5.43 a 6.65 m, la arenisa cambia de resistencia a R2 se presenta con total decoloración.					4.95m TP2 5.35m								
TD	86	6.00 m	De 6.65 a 7.89 m, la roca cambia a resistencia R3, con decoloración parcial de la roca.													
TD	86	7.00 m	De 7.89 a 9.0 m, arenisca cambia a resistencia R2, con total decoloración de la roca.					7.27m TP3 7.84m								
TD	86	8.00 m	De 9.0 a 13.10 m, la arenisa cambia de resistencia a R3 y continua la estratificación a 30°.					9.00m TP4 9.40m								
TD	86	9.00 m						10.35m TP5 10.80m								
TD	86	10.00 m														
TD	86	11.00 m														
TD	86	12.00 m														
TD	86	13.00 m	De 13.10 a 17.87 m, arenisca de grano grueso de tonalidad grisácea y decoloración total, disminuye resistencia a R2.					13.72m TP6 13.90m								
TD	86	14.00 m														
TD	86	15.00 m														
TD	86	16.00 m														
TD	86	17.00 m														
TD	86	18.00 m	De 17.87 a 19.50 m, la arenisca cambia a grano medio a grueso, algo conglomerático, colores marrones y violáceos, R3					17.87m TP7 18.00m								
TD	86	19.00 m	De 19.50 a 20.70 m, la arenisca aumenta tamaño de grano a grueso - muy grueso.													
TD	86	20.00 m														
TD	86	21.00 m	De 20.70 a 23.00 m, continua arenisca de grano grueso a muy grueso, con laminación a 20°, ligamente conglomerática, presenta decoloración parcial de la roca.					21.90m TP8 22.19m								
TD	86	22.00 m														
		23.00 m	Final de Sondeo													
		24.00 m														
		25.00 m														

(1) TOMAMUESTRA: P.T: PUNTAZA CIEGA M.I: MUESTRA INALTERADA B: BATERIA SENCILLA
 S.P.T: E. ESTANDAR T.P: TESTIGO PARAFINADO T: BATERIA DOBLE
 S.H: SHELBY W: WIDIA
 M.A: MUESTRA ALTERADA D: DIAMANTE

OBSERVACIONES:
 Revestimiento 2.5 m

Fuente: Consorcio Ferropol Santander

Fotografía 32. Fotos del sondeo F4-S27 con una profundidad de 23.00 m. **a)** 0.00 – 3.00 m. **b)** 3.00 m – 6.00 m. **c)** 6.00 m – 9.00 m. **d)** 9.00 m – 12.00 m. **e)** 12.00 m – 15.00 m. **f)** 15.00 m – 20.10 m. **g)** 20.10 m – 23.00 m.



Fuente: Consorcio Ferrocol Santander

6.1.2 Geomorfología

El sector analizado está conformado por un ambiente morfogenético aluvial, con morfología alomada baja a plana que corresponden a geoformas de terrazas aluviales medias a altas del río Sogamoso.

Ambiente denudacional conformado por laderas denudacionales moderadas de los suelos residuales y de los estratos de arcillolitas moderadamente meteorizadas de la formación Esmeraldas.

Fotografía 33. Zona denudacional de suelos residuales de Arcillolitas gris oscuras con moteados rojizos de la Formación Esmeraldas



Fuente: presente Trabajo de Aplicación

Ambiente estructural con laderas estructurales moderadas con rumbo N50°W buzando 27° al SE, compuesta de paquetes tabulares potentes de areniscas de grano medio a grueso de la Formación Esmeraldas.

Fotografía 34. Superficie estructural en areniscas grano grueso de la Formación Esmeraldas, sobre margen izquierda río Sogamoso.



Fuente: presente Trabajo de Aplicación

Finalmente se observan sectores antropogénicos relacionados con el terraplén de la vía existente y de los rellenos de los estribos del puente existente (Qant2).

6.1.3 PROCESOS MORFODINÁMICOS

Actualmente los sitios de estribos del puente no evidencian procesos morfodinámicos activos, no se ven afectados por procesos de movimientos de remoción en masa, ni se evidenció socavación.

7. CONCLUSIONES

- A nivel estratigráfico la zona de estudio se caracteriza por la alternancia de depósitos cuaternarios de origen aluvial, coluvial y rocas sedimentarias detríticas de edad terciaria con predominio de arcillolitas, areniscas y sus intercalaciones.
- A nivel geomorfológico se presentan ambientes morfogenéticos variables en orden de importancia: Denudativo, Estructural, Estructural-Denudativo, aluvial y antropogénico.
- La principal estructura geológica que afectan el área del tramo de 7.16 kilómetros objeto del presente trabajo de aplicación corresponden al Sinclinal de Nuevo Mundo, encontrándose sobre el eje del sinclinal los primeros 4 kilómetros y sobre el costado este de dicho sinclinal los restantes 3.16 kilómetros.
- El tramo vial objeto del presente trabajo de aplicación se clasifica como de amenaza sísmica media, según el Mapa Zonas de Amenaza Sísmica y Mapa de Valores de Aa de la Norma Sismo Resistente (NSR-10).
- La aptitud estructural de los estratos tiende a ir transversalmente al corredor vial, y con magnitud de Buzamiento bajo a medio, buzando en dirección hacia el NW.
- Las geoformas encontradas en la zona de estudio corresponden a colinas, ladera estructural de sinclinal, ladera de contrapendiente sinclinal, montículos y ondulaciones denudacionales, y a nivel morfológico predominan los relieves planos, colinados, alomados y de ondulaciones.

- De la zonificación geotécnica realizada se identificaron 2 zonas de comportamiento geotécnico homogéneo:

Zona 1: Estable – conformada por Depósitos de Terrazas Aluviales altas pertenecientes al río Sogamoso entre el K10+400 al K14+400

Zona 2: Potencialmente Inestable – conformada por rocas de la Formación Mugrosa y Esmeraldas, Depósitos Aluviales, Coluviales y Terraplenes entre el K14+400 al K17+560

- La Zona 1 se encuentra ubicada sobre terrazas aluviales altas del río Sogamoso que suprayacen estratos casi horizontales de la Formación Mugrosa dentro del eje del Sinclinal de Nuevo Mundo.

- La Zona 2 presenta procesos morfodinámicos de reptación, erosión laminar, erosión diferencial, caída y volcamiento de bloques rocosos de hasta 1 metro cúbico, deslizamientos planares sobre planos de estratificación y fenómenos de remoción en masa en depósitos coluviales.

- Para el sitio de ponteadero del Puente La Paz sobre el río Sogamoso el flujo del agua es regulado por las descargas de generación de la represa, por este motivo, se espera que los eventos de descargas extremas de años anteriores no se presentarán y los sedimentos se caracterizarán por estar compuestos de arenas, gravas de menor tamaño y sedimentos finos en suspensión.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en las zonas donde se vayan a intervenir los depósitos coluviales mapeados en el plano geológico a escala 1:2000 sea removida la mayor cantidad de material coluviales, remplazarlos por un material granular e implementar obras de drenaje y subdrenaje sobre el talud externo de la vía.
- Para los sitios críticos ubicados en los alrededores del K12+000 y del se recomienda un estudio geotécnico más detallado que permita hacer la adecuada modelación y estabilización de taludes.

BIBLIOGRAFÍA

BRITISH STANDARD INSTITUTION. Code of practice for site investigations. BS5930: 1999. British Standard Institution, London, 1999. 207p.

BUENO, E.L., et al. Informe Final de Estudios y Diseños Estructuración Corredor Vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó, Estudio De Geotecnia y Geología. Tomo II. 197 P. Agencia Nacional de Infraestructura. ANI. Bogotá, 2014.

CARVAJAL, J. H. Caracterización de la metodología geomorfológica adaptada por Ingeominas. Documento interno Ingeominas sometido a discusión y modificaciones. 13pp. Bogotá, 2002.

CENTRO REGIONAL DE SISMOLOGIA PARA AMERICA DEL SUR (CERESIS), Sismicidad y Riesgo Sísmico en la Región Andina (SISRA), Catalogo de Terremotos para America del Sur, Vol. 4 – Datos de Hipocentros e Intensidades. 1985.

GÓMEZ, E., et al. Actividad de la falla La Salina a partir de instrumentación sísmológica. Revista Geofísica Colombiana. Universidad Nacional. 5-12. Bogotá, 2003.

HERNÁNDEZ, E., et al. Informe Final de Estudios y Diseños Estructuración Corredor Vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó, Estudio de Geotecnia y Geología. Tomo III. 197 P. Agencia Nacional de Infraestructura. ANI. Bogotá, 2014.

HOEK, E. Rock Engineering Course notes. Evert Hoek Consulting Engineer Inc. 3034 Edgemont Boulevard, North Vancouver, B.C. Canadá, 2017. 341p.

INGEOMINAS. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica, Bogotá, 2004.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación: Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C, 2008. Sexta actualización. 36p.

----- Referencias Bibliográficas: Contenido, forma y estructura. NTC 5613 Bogotá D.C, 2008. 33p.

REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. Título A: Requisitos Generales de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá D.C, 2010. 174p.

----- Título H: Estudios geotécnicos. Bogotá D.C, 2010. 66p.

ROYERO, J., et al. Memoria explicativa Mapa Geológico Generalizado Departamento de Santander. Ingeominas, 2001. 92 p.

----- Mapa Geológico del Departamento de Santander Escala 1:400.000. Ingeominas. Bogotá, 1999.

RUIZ, Vázquez M. y GONZÁLEZ, Huesca S. Geología Aplicada a la Ingeniería Civil. Limusa. Mexico, 2002, 256 p.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad Y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000. Versión No. 2, Bogotá, 2013.

SUAREZ, J. Vía Bucaramanga – Barrancabermeja. Una perspectiva histórica y el riesgo futuro al embalsarse Hidrosogamoso. 2012. Erosion.com.co.

SUAREZ, J. La Flexión de Chucurí, los Coluviones y su interacción con el embalse de Hidrosogamoso y las Vías a Barrancabermeja y San Vicente. 2013. Erosion.com.co.

TYPSA. Departamento de Geotecnia. Guía Técnica de Trabajo para el Personal en Campo – Manual de Guías del Departamento de Geotecnia. Madrid, 2006. 109 p.

VILLOTA, H. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C. 2005. 211 p.

WARD, W., et al. Geología del Cuadrángulo H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander y Norte de Santander. Ingeominas. Boletín Geológico, 21 (1-3): 1-32. Bogotá, 1973.

----- Mapa Geológico del Cuadrángulo H-12 Bucaramanga, escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá, 1977.

ANEXO A. APIQUES

Apique UF4-AP40

ferrovial		PROYECTO		Ruta del Cacao									
E.L.B. INGENIERIA Y OBRAS S.A.		APIQUE		UF4-AP40		ENSAYOS DE LABORATORIO							
		FECHA:		SUPERVISOR									
		COORDENADAS		DIGITALIZADO POR									
		19/04/2016		D. Moreno									
		X = 1.068.168		S. Salcedo/D. Moreno									
		Y = 1.279.976											
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			LÍMITES ATTERBERG	GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm ²)
							HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)	C.B.R. (95% PROC. MODIF.)		LL	IP	
			0.0 - 0.30 m, Suelo vegetal (TV)										
1	M1	• • •	0.30 - 1.70 m, Deposito aluvial de matriz arenoso arcilloso (GP), plástico, ligeramente cohesivo, muy blando, con presencia de rocas graníticas R1W5, granos de tamaños irregulares (gruesos, cantos, gravas), tonalidad marrón, se disgrega facilmente.										
2	M1	• • •	0.30 - 1.70 m, Deposito aluvial de matriz arenoso arcilloso (GP), plástico, ligeramente cohesivo, muy blando, con presencia de rocas graníticas R1W5, de tamaños irregulares, color marrón, disgregable.										
3			1.70 - 2.60 m, Deposito aluvial de matriz arenoso arcilloso (GP), plástico, ligeramente cohesivo, muy blando, con presencia de rocas graníticas R1W5, granos de tamaños irregulares (gruesos, cantos, gravas), tonalidad marrón, se disgrega facilmente humedo, presencia de areniscas R1W5, de color gris claro.										
			FIN DE APIQUE: 2.60 m										
OBSERVACIONES: Se finaliza el apique a 2.60 m, por resistencia al avance.													



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP40		
	FECHA	19/04/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X = 1.068.168	DIGITALIZADO POR	S. Salcedo/D. Moreno
		Y = 1.279.976		



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP42

ferrovial		PROYECTO		Ruta del Cacao																
E.L.B.		APIQUE		UF4.AP42		ENSAYOS DE LABORATORIO														
		FECHA:		SUPERVISOR																
		COORDENADAS		DIGITALIZADO POR																
			23/04/2016		D. Moreno															
			X=1.068.628																	
			Y=1.279.810		S. Salcedo/D. Moreno															
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			C.B.R. (95% PROC.MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESION SIMPLE Qu (Kg/cm ²)		
			HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)	LL	Ip				#4	#200									
			0.0 - 0.60 m, Relleno Heterogéneo.																	
1	M1		0.60 - 1.10 m, deposito aluvial de matriz arenosa (GW) ligeramente plástico, disgregable, resistencia S2, con cantos bien redondeados R3W2, color pardo																	
2	M2		1.10 - 1.80 m, Depósito aluvial con matriz limo arcilloso (GM) plástico, cohesivo, moderadamente disgregable, firme, resistencia S4-S5, de color pardo con tonalidades rojizas debido a la oxidación.presencia de limolita R2W4																	
3			1.80 - 2.90 m, Deposito aluvial con matriz arenosa (GW) de grano fino a medio, no plástico, no cohesiva, disgregable, resistencia S1-S2, presencia de areniscas R1W5																	
			FIN DE APIQUE: 2.90 m																	
OBSERVACIONES: Se finaliza el apique por resistencia al avances.																				



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.




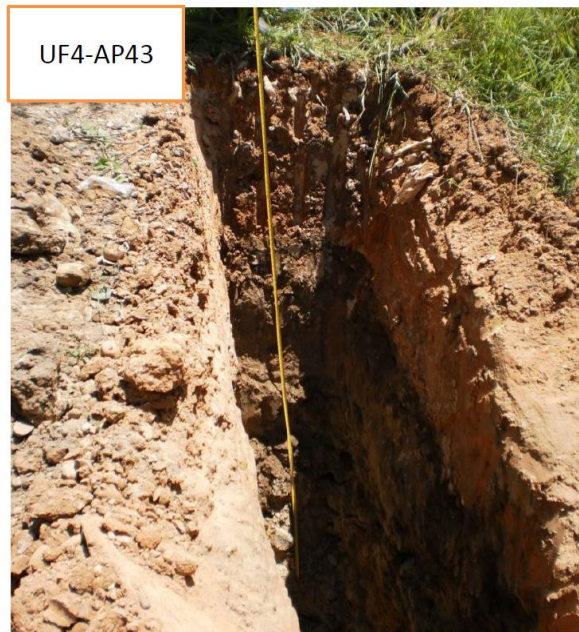
 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP42		
	FECHA	23/04/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.068.628 Y= 1.279.810		
		DIGITALIZADO POR	S. Salcedo/D. Moreno	



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP43

		PROYECTO		Ruta del Cacao															
		APIQUE		UF4-AP43		ENSAYOS DE LABORATORIO													
		FECHA:	03/05/2016		SUPERVISOR					D. Martinez									
COORDENADAS	X=	1.069.102	Y=	1.279.583	DIGITALIZADO POR	T. Bastos													
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LIMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu (kg/cm ²)	
										HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)	LL		Ip	#4	#200			
			0,0 - 0,15 m. Suelo Vegetal (TV) arenosa con algo de limo, de colores pardos claros.																
1			0,15 - 0,9 m. Depósito aluvial (SP) Matriz arenosa con algo de limo, de color pardo claro. Arena de grano medio a grueso, granos de geometría subangulas no esférica, disgregable. Clastos redondeados y subredondeados, no esféricos de cuarzoareniscas y areniscas calcáreas.																
2	M1		0,9 - 2,0 m. Depósito Aluvial (SW) de matriz arenosa de grano fino a muy fino, con granos subangulares no esféricos, disgregable, no plástica, de color gris N5. Clastos de hasta 30 cm de diametro con una predominancia de de guijas y guijarros, redondeadas, algunas subredondeadas, de cuarzoarenias grises y limolitas violetas.																
3	M2		2,0 - 3,3 m. Depósito aluvial (GM) matriz limo arenosa de plasticidad baja, de color gris N5, amarilla. Clastos de cuarzoareniscas y areniscas de grano medio moderadamente calibradas. Los clastos van de guijas a cantos, redondeados y subredondeados, esféricos y no esféricos, siendo este último predominante.																
4			FIN DE APIQUE: 3,30 m																
			OBSERVACIONES: Finalización del apique por resistencia al avance. Aparición de agua a 2,80 m.																



UF4-AP43

FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP43		
	FECHA	03/05/2016	SUPERVISOR	D. Martínez
	COORDENADAS	X= 1.069.102		
		Y= 1.279.583	DIGITALIZADO POR	T. Bastos



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP44

ferrovial		PROYECTO		Ruta del Cacao									
E.L.B.		APIQUE		UF4-AP44		ENSAYOS DE LABORATORIO							
		FECHA:		SUPERVISOR									
		COORDENADAS		DIGITALIZADO POR									
		X= 1.069.378		D. Moreno									
		Y= 1.279.447		S. Salcedo									
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			LÍMITES ATTERBERG	GRANULOMETRÍA (% PASA)	COMPRESIÓN SIMPLE Cu (Kg/cm ²)	% MATERIA ORGÁNICA
							HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)	C.B.R. (95% PROC.MODIF.)				
0		TV	0,0 - 0,75 m. Suelo vegetal (TV) con arenas de grano fino, tonalidad oscura.										
1			0,75 - 1,80 m. Suelo residual arcilloso de matriz arenosa (CL), de granos muy finos a finos, color gris con tonalidades rojizas producto de la oxidación, muy plástica, cohesiva, no disgregable, moderadamente firme, resistencia S3.										
2	M1		1,80 - 3,20 m. Deposito aluvial de matriz areno-arcillosa (GC) de grano medio a grueso, de color gris con tonalidades pardas debido a oxidación, plástico, cohesiva, ligeramente disgregable, suelo blando, resistencia S2, con presencia de cuarzoareniscas R2W4										1,2
3			3,20 - 3,65 m. Deposito aluvial (GC) de matriz arcillosa, con presencia de cantos y guijarros bien transportados, de color pardo, resistencia S2, húmedo. Presencia de areniscas R2W4										
4			FIN DE APIQUE: 3,65 m										
OBSERVACIONES: Se suspende el apique por aparición del nivel freático, ya que las paredes del apique se derrumban.													



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO		Ruta del Cacao		
	APIQUE		UF4-AP44		
	FECHA		02/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS		X= 1.069.378		
			Y= 1.279.447	DIGITALIZADO POR	S. Salcedo/ T. Bastos



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP45




		PROYECTO		Ruta del Cacao												
		APIQUE		UF4-AP45		ENSAYOS DE LABORATORIO										
FECHA:		03/05/2016		SUPERVISOR		D. Martínez										
COORDENADAS		X= 1.069.576		DIGITALIZADO POR		T. Bastos										
COORDENADAS		Y= 1.279.407														
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO		HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO		C.B.R. (95% PROC.MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu (Kg/cm ²)	% MATERIA ORGÁNICA
			HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)				LL	Ip		#4	#200				
1	M1	TV	0,0 - 0,65 m. Suelo Vegetal (TV) limo arenoso, de color café oscuro, baja plasticidad.													
2	M2		0,65 - 2,60 m. Depósito aluvial (GC) matriz limo-arcillosa con algo de arena, de color naranja (oxidación), plasticidad baja, moderadamente firme. clastos de areniscas de grano medio a grueso de colores amarillentos. Clastos redondeados no esféricos de hasta 40 cm de diámetro, predominan las guijarras, se observa una orientación de los clastos. Desde 1,2 a 2,6 m. el color de la matriz es gris.													2,8
3			FIN DE APIQUE: 2,60 m.													
OBSERVACIONES: Se encuentra agua a 1,70 m. Paredes no estables.																



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.

 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP45		
	FECHA	03/05/2016	SUPERVISOR	D. Martínez
	COORDENADAS	X= 1.069.576		
		Y= 1.279.407	DIGITALIZADO POR	T. Bastos

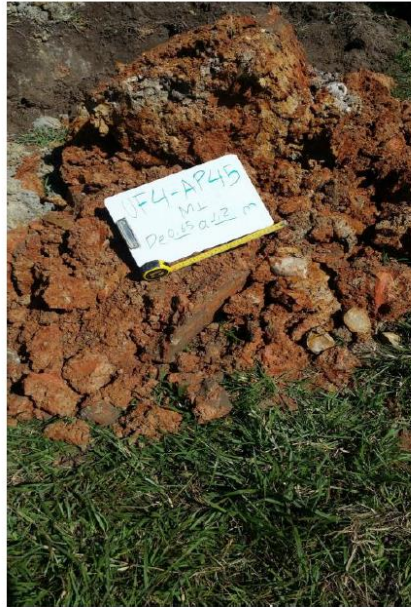


FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP46




		PROYECTO		Ruta del Cacao													
		APIQUE		UF4-AP46		ENSAYOS DE LABORATORIO											
FECHA:		10/05/2016		SUPERVISOR		D. Martínez											
COORDENADAS		X= 1.069.753		DIGITALIZADO POR		S. Salcedo											
Y= 1.279.261																	
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu (Kg/cm ²)	% MATERIA ORGÁNICA	
							HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (g/cm ³)			LL	Ip	#4	#200			
0,0 - 0,55	M1	[Diagrama de corte estratigráfico]	0,0 - 0,55 m. Depósito aluvial de matiz limo arcillosa (GC) de color pardo medio, plasticidad media, S4, con presencia de clastos y bloques de areniscas de grano fino y lodolitas grises. Los clastos presentan geometría redondeada, no esférica, de hasta 60 cm de diametro.														
0,55 - 1,80	M2	[Diagrama de corte estratigráfico]	0,55 - 1,80 m. Depósito aluvial, matriz arenosa (GP) de grano medio a grueso, con presencia de anfíboles de color pardo claro, no plástico disgregable, con clastos y bloques de arenisca y lodolitas de tonalidad rojizas y granitos de hasta 40 cm de diametro, con geometría subredondeada a redondeada, no esférica.													2,7	
FIN DE APIQUE: 1,80 m																	
OBSERVACIONES: Final del apique por resistencia al avance, este apique no posee suelo vegetal, el apique se mueve 50 m aproximadamente en dirección 125° desde la posición teórica del apique. .																	



FOTO.1 .ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.

 	PROYECTO	Ruta del Cacao	
	APIQUE	UF4-AP46	
	FECHA	10/05/2016	SUPERVISOR
	COORDENADAS	X= 1,069,751	D. Martinez
		Y= 1.279.261	DIGITALIZADO POR
			S. Salcedo

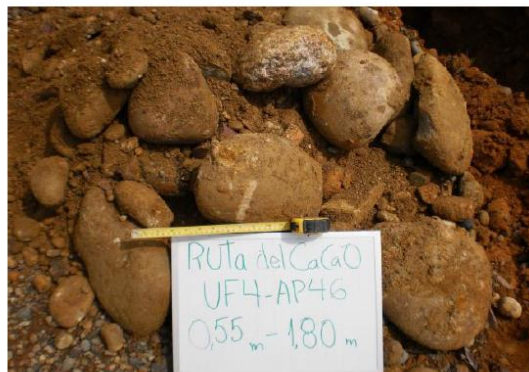


FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF3-AP47



 		PROYECTO		Ruta del Cacao														
		APIQUE		UF3-AP47		ENSAYOS DE LABORATORIO												
		FECHA:	COORDENADAS		SUPERVISOR									H. Hernandez				
				DIGITALIZADO POR		S. Salcedo/ T. Bastos												
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu (Kg/cm ²)	
										HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)	C.B.R. (65% PROC. MODIF.)	LL	Ip	#4	#200		
0.0 - 0.40			Suelo vegetal arenoso rico en materia orgánica, de tonalidad gris oscuro frías con relleno heterogéneo, principalmente con material de origen aluvial.															
0.40 - 1.50	M1		Material arenoso arcilloso (GP) de tonalidad ocre a negro, aluvial no cohesivo, suelto, friable, compactación moderada, plástico, con textura de grano medio a fino, con presencia de cantos y guijarros de diámetros variados.															
1.50 - 2.80	M2		Material arcilloso (GC) conglomerático, aluvial, de tonalidad ocre, plástico, cohesivo, con presencia de cantos de diámetros variados.															
			FIN DE APIQUE: 2.80 m															
OBSERVACIONES: Finalización del apique por resistencia al avance.																		



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO		Ruta del Cacao		
	APIQUE		UF3-AP47		
	FECHA		12/04/2016	SUPERVISOR	H. Hernandez
	COORDENADAS		X= 1.070.054		
			Y= 1.279.091	DIGITALIZADO POR	S. Salcedo/ T. Bastos



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP48

ferrovial		PROYECTO		Ruta del Cacao											
KELB		APIQUE		UF4-AP48		ENSAYOS DE LABORATORIO									
FECHA:		01/06/2016		SUPERVISOR		D. Moreno									
COORDENADAS		X= 1.070.107		DIGITALIZADO POR		T. Bastos									
COORDENADAS		Y= 1.279.092													
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO			HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			LÍMITES ATTERBERG	GRANULOMETRÍA (% PASA)	COMPRESIÓN SIMPLE Cu (Kg/cm ²)	
			HUMEDAD	ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)				C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LL	Ip				#4
1	M1	[Diagrama de corte estratigráfico]	0,0 - 2,10 m. Depósito aluvial arcillo arenoso de color naranja amarillento, con tonalidades rojizas debido al alto grado de oxidación, plástico, S1. Se observan gravas tamaño canto de cuarzoareniscas con minerales arcillosos producto de alteración de feldespatos, (GC)												
2			2,10 - 2,50 m. Cambia a color crema, muy húmedo, cantos bien redondeados de cuarzoareniscas (GC)												
3			FIN DE APIQUE: 2,50 m												
OBSERVACIONES: Paredes inestables, se detiene el apique por derrumbe. Nivel freático a 2,30 m. Se mueve unos metros desde las coordenadas teóricas.															



FOTO 1 - PANORÁMICA.



FOTO 2 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.

	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP48		
	FECHA	01/06/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.070.107		
	Y= 1.279.092	DIGITALIZADO POR	T. Bastos	



FOTO 3- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF3-AP49

ferrovial		Ruta del Cacao				ENSAYOS DE LABORATORIO												
PROYECTO		UF3-AP49																
APIQUE		FECHA: 04/05/2016		SUPERVISOR: D. Moreno.														
COORDENADAS		X=1.070.278		DIGITALIZADO POR: K. Rueda/D. Moreno.														
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO		LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu (kg/cm ²)	% MATERIA ORGÁNICA	COLAPSO L: (%)	
	CORTE ESTRATIGRÁFICO								HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)	C.B.R. (85% PROC.MODIF.)	LL	Ip	#4	#200			
0.0 - 0.8 m	TV	Relleno heterogeneo con parte de suelo vegetal (TV) de arcillas de color oscuro.																
0.8 - 1.95 m	M1	Suelo arenolimoso (SM), grano muy fino, bien redondeado, blando (s1) ligeramente plastico, ligeramente cohesivo, disgregable de color marron, con presencia de limolita R1W5															1,3	0,1
1.95 - 2.5 m	M2	Suelo arcilloso (CH) con arenas de grano fino a medio, muy plastica, cohesiva, de color gris y rojizas debido a la oxidacion, con minerales micáceos y cuarzo, N. freático a los 2.4 m.																
2.5 - 2.65 m		Deposito aluvial (GC) de matriz arcillosa de resistencia S1, moderadamente plastico con presencia de guijas y cantos R2 W4, areniscas de grano fino.																
		FIN DE APIQUE: 2,65 m																
OBSERVACIONES: Se finaliza apique por resistencia al avance.																		



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF3-AP49		
	FECHA	04/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno.
	COORDENADAS	X= 1.070.278		
		Y=1.278.988	DIGITALIZADO POR	K. Rueda/D. Moreno.



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP50

ferrovial E.L.B. EVALUACIÓN Y LABORATORIO		PROYECTO		Ruta del Cacao											
		APIQUE		UF4-AP50		ENSAYOS DE LABORATORIO									
FECHA:		27/06/2016		SUPERVISOR		D. Moreno									
COORDENADAS		X= 1.070.532		DIGITALIZADO POR		T. Bastos									
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO		HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO		C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE (Kg/cm ²)
								HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)		LL	Ip	#4	#200	
		TV	0,00 - 0,20 m. Suelo vegetal limoso de color pardo con abundantes raíces.												
		R	0,20 - 0,80 m. Relleno de material arcilloso color naranjas.												
1	M1	•••••	0,80 - 2,00 m. Depósito aluvial arenoso de grano medio con presencia de cantos y guijos y guijarras, bien redondeados. Las gravas son cuarzo-arenitas, calizas y areniscas, (GW)												
2			2,00 - 2,70 m. Depósito aluvial con arenas de grano grueso con cantos, guijas y guijarras bien redondeados de areniscas.												
3															
			FIN DE APIQUE: 2.70 m												
OBSERVACIONES: Nivel freático a los 2,50 m.															



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO		Ruta del Cacao	
	APIQUE		UF4-AP50	
	FECHA	27/06/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.070.532		
		Y= 1.278.950	DIGITALIZADO POR	T. Bastos



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF3-AP51



 		PROYECTO		Ruta del Cacao													
		APIQUE		UF3-AP51		ENSAYOS DE LABORATORIO											
		FECHA:	28/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno												
COORDENADAS	X=1.070.858 Y=1.278.699	DIGITALIZADO POR	D. Piamonte														
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO		HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE		
										HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)	C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LL	Ip	#4	#200	Qu (Kg/cm ²)
			0,00 m - 0,90 m. Suelo vegetal (TV) arcilloso de color negro, muy orgánico.														
1	M1		0,90 m - 1,30 m. Depósito aluvial arcillo-arenoso (GC) pardo y tonos rojizos por oxidación, plástico, orgánico, disgregable, granos gruesos a bloques >40 cm, presenta cuarzo arenitas, areniscas, R2, W4.														
2	M1		1,30 m - 1,80 m. Misma litología (GC) con un cambio de color, color negro, presencia de abundante materia orgánica.														
3	M1		1,80 m - 2,85 m. Depósito de matriz areno-arcillosa (GC) de grano grueso hasta bloques, cuarzoareniscas y areniscas R1, W5, color pardo y tonalidades rojizas de alta oxidación.														
			FIN DE APIQUE: 2,85 m														
OBSERVACIONES: Paredes estables.																	



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF3-AP51		
	FECHA	28/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.070.858 Y= 1.278.699		
		DIGITALIZADO POR	D. Piamonte	



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP53

ferrovial		PROYECTO				Ruta del Cacao									
E.L.B.		APIQUE		UF4-AP53		ENSAYOS DE LABORATORIO									
FECHA:		26/05/2016		SUPERVISOR		D. Moreno									
COORDENADAS		X= 1.071.081		DIGITALIZADO POR		T. Bastos									
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			C.B.R. (85% PROC. MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu. (Kg/cm ²)
							HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)			LL	Ip	#4	#200	
			0,0 - 0,10 m. Suelo vegetal (TV) arcilloso color pardo.												
1	M1		0,10 - 1,10 m. Depósito coluvial arcillo limoso (CL), orgánico, moderadamente firme S3, plástico, de color pardo con tonalidades rojizas y amarillentas por oxidación, cantos y guijarros subredondeados y angulares, con presencia de cuarzo areniscas y rocas graníticas.												
2	M2		1,10 - 1,95 m. Limolita de matriz arenosa de grano muy fino, R2, W4, de color gris con tonalidades violetas, moderadamente disgregable.												
3	M3		1,95 - 3,05 m. Arcillolita fisil de color gris con tonalidades rojizas por oxidación, materiales orgánicos, R1, W5, disgregable, con presencia de micas y granos muy finos.												
4			FIN DE APIQUE: 3,05 m												
OBSERVACIONES: Se suspende el apique por máxima longitud del brazo. Estabilidad en las paredes.															



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.

	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP53		
	FECHA	26/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.071.081		
		Y= 1.278.506	DIGITALIZADO POR	T. Bastos



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF3-AP54

ferrovial E.L.B. EVALUACIÓN DE LABORATORIO		PROYECTO		Ruta del Cacao				ENSAYOS DE LABORATORIO										
		APIQUE	UF3-AP54															
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	FECHA:		SUPERVISOR	D. Moreno												
			COORDENADAS															
				28/06/2016														
				X= 1.074.195		DIGITALIZADO POR												
				Y= 1.278.337		T. Bastos												
			DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO		C.B.R. (85% PROC. MODIF.)		LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE
										HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)	C.B.R.	LL	Ip	#4	#200	Qu (Kgr/cm ²)	
1	M1		0,0 - 0,70 - Suelo residual arenoso, S3, con presenciade micas y raices, color pardo. (SW)															
2			0,70 - 2,10 m. Suelo residual arenoso de grano fino, húmedo, S1, color pardo, (SW)															
3	M2		2,10 - 3,30 m. Depósito aluvial de matriz arcillosa, con presencia de gravas de areniscas de tamaño guijos y bloques. La matriz es color gris oscuro con tonalidades naranja, (GC).															
4			FIN DE APIQUE: 3,30 m.															
OBSERVACIONES: .																		



FOTO 1 - PANORÁMICA



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF3-AP54		
	FECHA	28/06/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.071.195 Y= 1.278.337		
		DIGITALIZADO POR	T. Bastos	



FOTO 23 - MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF3-AP55

ferrovial CEL.B SOLUCIONES PARA TI		PROYECTO		Ruta del Cacao				ENSAYOS DE LABORATORIO										
		APIQUE		UF3-AP55		SUPERVISOR										D. Moreno		
FECHA:		25/05/2016		COORDENADAS		X=1.071.351		Y=1.278.333		DIGITALIZADO POR		D. Piamonte						
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)	COMPRESIÓN SIMPLE Cu (Kg/cm ²)	
			HUMEDAD OPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)	LL	Ip				#4	#200							
0,00	M1		0,00 m - 0,60 m. Suelo residual arcilloso (OH) con matriz limosa, resistencia S1, de color gris claro con tonalidades rojizas por oxidación, orgánico, moderadamente plástico, disgregable.															
1	M2		0,60 m - 1,50 m. Suelo residual limoso (OL) de color gris y tonalidades pardas debido a la oxidación, ligeramente plástico, cohesivo, moderadamente disgregable, moderadamente firme S3, con presencia de limolitas R2, W4.															
2	M3		1,50 m - 2,70 m. Limolitas de la Formación Mugrosa de color gris con tonalidades violetas claras R1, W4, altamente oxidadas con presencia de materiales orgánicos.															
3			FIN DE APIQUE: 2,70 m															
OBSERVACIONES:																		



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE			
	FECHA	25/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X=1.071.351		
		Y= 1.278.333	DIGITALIZADO POR	D. Piamonte



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP56

ferrovial		PROYECTO		Ruta del Cacao				ENSAYOS DE LABORATORIO										
E.L.B.		APIQUE		UF4-AP56		SUPERVISOR		D. Moreno										
		FECHA:		12/05/2016		DIGITALIZADO POR		T. Bastos										
		COORDENADAS		X= 1.071.606														
				Y= 1.278.145														
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO		C.B.R. (95% PROC.MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESION SIMPLE Qu (Kg/cm ²)	% MATERIA ORGANICA
			HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)	LL	lp				#4	#200							
0,0 - 0,40 m			Suelo Vegetal (TV) arcilloso de color gris.															
0,40 - 0,95 m	M1		Suelo limoso (MH) de color marrón con fragmentos de limolitas. Ligeramente plástico, ligeramente cohesivo, moderadamente disgregable, S3, paredes inestables.															
0,95 - 1,50 m	M2		Depósito aluvial de matriz arenosa (GW), disgregable, no plástica, S2, con presencia de rocas bien redondeadas y transportadas. Cantos de areniscas de grano muy fino, de rocas graníticas y rocas carbonatadas con vetas de minerales micáceos.															2,7
			FIN DE APIQUE: 1,50 m.															
OBSERVACIONES: Fin de apique por inestabilidad de las paredes.																		







FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



FOTO 2 - MATERIALES EXTRAÍDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP57

		PROYECTO		Ruta del Cacao											
		APIQUE		UF4-AP57		ENSAYOS DE LABORATORIO									
		FECHA:	12/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno										
		C.OORDENADAS	X= 1.071.752 Y= 1.277.945	DIGITALIZADO POR	T. Bastos										
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO		HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO		LÍMITES ATTERBERG	GRANULOMETRÍA (% PASA)	COMPRESIÓN SIMPLE Ou (kg/cm ²)			
								HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)	C.B.R. (85% PROC. MODIF.)	LL	Ip	#4	#200	
			0,0 - 0,50 m. Capa Vegetal (TV) arcillo limosa de color gris a negro.												
1	M1		0,50 - 1,40 m. Suelo areno arcilloso (SC) orgánico, color pardo oscuro, plástico, cohesivo, ligeramente disgregable, firme, S4, con cantos de areniscas de grano medio de color gris.												
2	M2		1,40 - 2,70 m. Suelo limoso arenoso (ML), fosfático, de color gris con vetas rojas, plástico, cohesivo, firme, S4, con fragmentos de areniscas de grano muy fino con presencia de micas y algunas rocas transportadas de origen granítico con minerales arcillosos producto de la alteración de feldespatos, oxidadas.												
3			FIN DE APIQUE: 2,70 m.												

OBSERVACIONES: Se suspende el apique por máximo esfuerzo del brazo del máquina. Paredes moderadamente estables.



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



FOTO 2- MATERIALES EXTRAÍDOS DEL APIQUE.

Apique UF3-AP58

ferrovial		PROYECTO		Ruta del Cacao											
E.L.B.		APIQUE	UF3-AP58		ENSAYOS DE LABORATORIO										
		FECHA:	27/05/2016		SUPERVISOR	D. Moreno									
		COORDENADAS	X=	1.071.926	DIGITALIZADO POR	D. Plamonte									
			Y=	1.277.900											
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO			HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO		C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu (Kg/cm ²)
		DESCRIPCIÓN DEL TERRENO						HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)		LL	Ip	#4	#200	
		0,00 m - 0,05 m. Capa vegetal (IV) arcillosa muy orgánica.													
1	M1	0,05 m - 1,40 m. Suelo residual limo arcilloso (OL) de color gris con tonalidades pardas debido a oxidación, moderadamente firme S3, plástico, ligeramente disgregable, muy orgánico, al descender un poco cambia a color marrón claro, volviéndose un poco mas plástico.													
2	M2	1,40 m - 2,75 m. Lutita de matriz limosa de color gris oscuro, húmeda, R1, W4, oxidada, ligeramente disgregable.													
3		FIN DE APIQUE: 2,75 m													
OBSERVACIONES: Paredes estables. Fin del apique por máxima longitud del brazo.															



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF3-AP58		
	FECHA	27/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.071.926		
		Y= 1.277.900	DIGITALIZADO POR	D. Piamonte



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF3-AP59

ferrovial E.L.B. EVALUACIÓN Y LABORATORIO		PROYECTO		Ruta del Cacao				ENSAYOS DE LABORATORIO										
		APIQUE	UF3-AP59															
PROFUNDIDAD (m)		FECHA:		SUPERVISOR		DIGITALIZADO POR		PRÓCTOR MODIFICADO		LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu (Kgf/cm ²)				
		COORDENADAS	X=	Y=	D. Martinez											S. Salcedo		
MUESTRA		CORTE ESTRATIGRÁFICO		DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)	C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LL	Ip	#4	#200	
M1		0,0 - 0,2 m.		Suelo residual arcilloso (CL), no cohesivo, firme, gravas de areniscas, subangulares.														
M2		0,20 - 1,10 m.		Suelo residual arcilloso (CL) de la Formación Esmeraldas, plástico, firme, cohesivo, grisáceo.														
M3		1,10 - 2,10 m.		Fm. Esmeraldas . Arcillolita con algo de limos, grisáceo oscuro, resistencia R2, moderadamente meteorizado.														
				FIN DE APIQUE: 2,10 m														
OBSERVACIONES: Final del apique por resistencia al avance, El suelo vegetal es minimo por lo que no se toma en consideración.																		



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.

	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF3-AP59		
	FECHA	17/05/2016	SUPERVISOR	D. Martinez
	COORDENADAS	X= 1.072.173		
		Y= 1.277.887	DIGITALIZADO POR	S. Salcedo

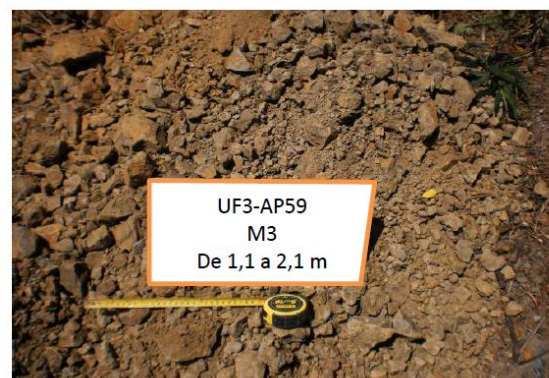


FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF3-AP60

ferrovial E.L.B. SOLUCIONES Y SERVICIOS		PROYECTO		Ruta del Cacao				ENSAYOS DE LABORATORIO											
		APIQUE		UF3-AP60		SUPERVISOR								D. Moreno					
PROFUNDIDAD (m)		MUESTRA		FECHA:		COORDENADAS		DIGITALIZADO POR		S. Salcedo		PRÓCTOR MODIFICADO HUMEDAD ÓPTIMO (%) DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³) C.B.R. (95% PROC. MODIF.) LÍMITES ATTERBERG LL Ip GRANULOMETRÍA (% PASA) #4 #200 COMPRESIÓN SIMPLE Qu (Kg/cm ²)							
		CORTE ESTRATIGRÁFICO		16/05/2016		X= 1.072.299 Y= 1.277.862													
				DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)		DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)							
				0,0 - 0,20 m. Suelo vegetal limoso color pardo.															
1		M1		0,20 - 2,10 m. Depósito coluvial de matriz arenosa (SM) algo limosa, de grano muy fino, orgánico, color pardo oscuro, disgregable, blando a moderadamente firme, resistencia S2-S3, no plástico, ligeramente cohesivo.															
2				2,10 - 2,90 m. Depósito coluvial con matriz limosa (GM) con presencia de areniscas conglomeráticas, rocas graníticas bien transportadas, cantos y guijarras con matriz arenosa de grano muy fino, no plástico, disgregable, no cohesivo, resistencia S3.															
3				FIN DE APIQUE: 2,90 m															
				OBSERVACIONES: Se encontro red de fibra optica a los 2,50 m, paredes estables.															



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



FOTO 2 - MATERIALES EXTRAÍDOS DEL APIQUE

Apique UF4-AP61


		PROYECTO		Ruta del Cacao				ENSAYOS DE LABORATORIO										
		APIQUE		UF4-AP61		SUPERVISOR										D. Moreno		
		FECHA:		29/06/2016		DIGITALIZADO POR										T. Bastos		
COORDENADAS		X=1.072.350		Y= 1.277.915														
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm ²)	
										HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (g/cm ³)	C.B.R. (95% PROC.MODIF.)	LL	Ip	#4	#200		
0,0 - 0,30m.	TV		Suelo vegetal color marrón claro, areno-arcilloso															
0,30 - 0,95 m.	M1		Depósito fluvio-lacustre gravoso, tamaños hasta bloques de rocas graníticas, cuarzo-arenitas, matriz S1, (GW)															
0,95 - 1,80 m.	M2		Depósito fluvio-lacustre arcilloso de color gris medio, S2, muy plástico, presencia de gravas, (GC).															
1,80 - 2,40 m.	M3		Turba arcillo-arenosa, plástica, color gris a negro, S3, (PT).															
2,40 - 3,40 m.			Suelo residual arenoso de grano muy fino, gris oscuro, húmedo, S1-S2, poco, (SC).															
			FIN DE APIQUE: 3,40 m															
OBSERVACIONES: Fin del apique por máximo alcance de la máquina.																		



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO		Ruta del Cacao	
	APIQUE		UF4-AP61	
	FECHA	29/06/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X=1.072.350		
		Y= 1.277.915	DIGITALIZADO POR	T. Bastos



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF3-AP62

ferrovial		PROYECTO		Ruta del Cacao										
E.L.B. INGENIERIA Y OBRAS SALES		APIQUE		UF3-AP62		ENSAYOS DE LABORATORIO								
		FECHA:		SUPERVISOR										
		COORDENADAS		DIGITALIZADO POR										
		16/05/2016		D. Moreno										
		X= 1.072.418		S. Salcedo										
		Y= 1.277.801												
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRAFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm ²)
							HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)	C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LL	Ip	#4	#200	
			0,0 - 0,35 m. Suelo vegetal (TV) con material arcilloso de color oscuro.											
1	M1		0,35 - 1,40 m. Suelo limo arcilloso (OH) de color gris con diferentes tonalidades de pardo debido a la oxidación, plástico, moderadamente firme, resistencia S3, cohesivo, orgánico.											
2	M2		1,40 - 2,85 m. Suelo limoso (ML) con matriz ligeramente arenosa de grano muy fino, ligeramente plástico, firme, resistencia S3-S4, moderadamente cohesivo, ligeramente disgregable, minerales micáceos, orgánico de color gris presencia de limolitas R2W4											
3			FIN DE APIQUE: 2,85 m											
OBSERVACIONES: Final del apique por llegar al maximo esfuerzo de la maquina, paredes del mismo resistentes.														



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



FOTO 2 - MATERIALES EXTRAÍDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP63


		PROYECTO		Ruta del Cacao											
		APIQUE		UF4-AP63		ENSAYOS DE LABORATORIO									
		FECHA:	19/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno										
COORDENADAS	X= 1.072.551	Y= 1.277.742	DIGITALIZADO POR	T. Bastos/D. Moreno											
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO			HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO		C.B.R. (95% PROC.MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA #200)	COMPRESIÓN SIMPLE Qu (kg/cm ²)
						HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)	LL	SP	PL					
	M1		0,0 - 1,15 m. Suelo aluvial (sW) color gris pardo de matriz arenosa de grano fino.												
1	M2		1,15 - 1,80 m. (CL) Suelo residual arcillo-arenoso de color gris a pardo, plástico, cohesivo, orgánico, moderadamente oxidado, S2.												
2	M3		1,80 - 3,10 m. Suelo residual (OH) arcilloso ligeramente limoso, de color gris, muy plástico, cohesivo, S2, orgánico, moderadamente oxidado.												
3															
4			FIN DE APIQUE: 3,10 m.												
OBSERVACIONES: Se finaliza el apique porque se alcanza la máxima longitud del brazo de la máquina. Paredes estables.															



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP63		
	FECHA	19/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.072.551		
		Y= 1.277.742	DIGITALIZADO POR	T. Bastos/D. Moreno



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP63A

PROYECTO		Ruta del Cacao													
APIQUE		UF4-AP63A		ENSAYOS DE LABORATORIO											
FECHA:		27/07/2016	SUPERVISOR		D. Rico										
COORDENADAS		X= 1.072.586	DIGITALIZADO POR		D. Plamonte										
		Y= 1.277.596													
		Z= 191													
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			C.B.R. (85% PROC. MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		Sales Solubles (% NcI)
							HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MÁX (g/cm ³)			LL	Ip	#4	#200	
1	M1		0,00 m a 1,70 m. Depósito coluvial. Matriz arcillo-limosa (CL), color ocre claro, plasticidad media, S4. Presencia de fragmentos angulares de arenisca de grano medio y colores de oxidación.	27,1			7,5	1,897		49	30	100	85,9		
2	M2		1,70 m a 3,00 m. Depósito coluvial. Matriz arcillosa de alta plasticidad (CH) color gris claro, S3. Presencia de fragmentos angulares de arenisca de grano medio.	30,7			11,8	1,925		37	18			0,03	
3			FIN DE APIQUE: 3,00 m.												

OBSERVACIONES: Apique movido. No hay presencia de agua. Paredes estables. Apique finalizado por capacidad máxima de la excavadora.



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



FOTO 2 - PANORÁMICA.

Apique UF4-AP64A


		PROYECTO				Ruta del Cacao												
		APIQUE		UF4-AP64A		ENSAYOS DE LABORATORIO												
		FECHA:	27/07/2016	SUPERVISOR	D. Rico													
COORDENADAS		X= 1.072.602	Y= 1.277.628	Z= 182	DIGITALIZADO POR		D. Piamonte											
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO			HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		SALES SOLUBLES (% NaCl)	
									HUMEDAD ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)	#4		#200	LL	Ip	#4		#200
1			0,00 m a 1,90 m. Relleno antrópico para gavión. Matriz limosa (ML) de baja plasticidad, color café claro, S2. Alta presencia de fragmentos de roca angulares y redondeados de hasta 7 cm.															
2	M1		1,90 m a 3,10 m. Relleno antrópico. Matriz arcillo-limosa (CL), plasticidad media a baja, S5, color café claro y gris. Presencia leve de fragmentos pequeños de roca subredondeados.	21,6								38	20	100	81,19	0,02		
3			FIN DE APIQUE: 3,10 m.															
OBSERVACIONES: El apique se realizó en medio de dos cañadas y dos gaviones, no se pudo mover debido a lo complicado del terreno con el fin de evitar el relleno de los gaviones. Paredes inestables hasta 1,90 m. Infiltración de agua a 1,90 m.																		



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



FOTO 2 - PANORÁMICA.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP64A		
	FECHA	27/07/2016	SUPERVISOR	D. Rico
	COORDENADAS	X= 1.072.602		
		Y= 1.277.628	DIGITALIZADO POR	D. Piamonte
Z= 182				



FOTO 3 - MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP64



		PROYECTO		Ruta del Cacao				ENSAYOS DE LABORATORIO									
		APIQUE	UF4-AP64														
		FECHA:	28/06/2016		SUPERVISOR	D. Moreno											
		COORDENADAS	X= 1.072.686 Y=1.277.569		DIGITALIZADO POR	T. Bastos											
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO		LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu (Kg/cm ²)	
1	M1		0,0 - 0,70 m. Suelo residual limo-arenoso de color gris claro, de grano fino, S4, no plástico, disgregable, (MH).														
2	M2		0,70 - 2,70 m. Limolita con intercalaciones de arenisca, color gris oscuro con tonalidades naranjas, presencia de micas, R1, W4.														
3			FIN DE APIQUE: 2,70 m.														
OBSERVACIONES: Fin del apique por resistencia al avance.																	



FOTO 1 - PANORÁMICA.



FOTO 2 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP64		
	FECHA	28/06/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.072.686		
		Y=1.277.569	DIGITALIZADO POR	T. Bastos



FOTO 3 - MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

Apique UF4-AP65

ferrovial		PROYECTO				Ruta del Cacao													
E.L.B.		APIQUE		UF4-AP65		ENSAYOS DE LABORATORIO													
		FECHA:		SUPERVISOR															
		COORDENADAS		DIGITALIZADO POR															
		18/05/2016		D. Moreno															
		X= 1.072.891		T. Bastos/D. Moreno															
		Y= 1.277.434																	
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CORTE ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	PRÓCTOR MODIFICADO			C.B.R. (95% PROC. MODIF.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (% PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE Qu (Kg/cm ²)	
			HUMEDAD	ÓPTIMO (%)	DENSIDAD SECA	MAX (gr/cm ³)				LL	Ip	#4		#200					
			0,0 - 0,90 m. Relleno heterogéneo, material compactado.																
1	M1		0,90 - 1,65 m. Suelo residual (OL) limo arenoso de grano muy fino, plástico, cohesivo, ligeramente disgregable, de color pardo, orgánico, resistencia S3, con presencia de areniscas de grano muy fino a fino.																
2	M2		1,65 - 2,90 m. Suelo residual (OH) arcillo-limoso de granos muy finos, plástico de color gris, S4, muy oxidado.																
3																			
4																			
			FIN DE APIQUE: 2,90 m																
OBSERVACIONES: Fin del apique por capacidad de la máquina, paredes resistentes.																			



FOTO 1 - ASPECTO GLOBAL DEL APIQUE.



 	PROYECTO	Ruta del Cacao		
	APIQUE	UF4-AP65		
	FECHA	18/05/2016	SUPERVISOR	D. Moreno
	COORDENADAS	X= 1.072.891		
		Y= 1.277.434	DIGITALIZADO POR	T. Bastos/D. Moreno



FOTO 2- MATERIALES EXTRAIDOS DEL APIQUE.

ANEXO B. SONDEOS



CAJA 1 - 0,0 a 2,80 m



CAJA 2 - 2,80m a 5,60m



CAJA 3 - 5,60m a 8,65m



CAJA 4 - 8,65m a 10,35m



CAJA 5 - 10,35m a 12,75m



CAJA 6 - 12,75m a 15,50m



CAJA 7 - 15,50 m a 17,80 m



Caja 1 - 0,0 m a 3,30 m



Caja 2 - 3,30 m a 6,30 m



Caja 3 - 6,30 m a 9,30 m



Caja 4 - 9,30 m a 12,3 m



Caja 5 - 12,30 m a 15,20 m



Caja 6 - 15,20 m a 18,00 m

DIRECCIÓN TÉCNICA		PROYECTO: Concesión Vial Bucaramanga - Barrancabermeja - Yondó - BBY - Unidad Funcional 3																																							
		SONDEO N°: UF3-S22		HOJA: 2		DE: 2		FECHA: 21 abril - 25 abril 2016		SUPERVISOR: M. Camacho																															
		X: 1.071.494		Y: 1.278.215		Z: 205		DIGITADO POR: S. Salcedo		EMPRESA: G3		TIPO DE SONDA: Rolatec 46C																													
PERFORACIÓN	TIPO	Ø	PROFUNDIDAD(m.)	CORTE LITOLÓGICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	RECUPERACIÓN %				MUESTRAS Y ENSAYOS				R. Q. D. %		GRADO DE METEORIZACIÓN	BUZAMIENTO DE LA DISCONTINUIDAD PRINCIPAL	HUMEDAD NATURAL (%)	DENSIDAD SECA (gram.)	LÍMITES ATTERBERG		GRANULOMETRÍA (%PASA)		COMPRESIÓN SIMPLE		DEFORMACIÓN EDOMÉTRICA					QUÍMICOS			RESISTENCIA AL CORTE	COLAPSO						
						20	40	60	80	TIPO Y COTA (l)	N30	20	40	60	80					I	II	III	IV	V	10°30'	45°00'	75°	WL	IP	#4	#200	CU (Kp/cm.)	E %			POINT LOAD (Kp/cm.)	e ₁	Cc	Mo	So ₃	CO ₂ Ca
	TD	86	21.00		De 21.40 a 31.40 m, continua arcillolita con resistencia R1.					20.20m																															
	TD	86	22.00									TP7																													
	TD	86	23.00																																						
	TD	86	24.00																																						
	TD	86	25.00																																						
	TD	86	26.00									25.23m																													
	TD	86	27.00									TP8																													
	TD	86	28.00									25.55m																													
	TD	86	29.00																																						
	TD	86	30.00									27.2m																													
	TD	86	31.00									TP9																													
	TD	86	31.40							27.4m																															
	TD	86	31.40							28.7m																															
	TD	86	31.40							TP10																															
	TD	86	31.40							29.2m																															
	TD	86	31.40							TP11																															
	TD	86	31.40							31.4m																															
			32.00																																						
			33.00																																						
			34.00																																						
			35.00																																						
			36.00																																						
			37.00																																						
			38.00																																						
			39.00																																						
			40.00																																						
			41.00																																						
			42.00																																						
			43.00																																						
			44.00																																						
			45.00																																						
			46.00																																						
			47.00																																						
			48.00																																						
			49.00																																						
			50.00																																						
			51.00																																						
			52.00																																						
			53.00																																						
			54.00																																						
			55.00																																						
			56.00																																						
			57.00																																						
			58.00																																						
			59.00																																						
			60.00																																						
			61.00																																						
			62.00																																						
			63.00																																						
			64.00																																						
			65.00																																						
			66.00																																						
			67.00																																						
			68.00																																						
			69.00																																						
			70.00																																						
			71.00																																						
			72.00																																						
			73.00																																						
			74.00																												</										



Caja 1 - 0,0 m a 3,20 m



Caja 2 - 3,20 m a 6,00 m



Caja 3 - 6,00 m a 9,00 m



Caja 4 - 9,00 m a 11,65 m



Caja 5 - 11,65 m a 14,40 m



Caja 6 - 14,40 m a 17,20 m



Caja 7 - 17,20 m a 20,20 m



Caja 8 - 20,20 m a 23,20 m



Caja 9 - 23,20 m a 26,20 m



Caja 10 - 26,20 m a 29,20 m



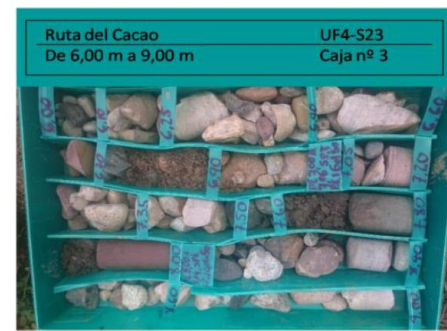
Caja 11 - 29,20 - 31,40 m



CAJA 1 - 0,0m a 3,0m



CAJA 2 - 3,0m a 6,00m



CAJA 3 - 6,0m a 9,0m



CAJA 4 - 9,0m a 12,0m



CAJA 5 - 12,0m a 15,0m



Caja 1 - 0,0 m a 3,20 m



Caja 2 - 3,20 m a 6,30 m



Caja 3 - 6,30 m a 9,30 m



Caja 4 - 9,30 m a 12,30 m



Caja 5 - 12,30 m a 14,75 m



Caja 6 - 14,75 m a 17,75 m



Caja 7 - 17,75 m a 18,90 m



Caja 1 - 0,0 m a 3,00 m



Caja 2 - 3,00 m a 6,00 m



Caja 3 - 6,00 m a 9,00 m



Caja 4 - 9,00 m a 12,00 m



Caja 5 - 12,00 m a 15,00 m



Caja 6 - 15,00 m a 20,10 m



Caja 7 - 20,10 m a 23,00 m



Caja 1 - 0,00 m a 3,12 m



Caja 2 - 3,12 m a 6,10 m



Caja 3 - 6,10 m a 9,75 m



Caja 4 - 9,75 m a 12,73 m



Caja 5 - 12,73 m a 15,60 m



Caja 6 - 15,60 m a 18,72 m



Caja 7 - 18,72 m a 21,60 m



Caja 8 - 21,60 m a 23,40 m



Caja 1 - 0,00 m a 4,60 m



Caja 2 - 4,60 m a 8,88 m



Caja 3 - 8,88 m a 12,92 m



Caja 4 - 12,92 m a 18,00 m

ANEXO C. REMI

CONSORCIO FERROCOL SANTANDER



RUTA DEL CACAO
Concesión Corredor Vial
Bucaramanga - Barrancabermeja - Yondó
Unidad Funcional 3: Subsector (La Fortuna - Puente La Paz)
Unidad Funcional 4: La Fortuna - Puente La Paz.

Estudios geofísicos.

INDICE

1.	Presentación y objetivos.....	4
1.1.	Equipo técnico del estudio.....	4
1.2.	Medios materiales.....	5
2.	Metodología de trabajo.....	6
2.1.	El método Sísmico de Refracción.....	6
2.2.	El método de la Sísmica Pasiva.....	8
3.	Descripción del trabajo realizado.....	12
3.1.	Sísmica Pasiva (ReMi).....	12
		13
4.	Procesado de los datos y presentación de los resultados.....	14
4.1.	Medidas de Sísmica Pasiva (ReMi).....	14
5.	Resultados del estudio.....	15
5.1.	Resultados de las medidas ReMi.....	15

FIGURAS

1. Esquema simplificado de los diferentes caminos seguidos por las ondas de compresión en el terreno.
2. Relaciones entre las velocidades de las ondas de compresión (V_p), de cizalla (V_s) y las ondas superficiales *Rayleigh* (C_R).
3. Propiedades características de la transmisión de las ondas *Rayleigh*.
4. Concepto de dispersión en la transmisión de las ondas superficiales.
5. Esquema explicativo del procesado de los registros en el método de la Sísmica Pasiva.
6. Clasificación de los suelos según International Building Code (IBC)
7. Modelo 1D de los UF4-REMI5 y UF4-REMI6 en el Puente La Paz sobre el río Sogamoso

1. PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS

En este informe se describe el reconocimiento realizado mediante métodos geofísicos en diversos puntos del trazado de la **Unidad Funcional número 3 (UF-3) Subsector (La Fortuna - Puente La Paz)** y de la **Unidad Funcional número 4 (UF-4) La Fortuna - Puente La Paz**, perteneciente al trazado **Bucaramanga - Barrancabermeja - Yondó** de la **Concesión vial Ruta del Cacao**. Estos estudios se han realizado como apoyo al reconocimiento geotécnico del terreno y han sido llevados a cabo por **International Geophysical Technology, S.L. (IGT)** en calidad de empresa especialista en el estudio del subsuelo por métodos geofísicos, atendiendo al encargo recibido del **CONSORCIO FERROCOL SANTANDER**.

Los objetivos del reconocimiento geofísico que se describe este informe han sido:

- Caracterización geotécnica del terreno para evaluar su excavabilidad en zonas de desmontes y en emboquilles de túneles mediante la determinación de la distribución de los valores de la velocidad de transmisión de las ondas P.
- Determinación de la distribución de los valores de la velocidad de transmisión de las ondas de corte (V_s) y específicamente del parámetro V_{s30} en zonas de apoyo de estructuras.

V_p y V_s son los valores de velocidad de transmisión de las ondas de compresión y de cizalla respectivamente que están relacionadas con las características geotécnicas del terreno, ya que los valores de V_p y V_s dependen del grado de compacidad e integridad de los materiales.

En el conjunto de los métodos sísmicos de superficie el más ampliamente utilizado y conocido en el ámbito de la Geotecnia es el de la **Sísmica de Refracción** (para la obtención de los valores de V_p) y también el de la **Sísmica Pasiva** (conocido también como método **ReMi**), que permite calcular los valores de V_s del terreno en función de la profundidad.

Los fundamentos y las particularidades de las metodologías de trabajo empleadas en este estudio serán descritos en los próximos capítulos de este informe, en el que además se detallan las medidas geofísicas realizadas y los resultados que se han obtenido. En el reconocimiento de la **Unidad Funcional número 3** y de la **Unidad Funcional número 4** se han estudiado 4 perfiles mediante **Sísmica de Refracción**, que suman **460 metros** y también **7 implantaciones ReMi**, según el programa de trabajo definido por el **CONSORCIO FERROCOL SANTANDER**.

1.1. Equipo técnico del estudio

En la ejecución de este trabajo ha participado el personal técnico de la plantilla de **IGT** que a continuación se relaciona indicando la función realizada por cada uno de ellos.

- Ángel Granda Sanz. Ingeniero de Minas. Supervisión el procesado de los datos y redacción del informe.
- Teresa Granda París. Ingeniero de Minas. Análisis y procesado de los datos de Sísmica de Refracción.
- Penélope Torrealba Dávila. Geóloga. Análisis y procesado de los registros de Sísmica Pasiva.

- Víctor Manuel Yagüe Álvaro. Técnico Geofísico. Responsable de la adquisición de datos en calidad de Jefe de equipo y Operador del equipo nº 1.
- Abel Vega Oviedo. Técnico Geofísico. Adquisición de datos. Operador del equipo nº 2.

1.2. Medios materiales

Para la ejecución de este reconocimiento geofísico **IGT** ha empleado dos equipos específicos para medidas sísmicas en las dos variantes empleadas, compuesto por los siguientes elementos:

- Un sismógrafo digital de 24 canales modelo *SUMMIT II Compact* (s/n 10070027) fabricado por *DMT*.
- Un sismógrafo digital de 24 canales modelo *DAQ Link II* (s/n SS040405-01-104) fabricado por *Seismic Source*.
- Geófonos verticales tipo SM-4U con una frecuencia natural de 10 Hz, fabricados por *Sensor Nederland*. (Sísmica de Refracción).
- Geófonos verticales tipo SM-4U con una frecuencia natural de 4.5 Hz, fabricados por *Sensor Nederland*. (Sísmica Pasiva).
- Programas Firstpix (*Interpex*) y Rayfract (*Intelligent Ressources*) para el procesado e interpretación de los registros sísmicos de Refracción.
- Programas RemiVspec y RemiDisper (*Optim softwares*) para el procesado de los registros de Sísmica Pasiva.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Habitualmente se emplean métodos sísmicos de superficie para la caracterización geotécnica del terreno en base a sus valores de la velocidad de transmisión de los diversos tipos de ondas sísmicas, de compresión (V_p) o de cizalla (V_s). Estos valores son tanto más altos cuanto mayor sea el grado de consolidación e integridad del terreno y por ello son considerados como indicadores geotécnicos representativos.

2.1. El método Sísmico de Refracción

Este método permite determinar la distribución de los valores de la velocidad de transmisión de las ondas de compresión (V_p) característica de los diferentes niveles del subsuelo y también el espesor de cada uno de ellos hasta el rango de profundidad investigado en cada caso y que normalmente es decenas de metros. Sus condiciones ideales de aplicación requieren que la velocidad V_p de los diferentes niveles del terreno aumente con la profundidad, al objeto de que puedan resolverse todos los niveles significativos (Ver explicación en **Figura 1**). No obstante, determinadas técnicas interpretativas permiten la caracterización de niveles con valores de V_p inferiores a los de los materiales situados por encima, siempre que la continuidad lateral de estos últimos sea limitada.

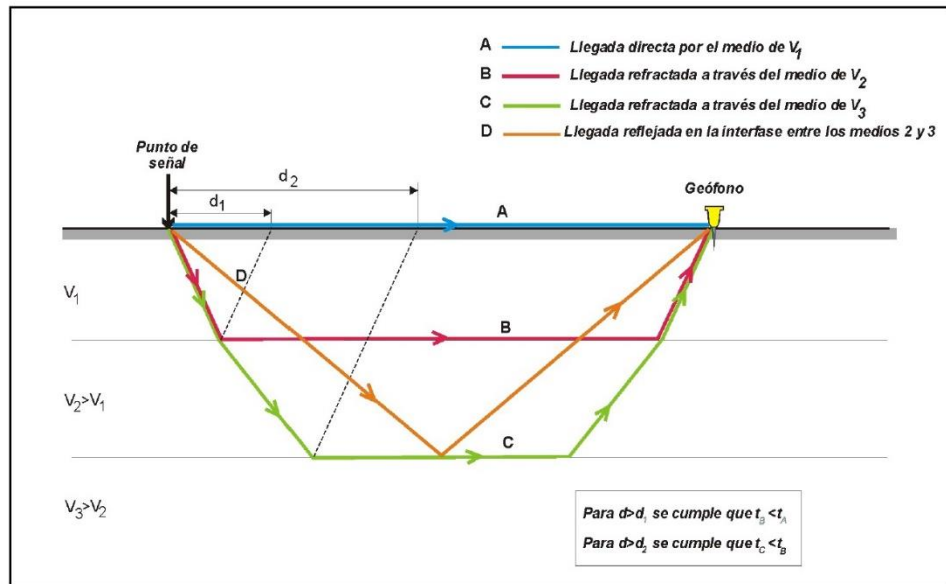


Figura 1.- Representación esquemática de los diferentes caminos seguidos por las ondas de compresión en el terreno.

Pese a ser una técnica de amplio uso en estudios geotécnicos y por lo tanto suficientemente divulgada, consideramos conveniente dar aquí una breve explicación de sus rasgos más significativos, de sus limitaciones y de los factores a considerar en la planificación y en la ejecución de los trabajos. Es importante tenerlos en cuenta para una mejor valoración de sus resultados.

La ejecución de un estudio mediante **Sísmica de Refracción** consiste en su primera fase en determinar los tiempos invertidos por una onda de compresión en llegar a través del subsuelo a una serie de sensores (geófonos) situados alineados en la superficie del terreno. Esta onda de compresión se produce por medios mecánicos liberando instantáneamente un pulso de energía mecánica en un punto determinado de la superficie del terreno, alineado con el perfil definido por los sensores.

La toma de datos en un perfil o en una implantación exige la repetición de las medidas para una serie de diferentes emplazamientos del punto donde se produce la señal (punto de tiro), sin variar la posición de los geófonos. **Se define como implantación** al conjunto de geófonos que se mantienen en una posición fija para el registro de los tiempos de llegada de las ondas de compresión correspondientes a una serie de señales sísmicas producidas en puntos diferentes de la línea definida por ellos.

El procesado posterior de los registros sísmicos constituye la segunda fase en la aplicación del método e incluye una serie de etapas básicas, comunes a cualquiera de los posibles métodos de cálculo utilizables. Se realizan normalmente con el apoyo de medios informáticos a partir de los datos digitales obtenidos en campo y son las siguientes:

- Determinación del tiempo invertido por la primera llegada de la onda compresional para llegar a cada geófono y para cada punto de señal o de tiro.
- Construcción de un gráfico (dromocrónica) tiempo-distancia llevando en abscisas las distancias desde el punto de tiro a los geófonos y en ordenadas los tiempos de llegada de la onda de compresión a cada uno de ellos. En cada implantación sísmica se obtendrán pues tantas dromocrónicas como puntos de tiro.
- Análisis de las características de la sección sísmica correspondiente a cada implantación, identificando su número de capas en función de la morfología de cada dromocrónica y de las relaciones entre ella.
- Interpretación cuantitativa de las dromocrónicas determinando la velocidad V_p y el espesor de cada nivel de la sección sísmica. Para ello existen diversos métodos tales como el del Tiempo Intersectado en el Origen o el Recíproco Generalizado, entre los más conocidos.

Los parámetros más significativos a tener en cuenta durante la obtención de los registros sísmicos en campo son los siguientes:

- Número de geófonos por implantación.
- Espaciado entre geófonos.
- Número de puntos de tiro por implantación y su distribución a lo largo de la misma.
- Fuente de energía y modalidad de medida.

El mínimo número de geófonos por implantación que actualmente se considera admisible es 12, aunque puede ser escaso si se pretende alcanzar una profundidad de investigación de algunas decenas de metros. Al respecto debe tenerse en cuenta que la información obtenida aumenta su representatividad en relación directa con el número de geófonos del dispositivo de medida al margen de otros aspectos que oportunamente se comentarán. La experiencia demuestra que la información proporcionada por una

implantación de 24 geófonos por ejemplo es muy superior a la obtenida mediante dos implantaciones contiguas de 12 geófonos cada una.

El espaciado entre geófonos es el factor que condiciona la precisión en la resolución lateral y vertical. La regla aplicable al respecto es que cuanto menor sea el espaciado entre geófonos mayor será la resolución del dispositivo de medida, aunque el empleo de espaciados reducidos también implica un menor rendimiento en la toma de datos y una menor profundidad de investigación. Este último punto debe enunciarse con ciertas reservas porque también depende de la distancia entre los puntos de tiro y los geófonos, según una relación directa.

De forma general puede afirmarse que un estudio de cierto detalle requiere del orden de cuatro o más tiros por implantación, en el caso de implantaciones de 12 geófonos, o bien al menos siete puntos de tiro para implantaciones de 24 geófonos, combinado con un pequeño espaciado entre geófonos. Es muy importante el registro de tiros exteriores si se emplean implantaciones cortas, para mejorar la caracterización de los niveles más profundos que puedan investigarse con cada dispositivo de medida.

La fuente de energía habitualmente utilizada para la generación de la onda de compresión es el impacto de un martillo metálico sobre una placa metálica situada sobre el terreno, aunque lo deseable es poder utilizar fuentes de energía más potentes como por ejemplo explosivos, al objeto de maximizar la relación señal/ruido para lo que la energía liberada al generar la onda compresional debe ser la mayor posible. No obstante, para la mayoría de las aplicaciones geotécnicas, es suficiente la señal generada manualmente mediante el impacto de un martillo de 6-8 Kg. También contribuye a mejorar la calidad de los registros la operación sumando en cada registro la señal de varios golpes producidos en el mismo punto, lo que se define como operación en la modalidad de «*stacking*».

Ref.: A. Granda y J.C. Cambero. *Caracterización de macizos rocosos mediante técnicas geofísicas. 1ª Parte: comentarios al método Sísmico de Refracción*. INGEOPRES. 1.997, Nº 46. Págs. 35-46.

2.2. El método de la Sísmica Pasiva

El método de la Sísmica Pasiva es un método que también se conoce como *Refraction Microtremor* (ReMi) y presenta algunas similitudes con los conocidos métodos SAWS (*Spectral Analysis of Surface Waves*) y MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), basados ambos en el estudio de las ondas superficiales del tipo *Rayleigh*.

Este método de la Sísmica Pasiva consiste básicamente en determinar la distribución de los valores de la velocidad de transmisión de las ondas de cizalla (V_s) a través del terreno, a partir del análisis espectral del ruido sísmico ambiental convenientemente registrado. El importante significado geotécnico de los valores de V_s del terreno hace que este método sea de indudable interés. Los valores de V_s dependen específicamente del grado de contacto y de la cohesión entre los granos del material, con independencia de su contenido de agua. El módulo de rigidez G está relacionado directamente con V_s mediante la conocida expresión $G = d \cdot V_s^2$, en la que d es la densidad del terreno y el parámetro V_{s30} que es el valor medio ponderado de V_s para los 30 metros más superficiales, es un dato que interviene en las clasificaciones de suelos en la normativa de protección antisísmos.

El objetivo del método de la Sísmica Pasiva es evaluar de forma indirecta y no destructiva la consistencia del terreno, determinando para ello la velocidad de transmisión de las ondas de cizalla (V_s) de los materiales a partir del análisis de las ondas superficiales del tipo *Rayleigh* incluidas en el ruido sísmico ambiental.

Los fundamentos teórico-prácticos en que se basa este método para determinar los valores de V_s del terreno a partir del análisis de las ondas *Rayleigh* son los siguientes:

- Facilidad de adquisición y procesado. Es conocida la dificultad que conlleva generar, registrar e identificar las ondas S en los sismogramas correspondientes a estudios sísmicos convencionales, mientras que las ondas superficiales, de los tipos *Rayleigh* o *Love*, son fácilmente observables y se generan junto con las ondas volumétricas (P y S) al liberar instantáneamente un pulso de energía en la superficie del terreno.
- Alta relación señal/ruido de las ondas *Rayleigh* debido a su mayor nivel de energía respecto a las ondas volumétricas.
- La velocidad de transmisión de las ondas *Rayleigh* (C_R) es prácticamente igual a V_s y la relación entre ambas es casi constante para cualquier valor del Coeficiente de *Poisson*, cosa que no sucede con la relación entre V_p y V_s . (**Figura 2**).

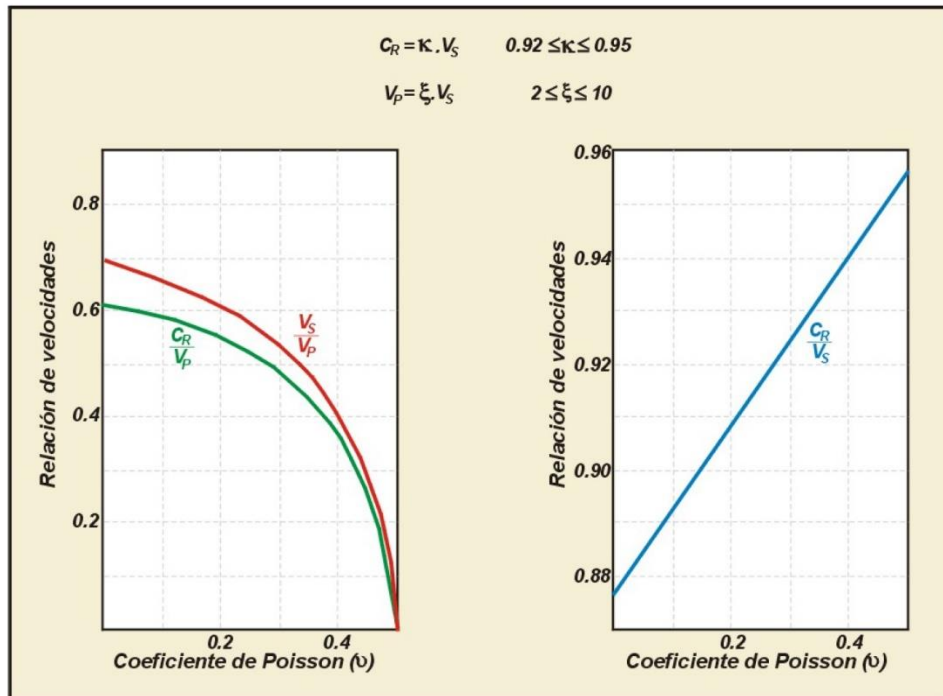


Figura 2.- Relaciones de las velocidades de las ondas compresionales (V_p), de cizalla (V_s) y superficiales *Rayleigh* (C_R)

Las más relevantes a efectos prospectivos se describen en la **Figura 3** y las enumeramos a continuación:

- Estas ondas se transmiten por la superficie del terreno aunque afectando a un rango de profundidad que es proporcional a su longitud de onda (λ).
- Su velocidad de propagación, que se define como velocidad de fase C_R , es determinada principalmente por la velocidad V_s de los materiales. La relación entre ambas se expresa como $C_R = 0.94 V_s$.
- Su amplitud vertical disminuye con la profundidad y el movimiento de partícula asociado a ellas es de tipo elipsoidal, con el eje mayor en disposición vertical y en el sentido de avance del frente de ondas.

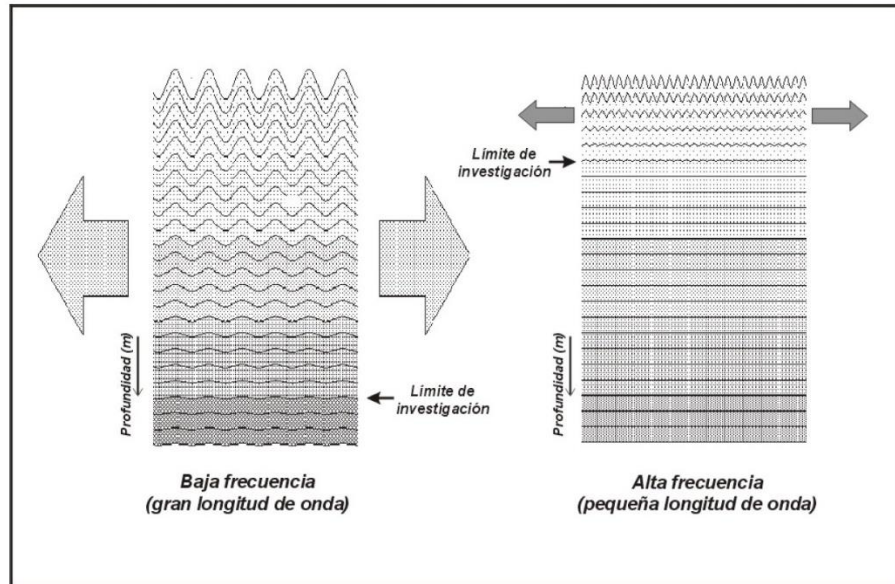


Figura 3.- Propiedades características de la transmisión de las ondas Rayleigh.

El concepto de dispersión es de fundamental importancia en lo relativo a la transmisión de las ondas *Rayleigh* y a la forma en que el método de la Sísmica Pasiva, al igual que otros métodos (SASW y MASW) basados en el estudio de las ondas superficiales puede resolver y caracterizar las diferentes “capas” sísmicas del terreno. Este concepto se describe mediante el esquema que reproducimos en la **Figura 4** y que explicaremos enumerando las ideas más significativas contenidas en ella: se define como dispersión el cambio de velocidad de propagación de las ondas *Rayleigh* (C_R) en función de la longitud de onda (λ) o de la frecuencia (f).

Este fenómeno solamente se manifiesta cuando el medio no es homogéneo en cuanto a la distribución de los valores de V_s según la vertical. Además en un medio con valores de V_s crecientes con la profundidad las componentes de alta frecuencia (menor longitud de onda) se transmiten a menor velocidad de fase (C_R) que las de baja frecuencia (mayor longitud de onda) que, además, profundizan más en el terreno.

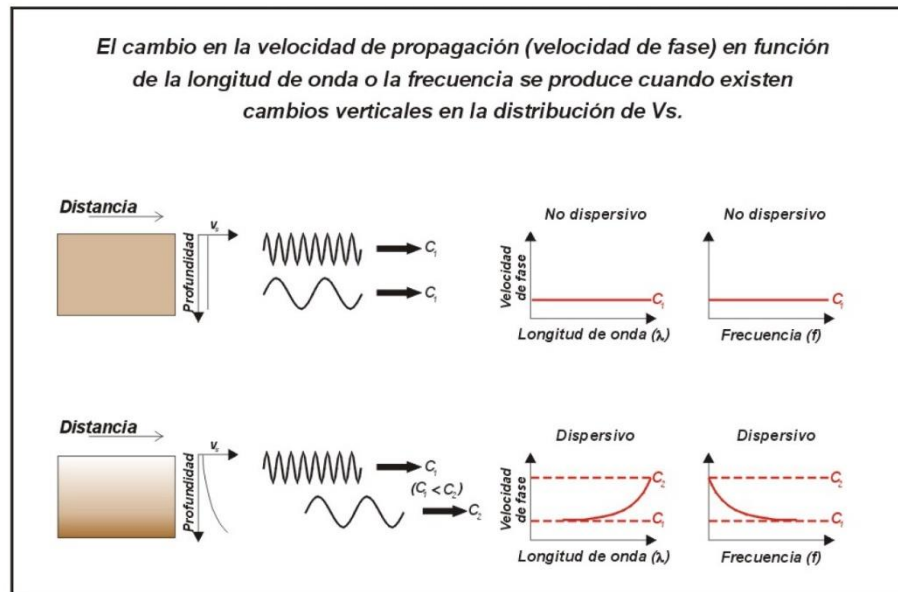


Figura 4.- Concepto de dispersión en la transmisión de las ondas superficiales.

Es importante señalar que las medidas pueden hacerse incluso en el interior de edificios, aunque en todo caso el emplazamiento de los sensores debe cumplir algunas condiciones en cuanto a la linealidad del dispositivo y a la verticalidad de cada uno de ellos. El emplazamiento de los sensores debe cumplir alguna de las condiciones en cuanto a la linealidad del dispositivo y a la verticalidad de cada uno de ellos.

La profundidad de investigación, que puede alcanzar fácilmente los 100 metros, depende de la longitud del dispositivo de medida conformado por los sensores. Por su parte la separación entre los geófonos así como su frecuencia natural condicionan la capacidad de resolución para los niveles superficiales en los resultados finales del estudio.

Un procedimiento recomendable durante el proceso de adquisición de los datos es obtener varios registros independientes en cada emplazamiento para seleccionar en la fase de procesado el que se considere mejor. Con el fin de incrementar el contenido en altas frecuencias en los registros y con ello mejorar la resolución en los niveles más superficiales, es conveniente provocar algunos impactos con martillo en la proximidad del punto de medida.

Una vez realizadas las medidas sobre el terreno, el objetivo final del estudio es obtener a partir de los registros sísmicos un modelo con la distribución de los valores de V_s del terreno en la zona de medida. Para ello el proceso de análisis e interpretación de los registros se desarrolla en tres etapas sucesivas que ilustramos de forma esquemática mediante la **Figura 5** y que resumimos seguidamente:

- a) Análisis espectral de los registros sísmicos para obtener el diagrama de velocidad aparente de fase en función de la frecuencia. Todas las fases de los registros sísmicos aparecen representadas en

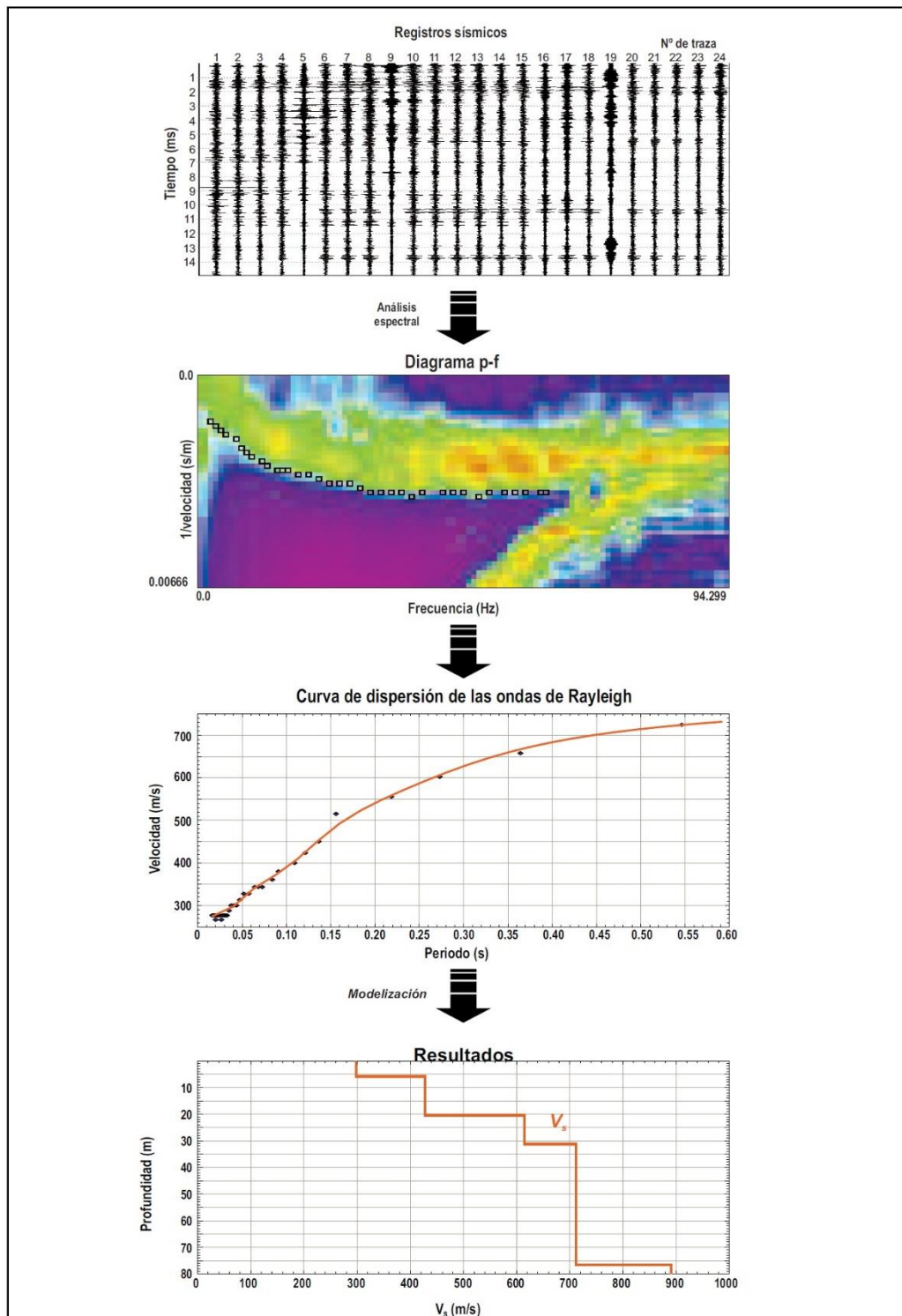


Figura 5.- Esquema explicativo del procesado de los registros en el método de la Sísmica Pasiva.

el diagrama p-f resultante que pone de manifiesto el espectro de energía mediante paleta de color para combinación de la inversa de la velocidad de fase (*slowness*) y la frecuencia.

- b) Obtención de la curva de dispersión correspondiente a las ondas *Rayleigh*, representada por la envolvente de menor velocidad aparente de fase. Este procedimiento se realiza manualmente sobre el diagrama p-f y consiste en seleccionar específicamente las velocidades de fase correspondientes al “modo fundamental” sin tener en cuenta envolventes correspondientes a otras tendencias en el gráfico de dispersión (*higher modes*) que podrían llevar a resultados erróneos en el posterior proceso de inversión.

Otras curvas de dispersión del tipo “*higher mode*” pueden aparecer en el diagrama p-f como tendencias de dispersión si tienen un nivel energético semejante a la correspondiente al modo fundamental. Se diferencian no obstante, de esta última por no ser las correspondiente a los menores valores de la velocidad aparente de fase.

- c) Obtención de la distribución de los valores de V_s del terreno mediante modelización de la curva de dispersión de las ondas *Rayleigh*. El procedimiento seguido es el desarrollado por *Yuehua Zeng* (1992). Consiste en realizar iteraciones sucesivas para diferentes valores de la velocidad de fase para cada frecuencia, a partir de un premodelo establecido en base a la información geológica disponible. En este proceso se pueden modificar también los espesores de las “capas” de la sección sísmica.

La representación gráfica de los resultados, que consiste en visualizar la distribución de los valores de V_s del terreno con la profundidad, obtenida mediante el proceso descrito en el epígrafe anterior, puede hacerse en forma de **diagramas 1D** o bien mediante **secciones 2D**, distancia-profundidad. El empleo de una u otra forma de presentación de los resultados está condicionado por el tipo de dispositivo de sensores utilizado para las medidas.

Cuando se utilizan dispositivos en L, triangulares o circulares la distribución de los valores de V_s del terreno en función de la profundidad se representa en forma de diagrama 1D (**Figura 6**). En el caso de que las medidas se realicen con un dispositivo lineal y únicamente cuando varias implantaciones de 24 geófonos se disponen contiguas configurando un perfil, los resultados se pueden representar en forma de secciones 2D al correlacionar los modelos 1D resultantes del procesado de los registros de cada implantación. Esta situación no se da en el presente estudio ya que las medidas se han realizado en implantaciones aisladas.

Ref.: A. Granda y T. Granda. *El método de la Sísmica Pasiva: Una herramienta fiable para la caracterización geotécnica del terreno en zonas urbanas*. INGEOPRES - 2004. Nº 137. Pag 78-84.

4. PROCESADO DE LOS DATOS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Medidas de Sísmica Pasiva (ReMi)

El objetivo del procesado de los registros de sísmica pasiva es obtener como resultado final para cada implantación **un modelo 1D** con la distribución de los valores de V_s en función de la profundidad. Para ello se han seguido las tres etapas características del procesado de este tipo de registros sísmicos:

- Análisis espectral de los registros para obtener el diagrama de velocidad aparente de fase en función de la frecuencia (p-f).
- Selección sobre el diagrama p-f de la curva de dispersión de las ondas *Rayleigh* representada por la envolvente de menor velocidad aparente de fase.
- Inversión de las curvas de dispersión de las ondas *Rayleigh* para obtener la distribución de los valores de V_s del terreno en el ámbito ocupado por el dispositivo de medida.

El proceso anterior produce para cada grupo de trazas sísmicas un modelo 1D con la distribución de los valores de V_s del terreno. Estos resultados son tanto más consistentes cuanto mayor sea el número de trazas del registro sísmico analizadas y por ello en este caso se ha calculado **un solo modelo 1D para las 24 trazas de cada implantación, asignando los resultados al punto medio del dispositivo de medida**. Este diagrama 1D representa la distribución de los valores de V_s del terreno en función de la profundidad en el ámbito de cada implantación.

El programa de procesado de los registros también permite determinar de forma directa el valor **del parámetro V_{s30}** en cada implantación. Este valor queda indicado al lado de cada modelo 1D en los gráficos donde se presentan los resultados de esta fase del estudio (**Anexo 2**).

5. RESULTADOS

5.1. Resultados de las medidas ReMi

Los valores de V_s del terreno al igual que los valores de V_p constituyen en sí mismos un parámetro con importante significado geotécnico porque dependen directamente del grado de cohesión y compacidad del subsuelo. A partir de ellos se puede calcular fácilmente el módulo de cizallamiento (G) que interviene en diversos cálculos relativos a la interacción entre el terreno y las estructuras apoyadas en él. Sin embargo no es éste el objetivo principal de este estudio mediante Sísmica Pasiva, sino obtener información relativa a la distribución de los **valores de V_s del terreno en función de la profundidad** en las zonas de apoyo de estructuras, y particularmente determinar el **valor de V_{s30}** en cada zona de ensayo.

No obstante y como información complementaria, hemos tratado de proporcionar una equivalencia entre los resultados del estudio y el grado de consolidación y la consistencia de los materiales. Esta equivalencia viene definida básicamente en la tabla 1615.1.1 del **IBC** (*International Building Code*) para la clasificación de suelos, que reproducimos como **Tabla V** de este informe.

Clasificación	Tipo de suelo	Propiedades medias en los primeros 30 metros		
		Velocidad de ondas de cizalla (V_s , m/s)	SPT (N)	Resistencia al corte en condiciones saturadas (S_u , psf)
A	Roca	$V_s \geq 1,524$	No aplica	No aplica
B	Suelos muy densos / Rocas blandas	$762 \leq V_s \leq 1,524$	No aplica	No aplica
C	Suelos consolidados	$365.7 \leq V_s \leq 762$	$N \geq 50$	$S_u \geq 2,000$
D	Suelo rígidos	$182.9 \leq V_s \leq 365,7$	$15 \leq N \leq 50$	$1,000 \leq S_u \leq 2,000$
E	Suelo blandos	$V_s \leq 182,9$	$N \leq 15$	$S_u \leq 1,000$
F	-	Terrenos con más de 10 pies de suelo con las siguientes características : 1. Índice de plasticidad $PI \geq 20$ 2. Contenido en agua $\omega \geq 40\%$ 3. Resistencia al corte en condiciones saturadas $S_u < 1,000$		
G	-	Suelos con una o más de las siguientes características : 1. Suelos vulnerables a fracturas o a colapsos en condiciones de sismicidad, tal como suelos licuables, arcillas sensibles o suelos escasamente cementados con facilidad para colapsar 2. Turbas y/o arcillas con alto contenido orgánico ($H \geq 3.048m$ de turba y/o arcillas con alto contenido en materia orgánica, siendo H el espesor de suelo) 3. Arcillas de muy alta plasticidad ($H \geq 7.62m$ e índice de plasticidad $PI \geq 75$) 4. Arcillas potentes de media/baja rigidez ($H \geq 36.576m$)		
1 pie = 0.3048m = 304.8mm — 1 pie cuadrado = 0.0929mm ² — 1 libra por pie cuadrado = 0.0479kPa				

Tabla V.- Clasificación de suelos según el International Building Code (IBC).

Para mayor detalle y de acuerdo con nuestra experiencia, hemos establecido una equivalencia entre los valores de V_s y la clasificación de suelos:

- $V_s < 200$ m/s..... Suelos blandos.
- 200 m/s $< V_s < 400$ m/s..... Suelos rígidos.
- 400 m/s $< V_s < 750$ m/s..... Suelos consolidados.
- 750 m/s $< V_s$ Suelos densos muy consolidados.

A partir de $V_s > 800$ m/s los materiales se suelen clasificar como roca. Con este criterio deben interpretarse los modelos 1D obtenidos de este estudio que presentamos en el **Anexo 2**.

Los resultados de este estudio quedan suficientemente detallados tanto en las secciones sísmicas del **Anexo 1** como en los modelos 1D obtenidos de las medidas ReMi que se incluyen en el **Anexo 2**. Por lo tanto entendemos que es innecesario extendernos aquí en explicaciones de carácter exclusivamente descriptivo. Estos resultados constituyen un apoyo al estudio geotécnico y por ello se deben integrar con otros datos ajenos a este estudio, para sacar de ellos la mayor utilidad.

San Sebastián de los Reyes, Abril 2.016

International Geophysical Technology, S.L.



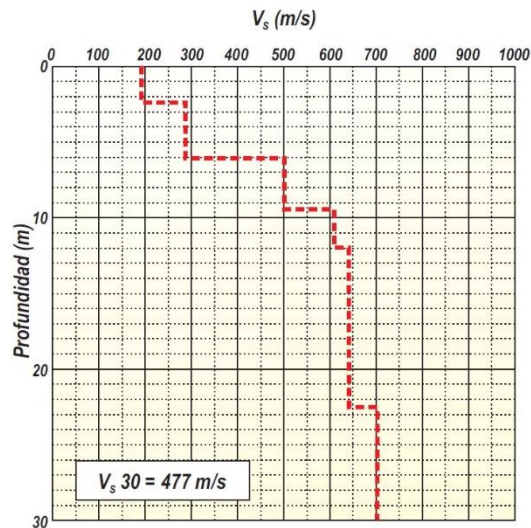
Fdo: Ángel Granda Sanz
Ingeniero de Minas
Colegiado nº 1161 CE



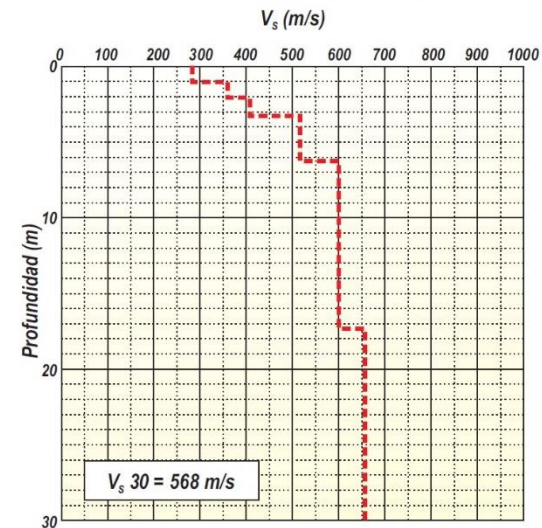
Fdo: Teresa Granda París
Ingeniero de Minas

UNIDAD FUNCIONAL 4 (LA FORTUNA - PUENTE LA PAZ)
PUENTE: PK 17+348 - PK 17+528
PUENTE LA PAZ SOBRE RÍO SOGAMOSO
MEDIDAS DE SÍSMICA PASIVA (ReMi)

Modelo 1D con la distribución de V_s para UF4-REMI 5
($X = 1,072,979$; $Y = 1,277,448$)




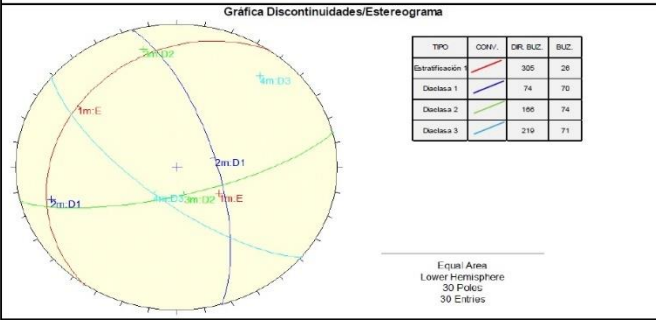
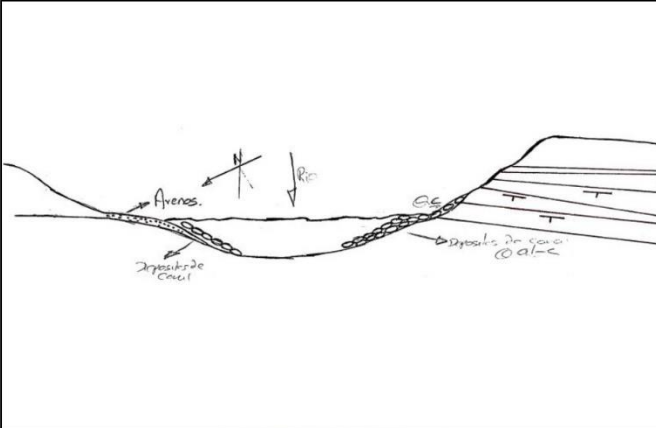
Modelo 1D con la distribución de V_s para UF4-REMI 6
($X = 1,073,173$; $Y = 1,277,713$)



ANEXO D. Estaciones Geomecánicas

T3-UF3-4-R02

ferrovial	ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ														
	Tramo:	3	UF	3-4	Sector	Puente La Paz - Rio Sogamoso Margen Derecho	Coordenadas	Este 1.073.067 Norte 1.277.621	Cota	170					
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES		T3-UF3-4-R02	OBSERVADOR:	Alvaro Mancera				FECHA:	13/01/2016						
Geometría del Talud		Dirección	230°	Pendiente	70°	H. Máxima (m)	20 m	Longitud	70 m	MARGEN	N/A				
		Bermas	N/A	Cunetas	N/A	Estructuras	Estribo derecho del puente.								
Descripción Talud	Litología	Capas gruesas de areniscas de 2-3 metros de espesor de grano grueso de forma tabular con contactos planos y lisos. Presenta intercalaciones con capas delgadas de arcillolita.			Excavabilidad	Voladura con precorte.		Hidrogeología /condiciones de drenaje	Margen derecho, margen deposicional del río, zona de playa. Alta permeabilidad del Macizo Rocoso.						
	Estado Actual Procesos	Deposición de material aluvial arenas(playa). El talud no presenta eventos intensos pero se evidencia una zanja y flujos de agua, alteraciones antropicas.			Remoción en Masa	Caída de detritos y bloques.		Análisis Factores Inestables	Alteración antropica del talud, vertimiento de aguas residuales y zona de escombros.						
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:															
DISCONTINUIDADES:	PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACION	LITOLOGIA		
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGUN BUZAMIENTO O	SEGUN RUMBO	ONDULACION	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm						
	Estratificación	305	26	2	10	0,6-4	P	L	-	-	-	S	W2	Areniscas	
	Diaclasa 1	74	70	2	10	0,1-0,8	P-E	L-R	OX	1	1-5	S	W2	Areniscas	
	Diaclasa 2	166	74	2	10	0,1-0,3	P-E	L-R	OX	1	1-5	S	W2	Areniscas	
	Diaclasa 3	219	71	2	10	0,1-2	P-E	L-R	OX	1	1-5	S	W2	Areniscas	
P. PLANA O. ONDULADA E. ESCALONADA						L. LISA R. RUGOSA									
OX. OXIDOS. CL. LIMO ARENOSO						S. SECO L.H. LIGERAMENTE HUMEDO H. HUMEDO. G. GOTEQ. FC. FLUIDO CONTINUO									
RMR Bienawski (1989)	RMR 1	RMR 2+3			RMR 4					RMR 5	RMR seco	RMR sin corregir	GSI		
	R.C.S. (kp/cm²)	JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS					PRESENCIA DE AGUA					
	Valoración	D1	D2	D3	Media	Contín.	Aper.t.	Ruga.	Releno	Meteo.	Suma	Completamente Secas			
	50-100					3-10 mm	1-5mm	L-R	Ox	W2					
Puntuación	7	33	18	21	24	2	1	2	4	5	14	15	60		55
c =	Intersecciones analizadas:											OBSERVACIONES: Se asume un ROD de 50-75%.			
f =															



ferrovial

ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ

Tramo:	3	UF	3-4	Sector	Puente La Paz - Río Sogamoso Margen Derecho	Coordenadas	Este	1.073.074	Norte	1.277.633	Cota	170
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES		T3-UF3-4-R02		OBSERVADOR:			Alvaro Mancera		FECHA:		13/01/2016	



DISCONTINUIDADES:	PLANOS			CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACIÓN	LITOLOGÍA
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO		ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm				
Estratificación	287	30	2	10	0,6	P	L	-	-	-	S	W2	Arenisca	
Diaclasa	320	90	2	10	0,3	Escalonada	R	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	70	70	2	10	0,1	Escalonada	R	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	160	80	2	10	0,1	Escalonada	R	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 3	220	75	2	10	0,1	Escalonada	R	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	55	68	2	10	0,1	Escalonada	R	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa	5	75	2	10	0,1	Escalonada	R	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Estratificación	298	28	4	10	4	P	L	-	-	-	S	W2	Arenisca	
Estratificación	235	79	4	10	2	P	L	-	-	-	S	W2	Arenisca	
Estratificación	272	90	4	10	2	P	L	-	-	-	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 3	222	75	4	10	2	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa	117	38	4	10	2	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa	318	90	4	10	0,4	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 3	214	74	4	10	0,4	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa	40	90	4	10	0,4	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 3	222	72	4	10	2	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Estratificación	315	25	4	10	4	P	L	-	-	-	LH	W2	Arenisca	
Estratificación	320	35	4	10	4	P	L	-	-	-	LH	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	150	57	4	10	0,3	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 3	215	64	4	10	0,3	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	90	75	4	10	0,1	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	180	80	4	10	0,1	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	170	80	4	10	0,3	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Estratificación	315	22	4	10	4	P	L	-	-	-	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	90	65	4	10	0,8	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	63	75	4	10	0,8	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Estratificación	290	19	4	10	3	P	L	-	-	-	S	W2	Arenisca	
Estratificación	16	59	4	10	3	P	L	-	-	-	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 3	200	61	4	10	0,2	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa	260	71	4	10	0,8	P	L	Ox	1	1-5	S	W2	Arenisca	

T3-UF3-4-R03


ferrovial												ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ																																																																																																																																																																			
Tramo:		3		UF		3-4		Sector		Puente La Paz - Río Sogamoso Margen Izquierdo		Coordenadas		Este		1.073.014		Norte		1.277.513		Cota		168																																																																																																																																																							
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES				T3-UF3-4-R03				OBSERVADOR:				Alvaro Mancera				FECHA:				13/01/2016																																																																																																																																																											
Geometría del Talud		Dirección		225°		Pendiente		70°		H. Maxima (m)		15 m		Longitud		50 m		MARGEN		N/A																																																																																																																																																											
		Bermas		N/A		Cunetas		N/A		Estructuras		Estribo izquierdo puente																																																																																																																																																																			
Descripción Talud		Litología						Excavabilidad				Hidrogeología /condiciones de drenaje				Margen izquierdo del Río Sogamoso, eventos de socavación fluvial e inundaciones, aguas abajo. Alta permeabilidad del Macizo Rocoso.																																																																																																																																																															
		Capas de areniscas de grano grueso de color gris verdoso, dispuestas en capas tabulares de 10-40 centímetros de espesor en la base, hacia el techo las capas tienen de 2-3 metros de espesor con intercalaciones de capas delgadas de arcillolitas, presentan laminación plana. Rocas con ligero estado de meteorización y aptitud estructural en contra y transversal a la pendiente.						Voladura con precorte.																																																																																																																																																																							
		Estado Actual Procesos						Remoción en Masa				Análisis Factores Inestables				Ladera estable, no evidencia eventos de erosión intensos ni de remoción en masa en el estribo del puente.																																																																																																																																																															
		Socavación fluvial constante en la base de la ladera. No se evidencia protección en la base. Erosión diferencial.						Caída de bloques y detritos, transporte y deposición de material aluvial hacia la base de la ladera.																																																																																																																																																																							
												CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:																																																																																																																																																																			
												DISCONTINUIDADES: <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PLANOS</th> <th colspan="2">CONTINUIDAD</th> <th colspan="2">ESPACIADO (m)</th> <th colspan="2">SUPERFICIE</th> <th colspan="2">RELLENO</th> <th colspan="2">APERTURA (mm)</th> <th colspan="2">PRESENCIA DE AGUA</th> <th colspan="2">METEORIZACION</th> <th rowspan="2">LITOLOGIA</th> </tr> <tr> <th>TIPO</th> <th>DIR. BUZ.</th> <th>BUZ.</th> <th>SEGÚN BUZAMIENTO</th> <th>SEGÚN RUMBO</th> <th>ONDULACIÓN</th> <th>RUGOSIDAD</th> <th>TIPO</th> <th>ESPESOR mm</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estratificación</td> <td>301</td> <td>21</td> <td>3-5</td> <td>3-5</td> <td>0,1-3</td> <td>P-E</td> <td>L-R</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>LH</td> <td>W2</td> <td></td> <td></td> <td>Areniscas</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 1</td> <td>69</td> <td>61</td> <td>3-5</td> <td>3-5</td> <td>0,2-0,4</td> <td>P</td> <td>R</td> <td>Ox</td> <td>1</td> <td>1-5</td> <td>LH</td> <td>W2</td> <td></td> <td></td> <td>Areniscas</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 2</td> <td>144</td> <td>77</td> <td>3-5</td> <td>3-5</td> <td>0,4</td> <td>E</td> <td>R</td> <td>Ox</td> <td>1</td> <td>1-5</td> <td>S</td> <td>W2</td> <td></td> <td></td> <td>Areniscas</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 3</td> <td>29</td> <td>72</td> <td>3-5</td> <td>3-5</td> <td>0,2-0,4</td> <td>P</td> <td>R</td> <td>Ox</td> <td>1</td> <td>1-5</td> <td>S</td> <td>W2</td> <td></td> <td></td> <td>Areniscas</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>P: PLANA; O: ONDULADA; E: ESCALONADA Ox: OXIDOS; CL: LIMO ARENOSO S: SECO; LH: LIGERAMENTE HUMEDO; H: HUMEDO; G: GOTEIO; FC: FLUIDO CONTINUO L: LISA; R: RUGOSA</p>												PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)		SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)		PRESENCIA DE AGUA		METEORIZACION		LITOLOGIA	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO	ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm							Estratificación	301	21	3-5	3-5	0,1-3	P-E	L-R	-	-	-	LH	W2			Areniscas	Diaclasa 1	69	61	3-5	3-5	0,2-0,4	P	R	Ox	1	1-5	LH	W2			Areniscas	Diaclasa 2	144	77	3-5	3-5	0,4	E	R	Ox	1	1-5	S	W2			Areniscas	Diaclasa 3	29	72	3-5	3-5	0,2-0,4	P	R	Ox	1	1-5	S	W2			Areniscas																																																								
PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)		SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)														PRESENCIA DE AGUA		METEORIZACION		LITOLOGIA																																																																																																																																																			
TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO	ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm																																																																																																																																																																							
Estratificación	301	21	3-5	3-5	0,1-3	P-E	L-R	-	-	-	LH													W2			Areniscas																																																																																																																																																				
Diaclasa 1	69	61	3-5	3-5	0,2-0,4	P	R	Ox	1	1-5	LH													W2			Areniscas																																																																																																																																																				
Diaclasa 2	144	77	3-5	3-5	0,4	E	R	Ox	1	1-5	S													W2			Areniscas																																																																																																																																																				
Diaclasa 3	29	72	3-5	3-5	0,2-0,4	P	R	Ox	1	1-5	S													W2			Areniscas																																																																																																																																																				
Gráfica Discontinuidades/Estereograma <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CONV.</th> <th>DIR. BUZ.</th> <th>BUZ.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estratificación</td> <td>301</td> <td>21</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 1</td> <td>69</td> <td>61</td> <td>61</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 2</td> <td>144</td> <td>77</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 3</td> <td>29</td> <td>72</td> <td>72</td> </tr> </tbody> </table> <p>Equal Area Lower Hemisphere 29 Focales 29 Eventos</p>												TIPO	CONV.	DIR. BUZ.	BUZ.	Estratificación	301	21	21	Diaclasa 1	69	61	61	Diaclasa 2	144	77	77	Diaclasa 3	29	72	72	RMR Bienawski (1989) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">RMR 1</th> <th colspan="3">RMR 2+3</th> <th colspan="6">RMR 4</th> <th colspan="2">RMR 5</th> <th rowspan="2">RMR seco</th> <th rowspan="2">RMR sin cargar</th> <th rowspan="2">GSI</th> </tr> <tr> <th>R.C.S. (kp/cm²)</th> <th colspan="3">JUNTAS POR METRO</th> <th colspan="6">ESTADO DE LAS JUNTAS</th> <th colspan="2">PRESENCIA DE AGUA</th> </tr> <tr> <th></th> <th>D1</th> <th>D2</th> <th>D3</th> <th>Media</th> <th>Contn.</th> <th>Apert.</th> <th>Rugo.</th> <th>Relleño</th> <th>Metec.</th> <th>Suma</th> <th colspan="2"></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valoración</td> <td>50-100 Mpa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3-10m</td> <td>1-5mm</td> <td>R</td> <td><5mm</td> <td>W2</td> <td colspan="2">LH</td> <td>57</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Puntuación</td> <td>7</td> <td>22</td> <td>23</td> <td>23</td> <td>23</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>5</td> <td colspan="2">17</td> <td>10</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		RMR 1	RMR 2+3			RMR 4						RMR 5		RMR seco	RMR sin cargar	GSI	R.C.S. (kp/cm²)	JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS						PRESENCIA DE AGUA			D1	D2	D3	Media	Contn.	Apert.	Rugo.	Relleño	Metec.	Suma					Valoración	50-100 Mpa					3-10m	1-5mm	R	<5mm	W2	LH		57		Puntuación	7	22	23	23	23	2	1	5	4	5	17		10																																																																							
TIPO	CONV.	DIR. BUZ.	BUZ.																																																																																																																																																																												
Estratificación	301	21	21																																																																																																																																																																												
Diaclasa 1	69	61	61																																																																																																																																																																												
Diaclasa 2	144	77	77																																																																																																																																																																												
Diaclasa 3	29	72	72																																																																																																																																																																												
RMR 1	RMR 2+3			RMR 4						RMR 5		RMR seco	RMR sin cargar	GSI																																																																																																																																																																	
	R.C.S. (kp/cm²)	JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS						PRESENCIA DE AGUA																																																																																																																																																																				
	D1	D2	D3	Media	Contn.	Apert.	Rugo.	Relleño	Metec.	Suma																																																																																																																																																																					
Valoración	50-100 Mpa					3-10m	1-5mm	R	<5mm	W2	LH		57																																																																																																																																																																		
Puntuación	7	22	23	23	23	2	1	5	4	5	17		10																																																																																																																																																																		
c =												Intersecciones analizadas:				OBSERVACIONES: Se asume un RQD de 50-75%.																																																																																																																																																															
f =																																																																																																																																																																															

ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ																			
ferrovial	Tramo:	3	UF	3-4	Sector	Puente La Paz - Río Sogamoso Margen izquierdo	Coordenadas	Este	1.073.014	Norte	1.277.513	Cota	168						
	FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES	T3-UF3-4-R03		OBSERVADOR:	Alvaro Mancera			FECHA:	13/01/2016										
																			
																			

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:														
DISCONTINUIDADES:	PLANOS			CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACIÓN	LITOLOGÍA
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO		ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm				
		Estratificación	335	10	3	3	0,4	P	L	-	-	-	H	W2
	Estratificación	295	20	3	3	0,1	P	L	-	-	-	H	W2	Areniscas
	Estratificación	305	25	3	3	0,4	P	L	-	-	-	H	W2	Areniscas
	Diaclasa 1	55	42	3	3	0,4	P	R	-	-	1-5	H	W2	Areniscas
	Diaclasa 1	75	50	3	3	0,2	P	R	-	-	1-5	H	W2	Areniscas
	Diaclasa 1	86	62	3	3	0,4	P	R	-	-	1-5	H	W2	Areniscas
	Diaclasa	3	90	3	3	0,2	P	R	-	-	1-5	H	W2	Areniscas
	Estratificación	296	20	3	3	0,4	P	L	-	-	-	S	W2	Areniscas
	Estratificación	315	25	3	3	0,4	P	L	-	-	-	S	W2	Areniscas
	Estratificación	280	25	3	3	0,2	P	L	-	-	-	S	W2	Areniscas
	Estratificación	299	32	3	3	0,2	P	L	-	-	-	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 2	146	76	3	3	0,4	Escalonada	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 1	75	60	3	3	0,2	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 1	60	75	3	3	0,4	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 1	55	58	3	3	0,4	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa	50	90	3	3	0,4	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 3	24	70	3	3	0,2	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 3	28	74	3	3	0,2	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Estratificación	324	31	3	3	0,4	Escalonada	R	-	-	-	S	W2	Areniscas
	Diaclasa	280	25	3	3	0,4	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 1	57	64	3	3	0,3	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 2	148	72	3	3	0,4	Escalonada	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Estratificación	299	16	5	5	2	P	L	-	-	-	S	W2	Areniscas
	Estratificación	295	15	5	5	3	P	L	-	-	-	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 3	36	72	5	5	0,4	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa	280	70	5	5	1	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa	303	80	5	5	1	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 1	85	85	5	5	0,4	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas
	Diaclasa 2	139	82	5	5	0,4	P	R	Ox	1	1-5	S	W2	Areniscas

T3-UF3-4-R07

ferrovial												ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ												E.L.B. GEOLOGÍA Y USOS SÍSMICOS																																																																																							
Tramo: 3			UF: 3-4			Sector: Tienda Nueva			Coordenadas Este: 1.070.945			Norte: 1.278.637			Cota: 210			FECHA: 19/02/2016																																																																																													
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES						T3-UF3-4-R07			OBSERVADOR: Andrés Quintero																																																																																																						
Geometría del Talud		Dirección: 120°		Pendiente: 60°		H. Maxima (m): 2m		Longitud: 8m		MARGEN: Derecho vía a Bucaramanga																																																																																																					
		Bermas: N/A		Cunetas: N/A		Estructuras: N/A																																																																																																									
Descripción Talud		Litología: Fm Mugrosa: Arenisca de grano medio a grano grueso, color gris verdoso y blancos-naranjas de alteración, en capas delgadas (0,06-0,2 m), muy fracturada (0,02-0,06 m), moderadamente meteorizada (W3), muy débil (R1), intercaladas con shale gris blanzuzco, en paquetes <3m.				Excavabilidad: Mecánica y/o ripado.		Hidrogeología /condiciones de drenaje: Saturadas (debido a lluvias recientes), por alta permeabilidad en el depósito aluvial que las suprayace.																																																																																																							
Estado Actual Procesos		Erosión /Sedimentación				Remoción en Masa		Análisis Factores Inestables																																																																																																							
		Erosión diferencial entre el coluvial, las areniscas y los shales; erosión en surcos.				Caída de rocas (principalmente de cantos de coluvial), deslizamientos pequeños de los suelos residuales de las capas blandas.		Saturación de los niveles blandos en época de lluvias; alto grado de meteorización.																																																																																																							
												<p align="center">CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">DISCONTINUIDADES:</th> <th colspan="2">PLANOS</th> <th colspan="2">CONTINUIDAD</th> <th rowspan="3">ESPACIADO (m)</th> <th colspan="2">SUPERFICIE</th> <th colspan="2">RELLENO</th> <th rowspan="3">APERTURA (mm)</th> <th rowspan="3">PRESENCIA DE AGUA</th> <th rowspan="3">METEORIZACION</th> <th rowspan="3">LITOLOGIA</th> </tr> <tr> <th>TIPO</th> <th>DIR. BUZ.</th> <th>BUZ.</th> <th>SEGÚN BUZAMIENTO</th> <th>SEGÚN RUMBO</th> <th>ONDULACIÓN</th> <th>RUGOSIDAD</th> <th>TIPO</th> <th>ESPESOR mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estratificación</td> <td>290</td> <td>34</td> <td><1</td> <td>1-3</td> <td>0,06-0,2</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>H</td> <td>W3</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td>Diaclase 1</td> <td>310</td> <td>80</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,02-0,06</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0,1-5</td> <td>H</td> <td>W3</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td>Diaclase 2</td> <td>22</td> <td>51</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,06-0,2</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0,1-1</td> <td>H</td> <td>W3</td> <td>Arenisca</td> </tr> </tbody> </table> <p align="center">P: PLANA; O: ONDULADA; E: ESCALONADA Ox: ÓXIDOS; CL: LIMO ARENOSO S: SECO; LH: LIGERAMENTE HUMEDO; H: HUMEDO; G: GOTEIO; FC: FLUIDO CONTINUO</p>												DISCONTINUIDADES:	PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACION	LITOLOGIA	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO	ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm	Estratificación	290	34	<1	1-3	0,06-0,2	O	R	-	-	-	H	W3	Arenisca	Diaclase 1	310	80	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	0,1-5	H	W3	Arenisca	Diaclase 2	22	51	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca																							
DISCONTINUIDADES:	PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACION	LITOLOGIA																																																																																																		
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO		SEGÚN RUMBO	ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO					ESPESOR mm																																																																																																	
	Estratificación	290	34	<1		1-3	0,06-0,2	O	R					-	-	-	H	W3	Arenisca																																																																																												
Diaclase 1	310	80	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	0,1-5	H	W3	Arenisca																																																																																																		
Diaclase 2	22	51	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CONV.</th> <th>DIR. BUZ.</th> <th>BUZ.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estratificación</td> <td>—</td> <td>290</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>Diaclase 1</td> <td>—</td> <td>310</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Diaclase 2</td> <td>—</td> <td>22</td> <td>51</td> </tr> </tbody> </table> <p align="center">Equal Area Lower Hemisphere 19 Poles 19 Entries</p>												TIPO	CONV.	DIR. BUZ.	BUZ.	Estratificación	—	290	34	Diaclase 1	—	310	80	Diaclase 2	—	22	51	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">RMR Bienawski (1989)</th> <th colspan="2">RMR 1</th> <th colspan="3">RMR 2+3</th> <th colspan="5">RMR 4</th> <th colspan="2">RMR 5</th> <th rowspan="3">RMR seco</th> <th rowspan="3">RMR sin corregir</th> <th rowspan="3">GSI</th> </tr> <tr> <th colspan="2">R.C.S. (kp/cm²)</th> <th colspan="3">JUNTAS POR METRO</th> <th colspan="5">ESTADO DE LAS JUNTAS</th> <th colspan="2">PRESENCIA DE AGUA</th> </tr> <tr> <th>D1</th> <th>D2</th> <th>D3</th> <th>Media</th> <th>Contin.</th> <th>Apert.</th> <th>Rugo.</th> <th>Relleño</th> <th>Meteo.</th> <th>Suma</th> <th colspan="2">PRESENCIA DE AGUA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valoración</td> <td>1-5</td> <td>1/3</td> <td>0,06-0,2 m</td> <td>0,02-0,06 m</td> <td>0,06-0,2 m</td> <td>12</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>21</td> <td colspan="2">Húmedas</td> <td>41</td> <td rowspan="2">25-35</td> </tr> <tr> <td>Puntuación</td> <td>1</td> <td>13</td> <td>11</td> <td>13</td> <td>12</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>21</td> <td colspan="2">7</td> <td>41</td> </tr> </tbody> </table>												RMR Bienawski (1989)	RMR 1		RMR 2+3			RMR 4					RMR 5		RMR seco	RMR sin corregir	GSI	R.C.S. (kp/cm²)		JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS					PRESENCIA DE AGUA		D1	D2	D3	Media	Contin.	Apert.	Rugo.	Relleño	Meteo.	Suma	PRESENCIA DE AGUA		Valoración	1-5	1/3	0,06-0,2 m	0,02-0,06 m	0,06-0,2 m	12	5	2	5	6	3	21	Húmedas		41	25-35	Puntuación	1	13	11	13	12	5	2	5	6	3	21	7		41
TIPO	CONV.	DIR. BUZ.	BUZ.																																																																																																												
Estratificación	—	290	34																																																																																																												
Diaclase 1	—	310	80																																																																																																												
Diaclase 2	—	22	51																																																																																																												
RMR Bienawski (1989)	RMR 1		RMR 2+3			RMR 4					RMR 5		RMR seco	RMR sin corregir	GSI																																																																																																
	R.C.S. (kp/cm²)		JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS					PRESENCIA DE AGUA																																																																																																				
	D1	D2	D3	Media	Contin.	Apert.	Rugo.	Relleño	Meteo.	Suma	PRESENCIA DE AGUA																																																																																																				
Valoración	1-5	1/3	0,06-0,2 m	0,02-0,06 m	0,06-0,2 m	12	5	2	5	6	3	21	Húmedas		41	25-35																																																																																															
Puntuación	1	13	11	13	12	5	2	5	6	3	21	7		41																																																																																																	
c =		Intersecciones analizadas:										OBSERVACIONES: Se asume un RQD de <25%.																																																																																																			
f =																																																																																																															

ferrovial	ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ												
	Tramo:	3	UF	3-4	Sector	Tienda Nueva	Coordenadas	Este	1.070.945	Norte		1.278.637	Cota
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES		T3-UF3-4-R07		OBSERVADOR:			Andrés Quintero			FECHA:		19/02/2016	



CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:														
DISCONTINUIDADES:	PLANOS			CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACIÓN	LITOLOGIA
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO		ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm				
	Estratificación	290	35	<1	1-3	0,06-0,2	O	R	-	-	-	H	W3	Arenisca
	Estratificación	285	32	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	-	H	W3	Arenisca
	Estratificación	288	34	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	-	H	W3	Arenisca
	Estratificación	293	33	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	-	H	W3	Arenisca
	Estratificación	295	37	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	-	H	W3	Arenisca
	Diaclasa 1	310	80	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca
	Diaclasa 1	300	82	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca
	Diaclasa 1	295	81	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca
Diaclasa 1	315	85	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	1-5	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 1	317	77	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 2	20	50	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	1-5	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 2	23	54	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 2	25	58	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 2	30	47	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 2	20	45	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 2	16	53	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 1	314	80	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 1	320	82	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca	
Diaclasa 1	305	76	<1	<1	0,02-0,06	O	R	-	-	0,1-1	H	W3	Arenisca	

T3-UF3-4-R08

ferrovial											ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ																																																																																			
Tramo:		3		UF:		3-4		Sector:		La Playa		Coordenadas:		Este		1.072.093		Norte		1.277.884		Cota:		201																																																																						
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES				T3-UF3-4-R08				OBSERVADOR:				Andrés Quintero				FECHA:				23/02/2016																																																																										
Geometría del Talud		Dirección		200°		Pendiente		45°		H. Maxima (m)		4m		Longitud		100m		MARGEN		Derecho vía a Bucaramanga																																																																										
		Bermas		N/A		Cunetas		N/A		Estructuras		N/A																																																																																		
Descripción Talud		Litología		Fm Esmeralda: Arenisca de grano fino, color gris a gris verdoso, en capas medias a gruesas (0,2-2 m), moderadamente a poco fracturada (0,2-2 m), ligeramente meteorizada (W2-W3), dureza media a dura (R3-R4), intercalada con lutita shale, color gris, moteados café-púrpura.				Excavabilidad		Mecánica, ripado.				Hidrogeología /condiciones de drenaje		Ligeramente húmedos por permeabilidad e infiltración.																																																																														
		Estado Actual Procesos		Erosión /Sedimentación		Erosión diferencial, surcos en estratos blancos.				Remoción en Masa		Remoción en masa de estratos blandos, caída de rocas por volcamiento, reptación.				Análisis Factores Inestables		Con aumento de lluvias se saturan los estratos blandos, generando deslizamientos y caída de rocas por volcamiento.																																																																												
											CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:																																																																																			
											<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DISCONTINUIDADES:</th> <th colspan="3">PLANOS</th> <th colspan="2">CONTINUIDAD</th> <th rowspan="2">ESPACIADO (m)</th> <th colspan="2">SUPERFICIE</th> <th colspan="2">RELLENO</th> <th rowspan="2">APERTURA (mm)</th> <th rowspan="2">PRESENCIA DE AGUA</th> <th rowspan="2">METEORIZACION</th> <th rowspan="2">LITOLOGIA</th> </tr> <tr> <th>TIPO</th> <th>DIR. BUZ.</th> <th>BUZ.</th> <th>SEGUN BUZAMIENTO</th> <th>SEGUN RUMBO</th> <th>ONDULACION</th> <th>RUGOSIDAD</th> <th>TPO</th> <th>ESPESOR mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Estratificación</td> <td>204</td> <td>57</td> <td>1-3</td> <td>1-10</td> <td>0,06-2</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>LH</td> <td>W3-W2</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Diaclasa 1</td> <td>81</td> <td>22</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,2-0,6</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>CL</td> <td><5</td> <td>1-5</td> <td>LH</td> <td>W3-W2</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Diaclasa 2</td> <td>225</td> <td>75</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,2-0,6</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>CL</td> <td><5</td> <td>1-5</td> <td>LH</td> <td>W3-W2</td> <td>Arenisca</td> </tr> </tbody> </table>															DISCONTINUIDADES:	PLANOS			CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACION	LITOLOGIA	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGUN BUZAMIENTO	SEGUN RUMBO	ONDULACION	RUGOSIDAD	TPO	ESPESOR mm		Estratificación	204	57	1-3	1-10	0,06-2	O	R	-	-	-	LH	W3-W2	Arenisca		Diaclasa 1	81	22	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	LH	W3-W2	Arenisca		Diaclasa 2	225	75	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	LH	W3-W2	Arenisca
											DISCONTINUIDADES:	PLANOS			CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACION	LITOLOGIA																																																																					
TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGUN BUZAMIENTO	SEGUN RUMBO	ONDULACION	RUGOSIDAD	TPO	ESPESOR mm																																																																																						
	Estratificación	204	57	1-3	1-10	0,06-2	O	R	-	-	-	LH	W3-W2	Arenisca																																																																																
	Diaclasa 1	81	22	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	LH	W3-W2	Arenisca																																																																																
	Diaclasa 2	225	75	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	LH	W3-W2	Arenisca																																																																																
											<p>P: PLANA; O: ONDULADA; E: ESCALONADA L: LISA; R: RUGOSA Ox: ÓXIDOS; CL: LIMO ARENOSO S: SECO; LH: LIGERAMENTE HÚMEDO; H: HÚMEDO; G: GOTEO; FC: FLUIDO CONTINUO</p>																																																																																			
RMR Bienawski (1989)		RMR 1		RMR 2+3			RMR 4				RMR 5		RMR' seco		RMR' sin corregir		GSI																																																																													
		R.C.S. (kp/cm²)		JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS				PRESENCIA DE AGUA																																																																																			
		Valoración		D1 D2 D3			Contín. Apert. Rugo. Relleno Meteo. Suma				Ligeramente Húmedas		55		50-55																																																																															
		Puntuación		7 24 23 23			3 1 5 2 4 15				10																																																																																			
c =		Intersecciones analizadas:											OBSERVACIONES: Se asume un ROD de 50-75%.																																																																																	
f =																																																																																														

ferrovial	ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ													
	Tramo:	3	UF	3-4	Sector	La Playa	Coordenadas	Este	1.072.093	Norte	1.277.884	Cota		201
	FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES		T3-UF3-4-R08		OBSERVADOR:		Andrés Quintero		FECHA:		23/02/2016			



CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:														
DISCONTINUIDADES:	PLANOS			CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACIÓN	LITOLOGIA
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO		ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm				
	Estratificación	300	25	1-3	1-3	0,2-0,6	O	R	-	-	-	L.H	W3-W2	Arenisca
Estratificación	310	22	<1	1-3	0,2-0,6	O	R	-	-	-	L.H	W3-W2	Arenisca	
Estratificación	295	20	<1	1-3	0,06-0,2	O	R	-	-	-	L.H	W3-W2	Arenisca	
Estratificación	290	27	1-3	3-10	0,6-2	O	R	-	-	-	L.H	W3-W2	Arenisca	
Estratificación	305	26	<1	1-3	0,6-2	O	R	-	-	-	L.H	W3-W2	Arenisca	
Estratificación	310	25	<1	3-10	0,2-0,6	O	R	-	-	-	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 2	110	45	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 2	105	42	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 2	108	41	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 2	115	48	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 2	95	45	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 2	90	40	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 2	100	47	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 2	97	44	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 2	110	46	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 1	20	83	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 1	22	80	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 1	24	85	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 1	28	83	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 1	25	78	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 1	23	77	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 1	20	83	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 1	21	80	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Diaclasa 1	17	81	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	>5	L.H	W3-W2	Arenisca	
Estratificación	305	20	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	-	L.H	W5	Arcilloлита	
Estratificación	307	23	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	-	L.H	W5	Arcilloлита	

T3-UF3-4-R09

ferrovial												ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDO																																																																																												
Tramo: 3			UF: 3-4			Sector: K17+400			Coordenadas Este: 1.072.700			Norte: 1.277.485			Cota: 200																																																																																									
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES						T3-UF3-4-R09			OBSERVADOR: Andrés Quintero						FECHA: 26/02/2016																																																																																									
Geometría del Talud		Dirección: 140°		Pendiente: 60°		H. Maxima (m): 20m		Longitud: 100m				MARGEN		Derecho vía a Bucaramanga																																																																																										
Bermas		N/A						Cunetas		N/A		Estructuras				N/A																																																																																								
Litología		Fm Esmeralda: Arenisca grano fino, gris verdosa, laminada, en capas tabulares, gruesas, moderadamente fracturada (0,2-0,6 m) a poco fracturada (0,6-2 m), ligeramente meteorizada (W2), dureza R4 a R5, intercalada con shale gris moteado purpura rojizo, en capas muy delgadas.						Excavabilidad		Mecánica y/o voladura sin precorte.				Hidrogeología /condiciones de drenaje		Ligeramente húmedo por permeabilidad secundaria e infiltración; saturación de estratos blandos en época de lluvias intensas.																																																																																								
Estado Actual Procesos		Erosión /Sedimentación				Remoción en Masa				Análisis Factores Inestables																																																																																														
Erosión diferencial, surcos en los niveles blandos.		Reptación, deslizamientos en los estratos blandos, caída de roca por volcamiento.				Buzamiento en contra de la pendiente, caída de roca por volcamiento y deslizamientos en los estratos blandos, generan inestabilidad en el talud.																																																																																																		
												<p align="center">CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">DISCONTINUIDADES:</th> <th colspan="2">PLANOS</th> <th colspan="2">CONTINUIDAD</th> <th rowspan="3">ESPACIADO (m)</th> <th colspan="2">SUPERFICIE</th> <th colspan="2">RELLENO</th> <th rowspan="3">APERTURA (mm)</th> <th rowspan="3">PRESENCIA DE AGUA</th> <th rowspan="3">METEORIZACION</th> <th rowspan="3">LITOLOGIA</th> </tr> <tr> <th>TIPO</th> <th>DIR. BUZ.</th> <th>BUZ.</th> <th>SEGÚN BUCAMIENT O</th> <th>SEGÚN RUMBO</th> <th>ONDULACIÓN</th> <th>RUGOSIDAD</th> <th>TPO</th> <th>ESPESOR mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estratificación</td> <td>303</td> <td>29</td> <td><1</td> <td>1-10</td> <td>0,2-2</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>LH</td> <td>W2</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 1</td> <td>74</td> <td>52</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,2-0,6</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>CL</td> <td><5</td> <td>1-5</td> <td>S</td> <td>W2</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 2</td> <td>22</td> <td>84</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,2-0,6</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>CL</td> <td><5</td> <td>0,1-5</td> <td>S</td> <td>W2</td> <td>Arenisca</td> </tr> </tbody> </table> <p align="center"> P: PLANA O ONDULADA; E: ESCALONADA Ox: OXIDOS; CL: LIMO ARENOSO L: LISA; R: RUGOSA S: SECO; LH: LIGERAMENTE HÚMEDO; H: HÚMEDO; G: GOTEÓ; FC: FLUIDO CONTINUO </p>												DISCONTINUIDADES:	PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACION	LITOLOGIA	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUCAMIENT O	SEGÚN RUMBO	ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TPO	ESPESOR mm	Estratificación	303	29	<1	1-10	0,2-2	O	R	-	-	-	LH	W2	Arenisca	Diaclasa 1	74	52	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W2	Arenisca	Diaclasa 2	22	84	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-5	S	W2	Arenisca																
DISCONTINUIDADES:	PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACION	LITOLOGIA																																																																																											
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUCAMIENT O		SEGÚN RUMBO	ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TPO					ESPESOR mm																																																																																										
	Estratificación	303	29	<1		1-10	0,2-2	O	R					-	-	-	LH	W2	Arenisca																																																																																					
Diaclasa 1	74	52	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W2	Arenisca																																																																																											
Diaclasa 2	22	84	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-5	S	W2	Arenisca																																																																																											
<p align="center">Gráfica Discontinuidades/Estereograma</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CONV.</th> <th>DIR. BUZ.</th> <th>BUZ.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estratificación</td> <td>303</td> <td>29</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 1</td> <td>74</td> <td>52</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 2</td> <td>22</td> <td>84</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p align="center">Equal Area Lower Hemisphere 22 Poles 22 Entries</p>												TIPO	CONV.	DIR. BUZ.	BUZ.	Estratificación	303	29		Diaclasa 1	74	52		Diaclasa 2	22	84		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">RMR Bienawski (1989)</th> <th>RMR 1</th> <th colspan="3">RMR 2+3</th> <th colspan="5">RMR 4</th> <th colspan="2">RMR 5</th> <th rowspan="3">GSI</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">R.C.S. (kp/cm²)</th> <th colspan="3">JUNTAS POR METRO</th> <th colspan="5">ESTADO DE LAS JUNTAS</th> <th rowspan="2">PRESENCIA DE AGUA</th> <th rowspan="2">RMR seco</th> <th rowspan="2">RMR sin corregir</th> </tr> <tr> <th>D1</th> <th>D2</th> <th>D3</th> <th>Media</th> <th>Contin.</th> <th>Apert.</th> <th>Rugo.</th> <th>Relleño</th> <th>Meteo.</th> <th>Suma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valoración</td> <td>100-250 Mba</td> <td>0,2-0,6 m</td> <td>0,2-0,6 m</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Puntuación</td> <td>12</td> <td>28</td> <td>27</td> <td>27</td> <td>27</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>17</td> <td>13</td> <td>69</td> <td>50-60</td> </tr> </tbody> </table>												RMR Bienawski (1989)	RMR 1	RMR 2+3			RMR 4					RMR 5		GSI	R.C.S. (kp/cm²)	JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS					PRESENCIA DE AGUA	RMR seco	RMR sin corregir	D1	D2	D3	Media	Contin.	Apert.	Rugo.	Relleño	Meteo.	Suma	Valoración	100-250 Mba	0,2-0,6 m	0,2-0,6 m												Puntuación	12	28	27	27	27	3	2	5	2	5	17	13	69	50-60
TIPO	CONV.	DIR. BUZ.	BUZ.																																																																																																					
Estratificación	303	29																																																																																																						
Diaclasa 1	74	52																																																																																																						
Diaclasa 2	22	84																																																																																																						
RMR Bienawski (1989)	RMR 1	RMR 2+3			RMR 4					RMR 5		GSI																																																																																												
	R.C.S. (kp/cm²)	JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS					PRESENCIA DE AGUA	RMR seco		RMR sin corregir																																																																																											
		D1	D2	D3	Media	Contin.	Apert.	Rugo.	Relleño					Meteo.	Suma																																																																																									
Valoración	100-250 Mba	0,2-0,6 m	0,2-0,6 m																																																																																																					
Puntuación	12	28	27	27	27	3	2	5	2	5	17	13	69	50-60																																																																																										
c =												Intersecciones analizadas:												OBSERVACIONES: Se asume un ROD de 75-90%.																																																																																
f =																																																																																																								

ferrovial


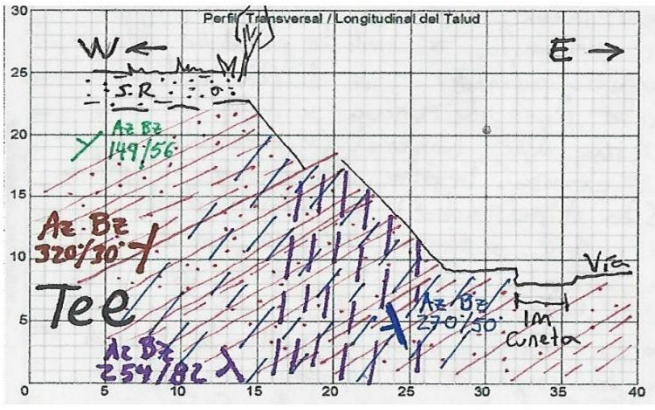
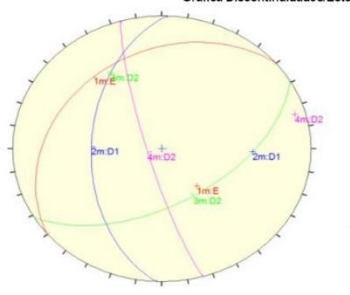
ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ


Tramo:	3	UF	3-4	Sector	K17+400	Coordenadas	Este	1.072.760	Norte	1.277.485	Cota	200
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES		T3-UF3-4-R09		OBSERVADOR:	Andrés Quintero			FECHA:	26/02/2016			



CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:														
DISCONTINUIDADES:	PLANOS			CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACIÓN	LITOLOGIA
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO		ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm				
	Estratificación	310	30	<1	1-3	0,6-2	O	R	-	-	-	L.H	W2	Arenisca
Estratificación	300	25	<1	1-3	0,6-2	O	R	-	-	-	L.H	W2	Arenisca	
Estratificación	305	32	<1	3-10	0,6-2	O	R	-	-	-	L.H	W2	Arenisca	
Estratificación	312	30	<1	3-10	0,6-2	O	R	-	-	-	L.H	W2	Arenisca	
Estratificación	300	35	<1	3-10	0,2-0,6	O	R	-	-	-	L.H	W2	Arenisca	
Estratificación	295	26	<1	3-10	0,2-0,6	O	R	-	-	-	L.H	W2	Arenisca	
Estratificación	300	28	<1	3-10	0,6-2	O	R	-	-	-	L.H	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	75	50	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-1	L.H	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	71	54	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	76	50	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	80	57	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	71	51	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	82	50	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	>5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	72	53	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	>5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 1	68	55	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	20	85	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	0,1-1	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	25	80	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	0,1-1	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	22	83	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	0,1-1	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	20	84	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	0,1-1	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	24	86	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	20	83	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W2	Arenisca	
Diaclasa 2	25	85	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W2	Arenisca	

T3-UF3-4-R10

ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDO																																																																																															
ferroviario	Tramo:	3	UF	3-4	Sector:	K16+925	Coordenadas	Este	1.072.648	Norte	1.277.571	Cota	195																																																																																		
	FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES		T3-UF3-4-R10		OBSERVADOR:	Andrés Quintero						FECHA:	26/02/2016																																																																																		
Geometría del Talud		Dirección	180°	Pendiente	60°	H. Máxima (m)	5m		Longitud	8m		MARGEN	Izquierdo vía Bucaramanga																																																																																		
		Bermas	N/A		Cunetas	1m (pavimento)		Estructuras	N/A																																																																																						
Descripción Talud	Litología	Fm Esmeralda: Areniscas de grano fino, color gris verdoso, en capas delgadas, fracturadas, moderadamente meteorizada (W3), dureza media (R3), intercaladas con lutitas shale en capas muy delgadas.			Excavabilidad	Mecánica y/o voladura sin precorte.			Hidrogeología /condiciones de drenaje	Ligeramente húmeda por infiltración; permeabilidad secundaria.																																																																																					
	Estado Actual Procesos	Erosión /Sedimentación Erosión diferencial y surcos en los niveles blandos.			Remoción en Masa	Reptación, deslizamientos en los estratos blandos y caída de rocas por volcamiento.			Analisis Factores Inestables	Debido al buzamiento con la pendiente, caída de rocas por volcamiento y deslizamientos de los estratos blandos generan inestabilidad en el talud.																																																																																					
		<p>CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">DISCONTINUIDADES:</th> <th colspan="2">PLANOS</th> <th colspan="2">CONTINUIDAD</th> <th rowspan="3">ESPACIADO (m)</th> <th colspan="2">SUPERFICIE</th> <th colspan="2">RELLENO</th> <th rowspan="3">APERTURA (mm)</th> <th rowspan="3">PRESENCIA DE AGUA</th> <th rowspan="3">METEORIZACION</th> <th rowspan="3">LITOLOGIA</th> </tr> <tr> <th>TIPO</th> <th>DIR. BUZ.</th> <th>BUZ.</th> <th>SEGÚN BUZAMIENT O</th> <th>SEGÚN RUMBO</th> <th>ONDULACIÓN</th> <th>RUGOSIDAD</th> <th>TIPO</th> <th>ESPESOR mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estratificación</td> <td>320</td> <td>30</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,06-0,6</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>LH-S</td> <td>W2-W3</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 1</td> <td>272</td> <td>51</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,06-0,6</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>CL</td> <td><5</td> <td>1-5</td> <td>S</td> <td>W3</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 2</td> <td>149</td> <td>56</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,2-2</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>CL</td> <td><5</td> <td>0,1-1</td> <td>S</td> <td>W3</td> <td>Arenisca</td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 3</td> <td>254</td> <td>82</td> <td><1</td> <td><1</td> <td>0,2-0,6</td> <td>O</td> <td>R</td> <td>CL</td> <td><5</td> <td>0,1-5</td> <td>S</td> <td>W3</td> <td>Arenisca</td> </tr> </tbody> </table> <p>P: PLANA; O: ONDULADA; E: ESCALONADA Ox: ÓXIDOS; CL: LIMO ARENOSO S: SECO; LH: LIGERAMENTE HÚMEDO; H: HÚMEDO; G: GOTEO; FC: FLUIDO CONTINUO</p>										DISCONTINUIDADES:	PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACION	LITOLOGIA	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENT O	SEGÚN RUMBO	ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm	Estratificación	320	30	<1	<1	0,06-0,6	O	R	-	-	-	LH-S	W2-W3	Arenisca	Diaclasa 1	272	51	<1	<1	0,06-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca	Diaclasa 2	149	56	<1	<1	0,2-2	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca	Diaclasa 3	254	82	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-5	S	W3	Arenisca					
DISCONTINUIDADES:	PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA		METEORIZACION	LITOLOGIA																																																																																	
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENT O		SEGÚN RUMBO	ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO						ESPESOR mm																																																																																
	Estratificación	320	30	<1		<1	0,06-0,6	O	R			-			-	-	LH-S	W2-W3	Arenisca																																																																												
Diaclasa 1	272	51	<1	<1	0,06-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca																																																																																		
Diaclasa 2	149	56	<1	<1	0,2-2	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca																																																																																		
Diaclasa 3	254	82	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-5	S	W3	Arenisca																																																																																		
<p>Gráfica Discontinuidades/Estereograma</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>CONV.</th> <th>DIR. BUZ.</th> <th>BUZ.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estratificación</td> <td>320</td> <td>30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 1</td> <td>272</td> <td>51</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 2</td> <td>149</td> <td>56</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diaclasa 3</td> <td>254</td> <td>82</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Equal Area Lower Hemisphere 27 Poles 27 Entries</p>		TIPO	CONV.	DIR. BUZ.	BUZ.	Estratificación	320	30		Diaclasa 1	272	51		Diaclasa 2	149	56		Diaclasa 3	254	82		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">RMR Bienawski (1989)</th> <th>RMR 1</th> <th colspan="3">RMR 2+3</th> <th colspan="5">RMR 4</th> <th>RMR 5</th> <th rowspan="3">RMR seco</th> <th rowspan="3">RMR sin corregir</th> <th rowspan="3">GSI</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">R.C.S. (kp/cm²)</th> <th colspan="3">JUNTAS POR METRO</th> <th colspan="5">ESTADO DE LAS JUNTAS</th> <th rowspan="2">PRESENCIA DE AGUA</th> </tr> <tr> <th>D1</th> <th>D2</th> <th>D3</th> <th>Media</th> <th>Contin.</th> <th>Apert.</th> <th>Rugo.</th> <th>Relleño</th> <th>Metco.</th> <th>Suma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valoración</td> <td>25-50 MPa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><1</td> <td></td> <td>R</td> <td><5 mm</td> <td>W3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Puntuación</td> <td>4</td> <td>24</td> <td>24</td> <td>26</td> <td>25</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>18</td> <td>13</td> <td>60</td> <td>55-60</td> </tr> </tbody> </table> <p>c = Intersecciones analizadas: OBSERVACIONES: Se asume un ROD de 50-75%.</p> <p>f =</p>										RMR Bienawski (1989)	RMR 1	RMR 2+3			RMR 4					RMR 5	RMR seco	RMR sin corregir	GSI	R.C.S. (kp/cm²)	JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS					PRESENCIA DE AGUA	D1	D2	D3	Media	Contin.	Apert.	Rugo.	Relleño	Metco.	Suma	Valoración	25-50 MPa					<1		R	<5 mm	W3					Puntuación	4	24	24	26	25	6	2	5	2	3	18	13	60	55-60
TIPO	CONV.	DIR. BUZ.	BUZ.																																																																																												
Estratificación	320	30																																																																																													
Diaclasa 1	272	51																																																																																													
Diaclasa 2	149	56																																																																																													
Diaclasa 3	254	82																																																																																													
RMR Bienawski (1989)	RMR 1	RMR 2+3			RMR 4					RMR 5	RMR seco	RMR sin corregir	GSI																																																																																		
	R.C.S. (kp/cm²)	JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS					PRESENCIA DE AGUA																																																																																					
		D1	D2	D3	Media	Contin.	Apert.	Rugo.	Relleño					Metco.	Suma																																																																																
Valoración	25-50 MPa					<1		R	<5 mm	W3																																																																																					
Puntuación	4	24	24	26	25	6	2	5	2	3	18	13	60	55-60																																																																																	

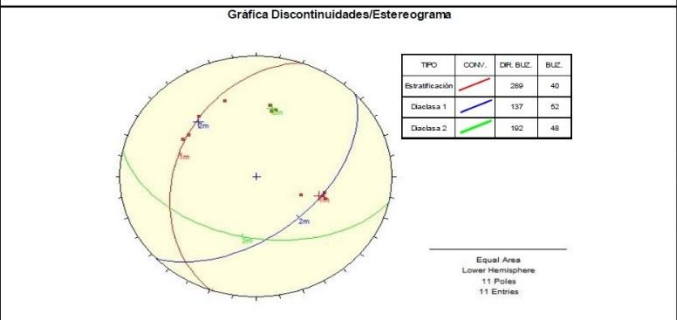
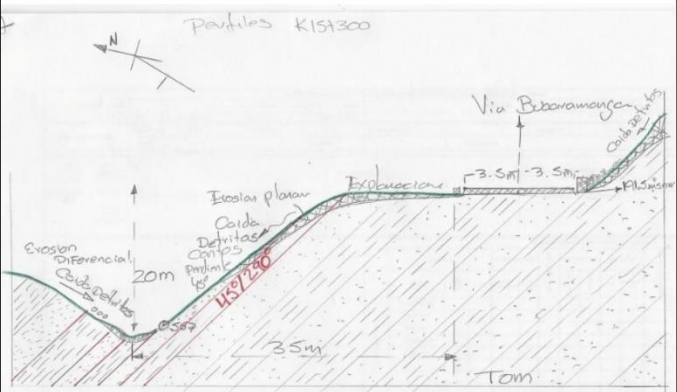
ferroviario	ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ													
	Tramo:	3	UF	3-4	Sector	K16+925	Coordenadas	Este	1.072.648	Norte		1.277.571	Cota	195
	FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES	T3-UF3-4-R10		OBSERVADOR:	Andrés Quintero			FECHA:	26/02/2016					



CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:														
	PLANOS			CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACIÓN	LITOLOGIA
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO		ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm				
	Estratificación	320	30	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	-	S	W2	Arenisca
	Estratificación	315	28	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	-	S	W3	Arenisca
	Estratificación	318	27	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	-	S	W3	Arenisca
	Estratificación	322	32	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	-	L.H	W3	Arenisca
	Estratificación	325	33	<1	<1	0,06-0,2	O	R	-	-	-	S	W3	Arenisca
DISCONTINUIDADES:	Diaclasa 1	270	50	<1	<1	0,06-0,2	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 1	268	47	<1	<1	0,06-0,2	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 1	275	45	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 1	271	53	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 3	250	85	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 3	248	80	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 3	255	83	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 3	251	81	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 3	265	80	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 1	272	53	<1	<1	0,06-0,2	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 1	270	55	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 1	277	55	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	1-5	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 2	155	51	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 2	142	58	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 2	145	56	<1	<1	0,6-2	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 2	153	54	<1	<1	0,6-2	O	R	CL	<5	0,1-1	S	W3	Arenisca
	Diaclasa 2	150	62	<1	<1	0,2-0,6	O	R	CL	<5	0,1-1	L.H	W3	Arenisca
	Diaclasa	195	80	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	1-5	S	W2	Arenisca
	Diaclasa	200	86	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	>5	S	W2	Arenisca
	Diaclasa	210	83	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	1-5	S	W2	Arenisca
	Diaclasa	205	84	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	>5	S	W3	Arenisca
	Diaclasa	190	85	<1	<1	0,2-0,6	O	R	-	-	>5	S	W3	Arenisca

T3-UF3-4-R13

ferrovial	ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ										E.L.B. GEOLOGÍA Y VAJES SPA				
Tramo: 3		UF		3-4		Sector: K15+300		Coordenadas Este: 1.278.382		Norte: 1.071.365		Cota			
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES				T3-UF3-4-R13		OBSERVADOR: Álvaro Mancera Otero		FECHA: 01/06/2016							
Geometría del Talud		Dirección: 205		Pendiente: 45		H. Maxima (m): 15		Longitud: 50		MARGEN					
		Bermas		Cunetas		Estructuras									
Descripción Talud	Litología	Capas de areniscas arcosas de color gris verdoso con oxidaciones rojizas, se encuentra infrayaciendo capas gruesas de arcillolitas de color gris verdoso con tonos rojos con espesor entre 40 y 60 cm alterados tipo W4 y W3 de resistencia R2 a R1, deleznable al golpe				Excavabilidad		Ripao - mecanico		Hidrogeología /condiciones de drenaje			Flujo de agua por el plano de estratificación, brote de agua del contacto arcillolitas areniscas, flujo en dirección del buzamiento		
	Estado Actual Procesos	Erosión /Sedimentación Laderas erosionadas. Ladera izquierda presenta erosión diferencial. Ladera derecha, erosión laminar.				Remoción en Masa Caída y transporte de cantos, ladera derecha con fragmentos de roca dispersos en la ladera con obras de mitigación de canalización de quebrada (Box) y canal de desagüe.				Análisis Factores Inestables					
CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:															
DISCONTINUIDADES:	PLANOS		CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACION	LITOLOGIA		
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO		SEGÚN RUMBO	ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO					ESPESOR mm	
	Estratificación	289	40	4	2	0,4	P	L	-	-	-	H	W4-W3	Areniscas	
	Diaclasa 1	137	52	2	1	0,4	P	R	OX	1	1-5	H	W4	Areniscas arcoscicas	
	Diaclasa 2	192	48	2	1	0,4	P	R	OX	1	1-5	H	W4	Areniscas arcoscicas	
P: PLANA; O: ONDULADA; E: ESCALONADA Ox: OXIDOS; CL: LIMO ARENOSO												L: LISA; R: RUGOSA			
S: SECO; LH: LIGERAMENTE HUMEDO; H: HUMEDO; G: GOTEO; FC: FLUIDO CONTINUO															
RMR Bienawski (1989)	RMR 1	RMR 2+3			RMR 4					RMR 5		RMR' seco	RMR' sin corregir	GSI	
	R. C. S. (kp/cm ²)	JUNTAS POR METRO			ESTADO DE LAS JUNTAS					PRESENCIA DE AGUA					
	Valoración	25-50 Mpa	D1	D2	D3	Media	Contin.	Apert.	Rugo.	Releno	Meteo.	Suma	PRESENCIA DE AGUA		44
Puntuación	4	18	18		12	10	1	5	2	3	21	H			
c =	Intersecciones analizadas:										OBSERVACIONES: Se asume un RQD de 25-50%.				
f =															



ferrovia

ESTACIONES GEOLÓGICAS CORREDOR BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ

Tramo:	3	UF	3-4	Sector	K15+300	Coordenadas Este	1.278.382	Norte	1.071.365	Cota	
FICHA DE INVENTARIO DE TALUDES		T3-UF3-4-R13	OBSERVADOR:		Álvaro Mancera Otero			FECHA:	01/06/2016		



CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO:														
DISCONTINUIDADES:	PLANOS			CONTINUIDAD		ESPACIADO (m)	SUPERFICIE		RELLENO		APERTURA (mm)	PRESENCIA DE AGUA	METEORIZACIÓN	LITOLOGIA
	TIPO	DIR. BUZ.	BUZ.	SEGÚN BUZAMIENTO	SEGÚN RUMBO		ONDULACIÓN	RUGOSIDAD	TIPO	ESPESOR mm				
	Estratificación	285	43	4	2	0,4	P	L	-	-	-	-	W4-W3	Areniscas
	Estratificación	290	45	4	2	0,2	P	L	-	-	-	-	W4-W3	Areniscas
	Estratificación	288	43	4	2	0,4	P	L	-	-	-	-	W4-W3	Areniscas
	Estratificación	295	30	4	2	0,4	P	L	-	-	-	-	W4-W3	Areniscas
	Diaclasas	190	50	2	1	0,4	P	R	OX	1	1-5	H	W4	Areniscas subarcosas
	Diaclasas	195	48	2	1	0,4	P	R	OX	1	1-5	H	W4	Areniscas subarcosas
	Diaclasas	192	46	2	1	0,4	P	R	OX	1	1-5	H	W4	Areniscas subarcosas
	Diaclasas	120	52	2	1	0,4	P	R	OX	1	1-5	H	W4	Areniscas subarcosas
Diaclasas	125	50	2	1	0,4	P	R	OX	1	1-5	H	W4	Areniscas subarcosas	
Diaclasas	160	56	2	1	0,4	P	R	OX	1	1-5	H	W4	Areniscas subarcosas	
Diaclasas	140	55	2	1	0,4	P	R	OX	1	1-5	H	W4	Areniscas subarcosas	

ANEXO E. e-mail con autorización por parte de Ferrocol para uso de la información.

21/9/2017

Gmail - Respuesta Solicitud Información



Andres Quintero <geologoandresquintero@gmail.com>

Respuesta Solicitud Información

1 mensaje

ytoloza@ferrocalsantander.com <ytoloza@ferrocalsantander.com>
Para: geologoandresquintero@gmail.com

20 de septiembre de 2017, 15:31

Buena tarde, Sr. Jairo Andres Quintero.

Reciba un cordial saludo.

El motivo del presente es comunicarle que el Consorcio Ferrocol Santander dió respuesta positiva a su solicitud de uso del informe de Geología UF 3 y UF 4, con el fin que sea usada exclusivamente para fines académicos.

Por lo anterior, debe contactarse con la Geóloga Raquel Gonzalez para agendar una cita.

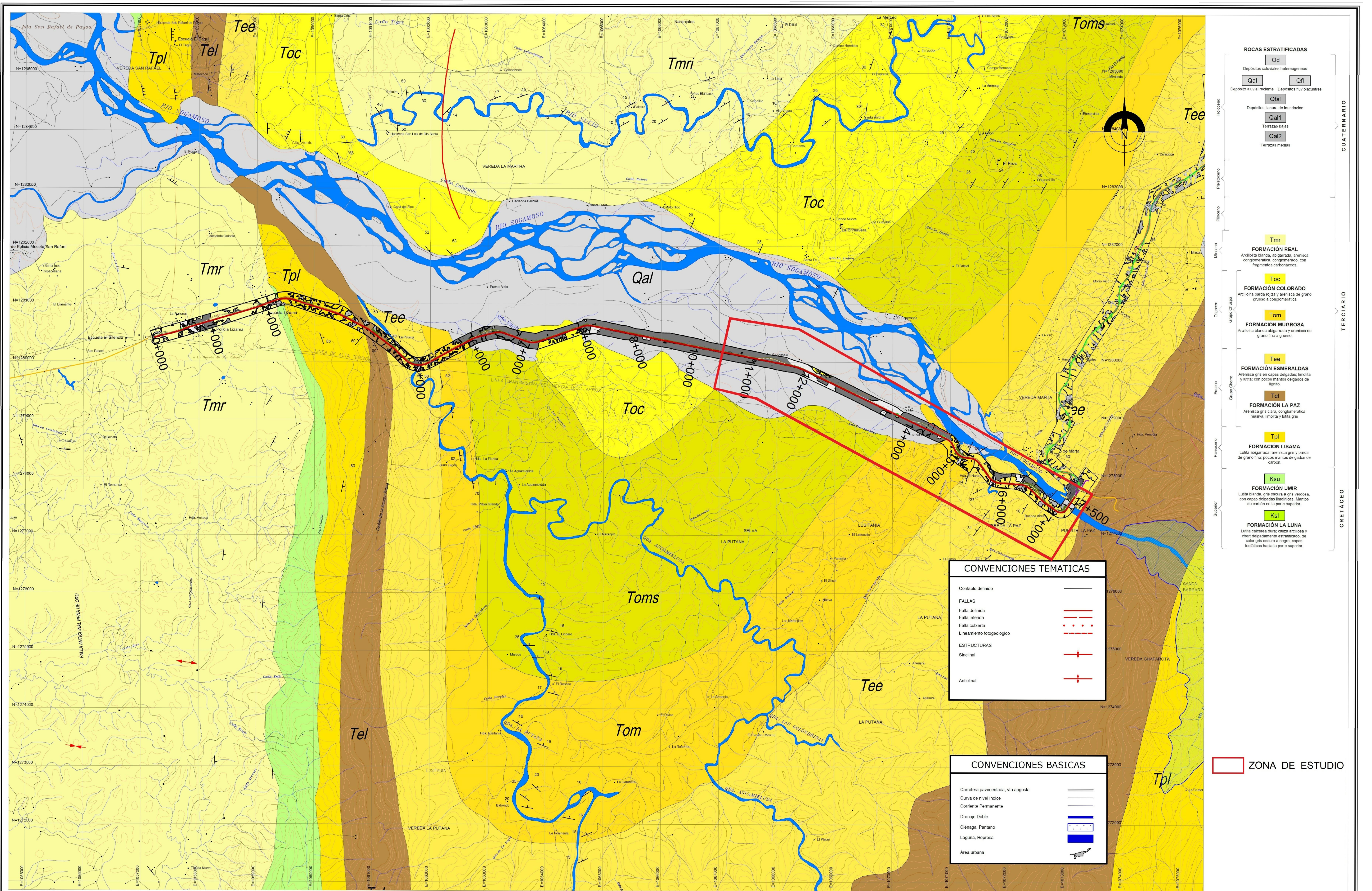
Se agradece atención prestada.

Atentamente,

YANDIRA TOLOZA MENDOZA
Profesional Social
Programa Atención al Usuario
Corredor Vial Bucaramanga- Barrancabermeja- Yondò.

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=8be2133244&jsver=aZ6xZFZ9ec0.es.&view=pt&search=inbox&th=15ea0fca4cace9ba&siml=15ea0fca4cace...> 1/1

ANEXO F. Planos (ver carpeta adjunta en Base de Datos)



ROCAS ESTRATIFICADAS

Depósitos coluviales heterogéneos	Qd
Deposito aluvial reciente	Qal
Deposito fluvioaluvial	Qfl
Deposito lanura de inundación	Qf1
Terrazas bajas	Qal1
Terrazas medias	Qal2
CUATERNARIO	
FORMACIÓN REAL	
Arcollita blanca, abigarrada, arenisca conglomerática, conglomerado, con fragmentos carboníferos.	Tmr
FORMACIÓN COLORADO	
Arcollita pasta rígida y arenisca de grano grueso a conglomerática	Toc
FORMACIÓN MUGROSA	
Arcollita blanda abigarrada y arenisca de grano fino a grueso.	Tom
FORMACIÓN ESMERALDAS	
Arenisca gris en capas delgadas, limolita y lutita, con pocos mantos delgados de lignito	Tee
FORMACIÓN LA PAZ	
Arenisca gris clara, conglomerática masiva, limolita y lutita gris	Tel
FORMACIÓN LISAMA	
Lutita abigarrada, arenisca gris y pasta de grano fino, pocos mantos delgados de carbón.	Tpl
FORMACIÓN UMIR	
Lutita blanca, gris oscura a gris verdosa, con capas delgadas limolíticas. Mantos de carbón en la parte superior.	Ksu
FORMACIÓN LA LUNA	
Lutita calcárea a dura, caliza arcillosa y chert delgadamente estratificado, de color gris oscuro a negro, capas fosfáticas hacia la parte superior.	Ksl
CRETACEO	

CONVENCIONES TEMATICAS

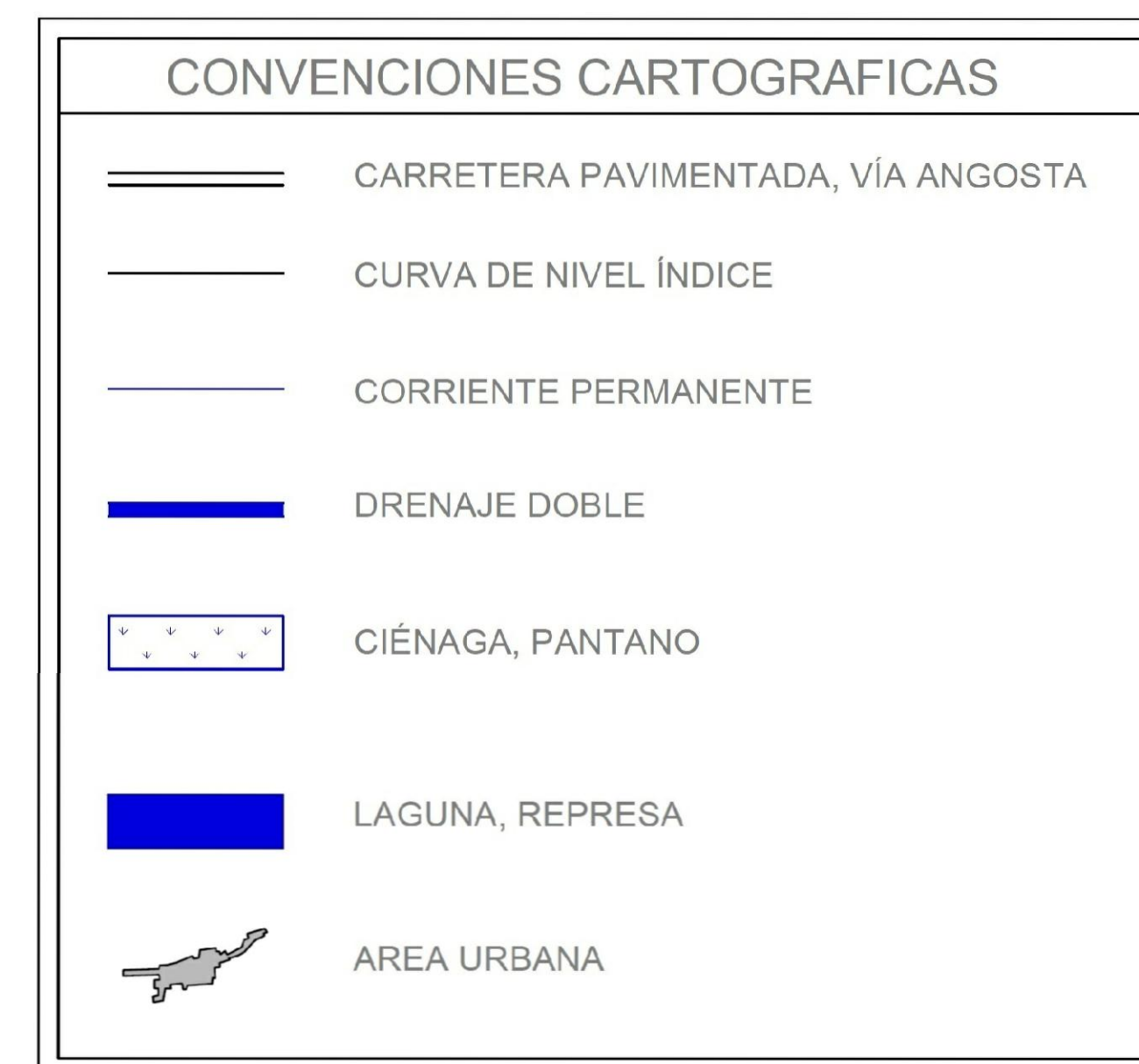
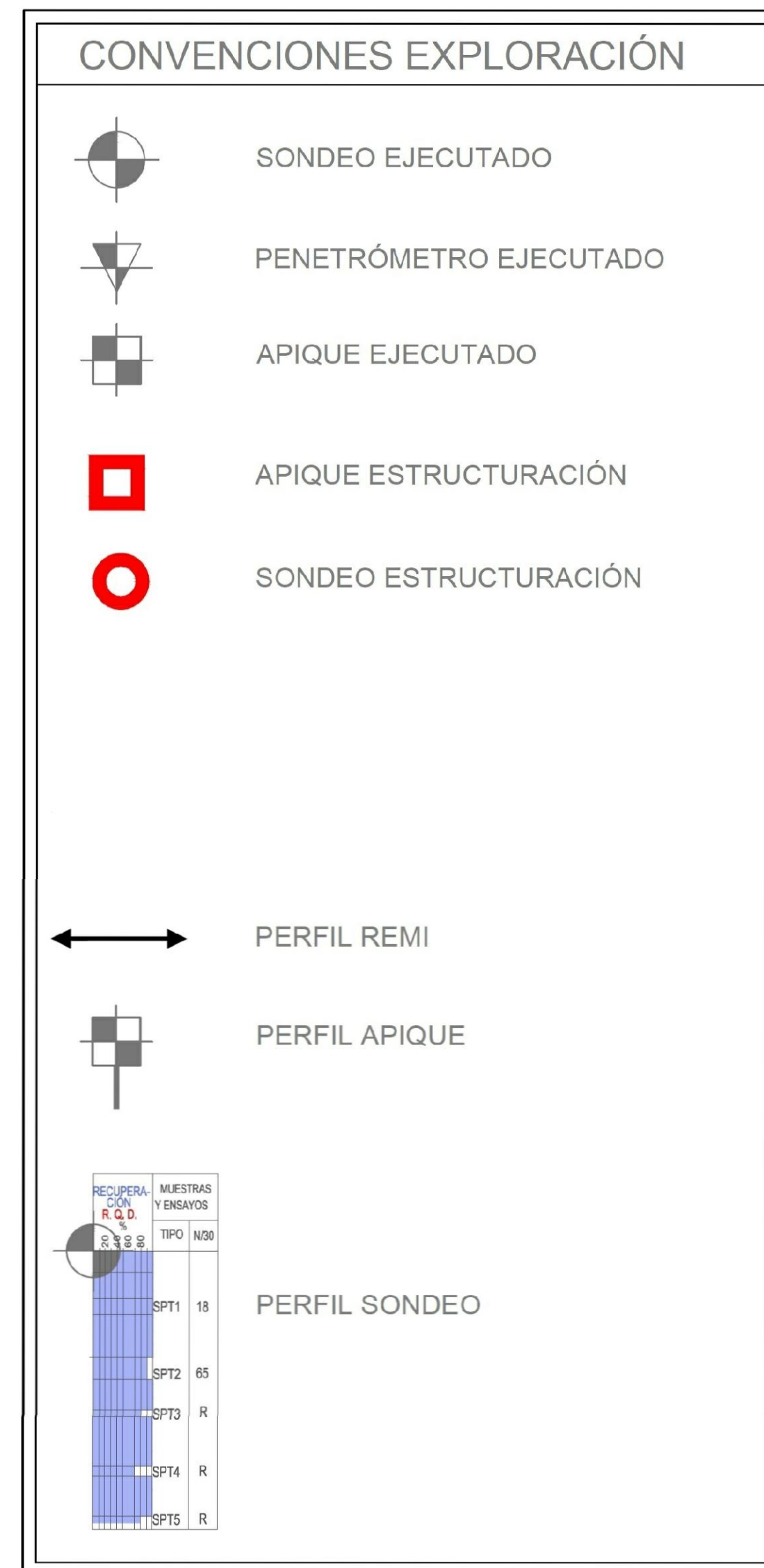
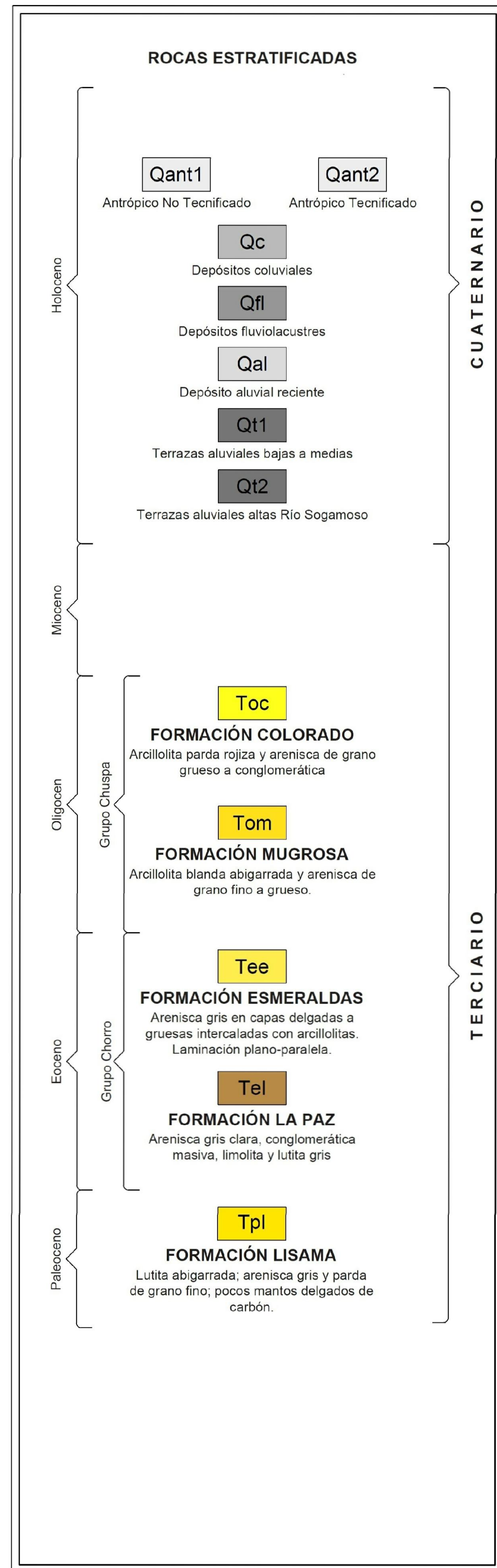
Contacto definido	—
FALLAS	—
Falla definida	—
Falla inferida	—
Falla cubierta	—
Lineamiento topográfico	—
ESTRUCTURAS	—
Sinclinal	—
Anticlinal	—

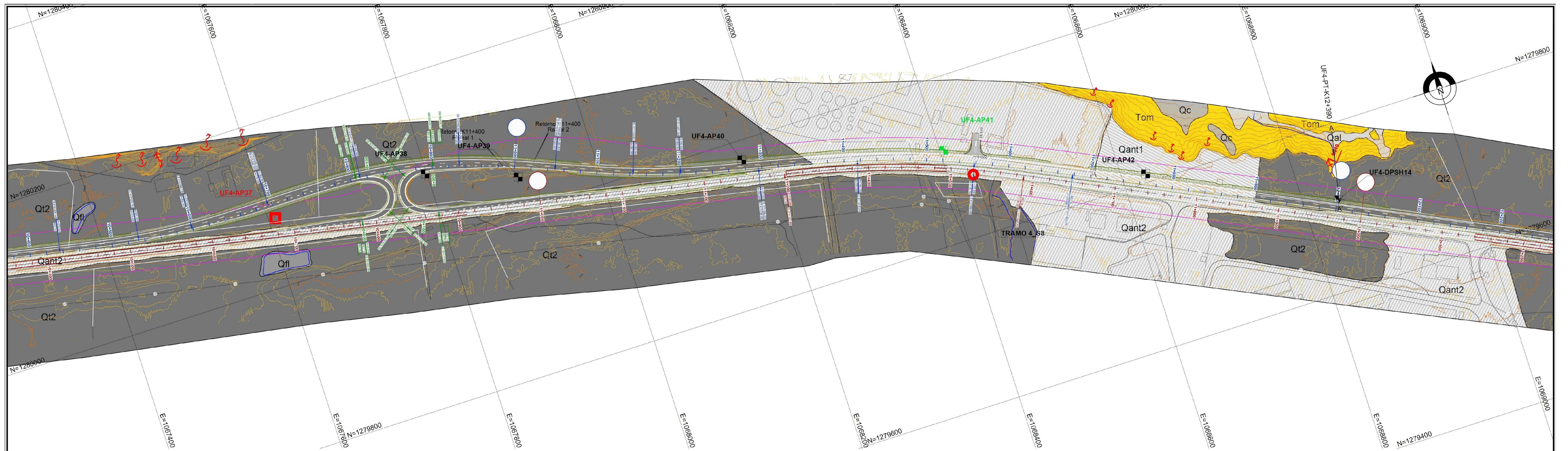
CONVENCIONES BASICAS

Carretera pavimentada, vía angosta	—
Curva de nivel índice	—
Corriente Permanente	—
Drenaje Doble	—
Ciénaga, Paritino	—
Laguna, Represa	—
Area urbana	—

ZONA DE ESTUDIO

	CONCESION:	DIRECTOR CONSULTORIA:	APROBO:	MODIFICACIONES:	REFERENCIA:	OBJETO:	CONTENIDO:	ESCALA:	TIPO PLANO:	
	GESAC	Geólogo Edgar Bueno Mat: 1453 C.P.G.	GESAC	Fecha Revisión Observaciones Revisado	ESQUEMA DE APP CONTRATO No. 013 DE 2015	CONCESIÓN CORREDOR VIAL BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ	PLANO GEOLOGÍA REGIONAL TRABAJO DE APLICACIÓN: GEOLOGIA PARA INGENIERIA DEL TRAMO DESDE KM 10+400 HASTA KM 17+560 PERTENECIENTE A LA UNIDAD FUNCIONAL UF3 - UF4 DEL CONSORCIO FERROCOL SANTANDER RUTA DEL CACAO EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA.	1 : 25.000	PLANO: PLANO 1 01 DE 01	
							UNIDAD FUNCIONAL 4	ELABORACION: GEOLOGO ANDRES QUINTERO C.P.B. 3861	FECHA EDICION: OCTUBRE DE 2017	





DIRECTOR DE PROYECTO:
Marín García Zafra
Coi: CICCOP-19-426

ESPECIALISTA:
Geólogo Edgar Bueno
TP 1453 C.P.G

INTERVENTORIA:

INGENIERÍA DE VALOR

MODIFICACIONES

Fecha	Revisión	Observaciones	Revisado
Julio 2015	05		
Diciembre 2015	01		

PROCESO:
VJ-VE-APP-IPB-001-2015

PROYECTO:
CONCESIÓN CORREDOR VIAL
BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ
UF-4

REFERENCIA:
ESQUEMA DE APP
CONTRATO No. 013 DE 2015

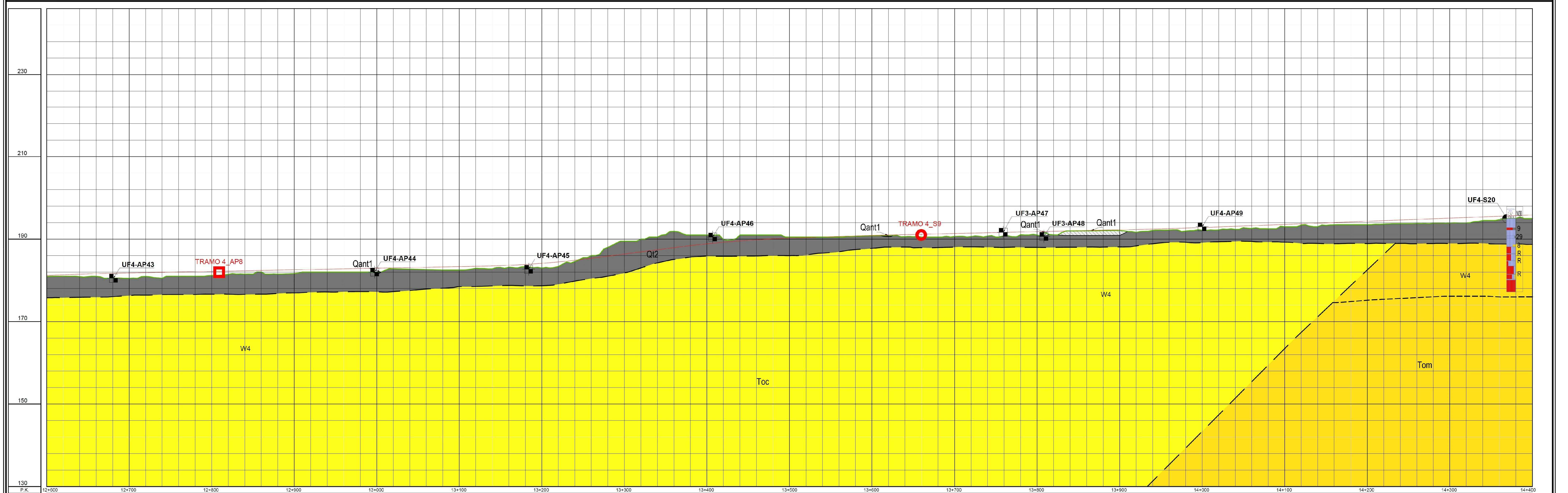
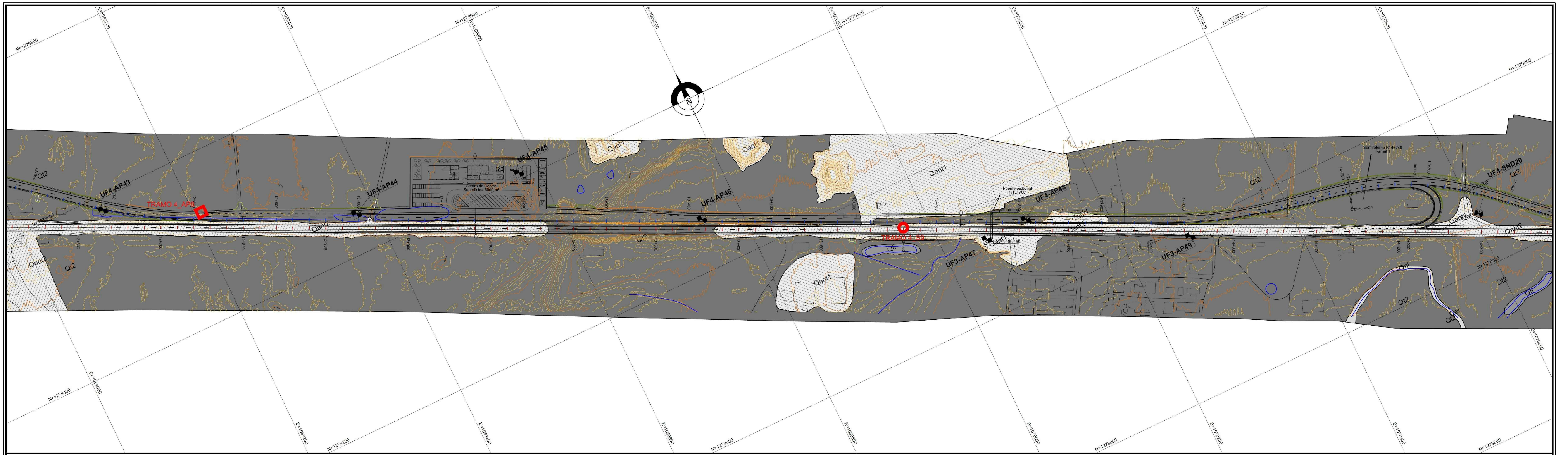
CONTENIDO:
PLANO GEOLÓGICO PLANTA PERFIL K10+800 AL K12+600
TRABAJO DE APLICACIÓN: GEOLOGIA PARA INGENIERIA DEL
TRAMO DESDE KM 10+400 HASTA KM 17+500 PERTENECIENTE A
LA UNIDAD FUNCIONAL UF3 - UF4 DEL CONSORCIO FERROCOL
SANTANDER RUTA DEL CACAO EN EL DEPARTAMENTO DE
SANTANDER, COLOMBIA.

ESCALA:
0 40 80
0 8 16
HOR: 1:2.000
VER: 1:400

LABORIO EDICIÓN:
GEOLOGO ANDRÉS GUINERO
C.P.G 3881

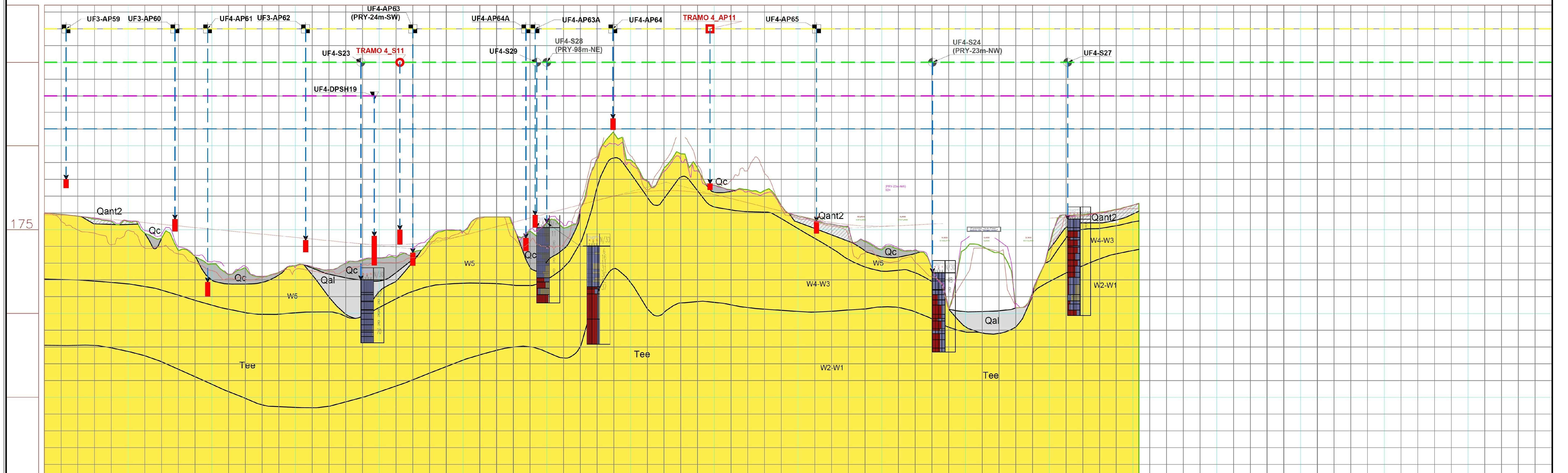
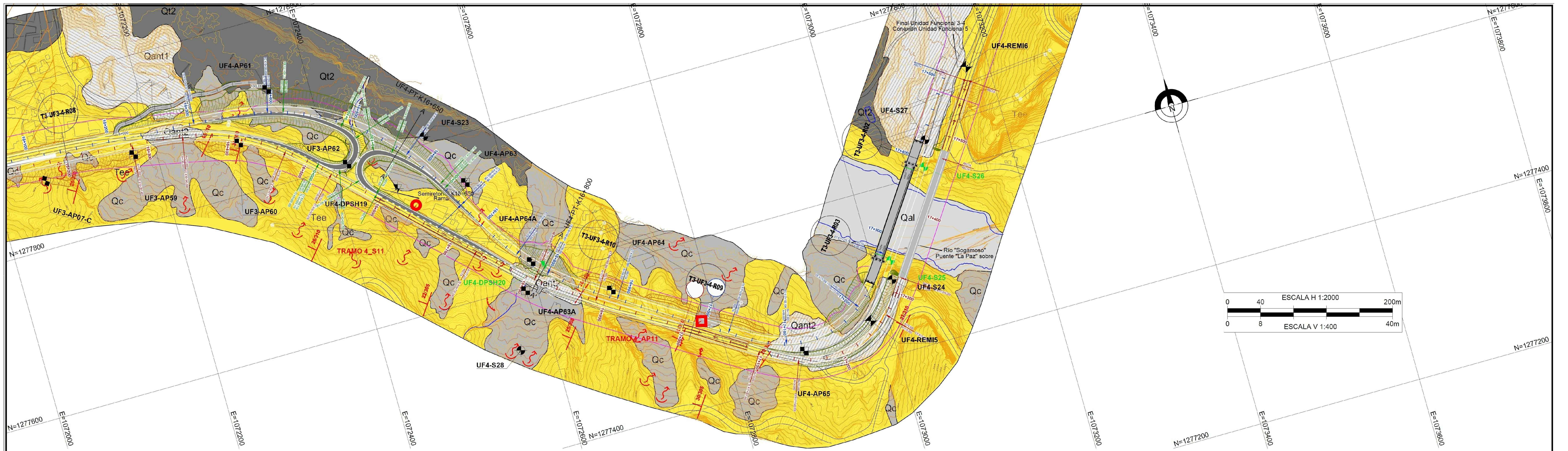
FECHA EDICIÓN:
OCTUBRE DE 2017

TIPO PLANO:
PLANO 2
02 DE 05



P.K.	12+000	12+100	12+200	12+300	12+400	12+500	12+600	12+700	12+800	12+900	13+000	13+100	13+200	13+300	13+400	13+500	13+600	13+700	13+800	13+900	14+000	14+100	14+200	14+300	14+400
COTAS	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317
PROYECTADA	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317	101.317

	DIRECTOR DE PROYECTO: Martín García Zañe Col. CICOP: 10.406	INTERVENORIA: 	MODIFICACIONES Fecha: Julio 2016 Revisión: 00 Observaciones: Diciembre 2016 Revisado: 01	PROCESO: VJ-VE-APP-IPB-001-2015	CONTENIDO: PLANO GEOLÓGICO PLANTA PERFIL K12+600 AL K14+400 TRABAJO DE APLICACIÓN: GEOLOGIA PARA INGENIERIA DEL TRAMO DESDE KM 10+400 HASTA KM 17+560 PERTENECIENTE A LA UNIDAD FUNCIONAL UF3 - UF4 DEL CONSORCIO FERROCOL SANTANDER RUTA DEL CACAO EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA.	ESCALA: 	TIPO PLANO: PLANO 2 03 DE 05
			ESPECIALISTA: Geólogo Edgór Bueno TP 1453 C.P.G.	REFERENCIA: ESQUEMA DE APP CONTRATO No. 013 DE 2015	ELABORACIÓN: GEOLOGO ANDRÉS GUNTERO C.P. 3.589	FECHA EDICIÓN: OCTUBRE DE 2017	



P.K.	16+200	16+300	16+400	16+500	16+600	16+700	16+800	16+900	17+000	17+100	17+200	17+300	17+400	17+500
COTAS	176.522	178.465	178.212	177.833	177.443	176.989	176.715	176.384	175.929	175.415	174.928	174.328	173.528	172.777
LITOLOGIA	Suelo residual (OL-CL) (S1-S3) antropico, matriz compacta y niveles cohesivos (Tee)	(Qant2) deposito antrópico, matriz compacta y niveles gravosos arena granular (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)	(Qc) (S5-S4) (CL-CP) cohesivos de la Formación Esmeralda (Tee)
ESTRUCTURA														
RMP ESTIMADO														
COTA BASANTE														

CONSULTOR:

DIRECTOR DE PROYECTO:

Martin Garcia Zafra
Col. CIOCP-19-406

ESPECIALISTA:

Geologo Edgar Bueno
TP 1453 C.P.G

INTERVENTORIA:

MODIFICACIONES

Fecha	Revisión	Observaciones	Revisado
Julio 2016	00		
Diciembre 2016	01		

PROCESO:

VJ-VE-APP-IPB-001-2015

PROYECTO:

CONCESIÓN CORREDOR VIAL BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ UF-4

REFERENCIA:

ESQUEMA DE APP CONTRATO No. 013 DE 2015

CONTENIDO:

PLANO GEOLÓGICO PLANTA PERFIL K16+200 AL K17+600

TRABAJO DE APLICACIÓN: GEOLOGIA PARA INGENIERIA DEL TRAMO DESDE KM 10+400 HASTA KM 17+560 PERTENECIENTE A LA UNIDAD FUNCIONAL UF3 - UF4 DEL CONSORCIO FERROCOL SANTANDER RUTA DEL CACAO EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA.

ESCALA:

TIPO PLANO:

PLANO 2
05 DE 05

ELABORÓ: EDICIÓN: GEOLOGICO ANDRES QUINTERO C.P.G. 3381

FECHA: EDICIÓN: OCTUBRE DE 2017



SITIO CRÍTICO K12+000
 Cota Terreno = 178.06
 Cota Proyecto = 179.622
 Volumen firme = 52.84 m³

Volumen terraplen = 596.97 m³
 Volumen excava saneo = 335.37 m³
 Volumen terrap saneo = 335.37 m³

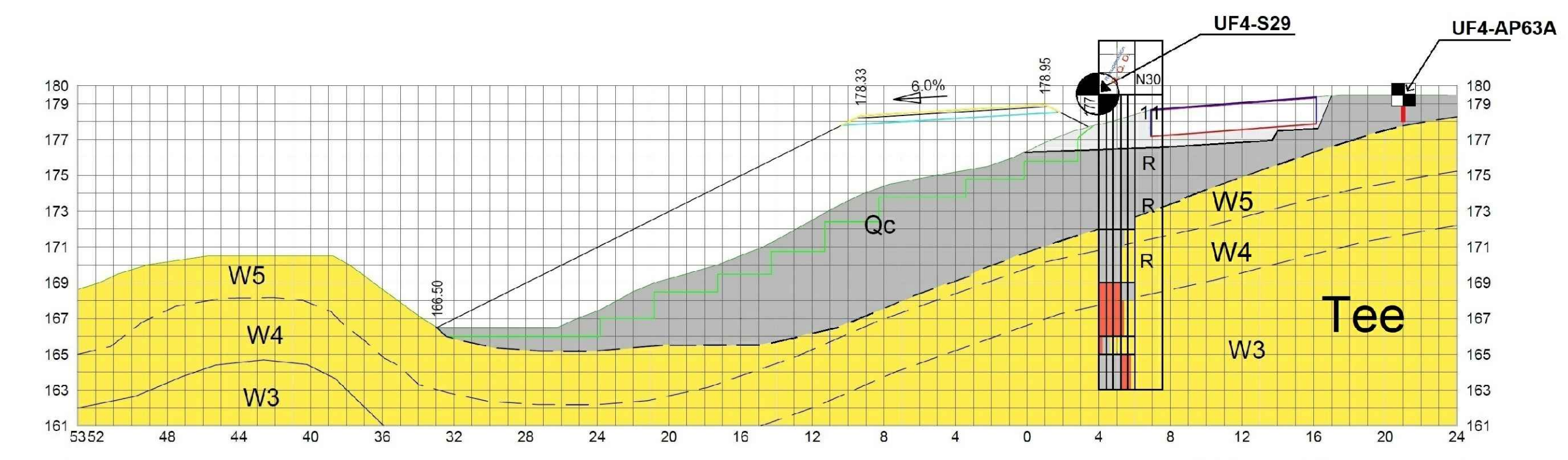
Volumen bg = 39.95 m³
 Volumen md = 12.61 m³
 Volumen relleno mediana = 0.29 m³



SITIO CRÍTICO K15+060
 Cota Terreno = 171.67
 Cota Proyecto = 184.654
 Volumen firme = 52.94 m³

Volumen terraplen = 3917.77 m³
 Volumen excava saneo = 2228.18 m³
 Volumen terrap saneo = 2228.18 m³

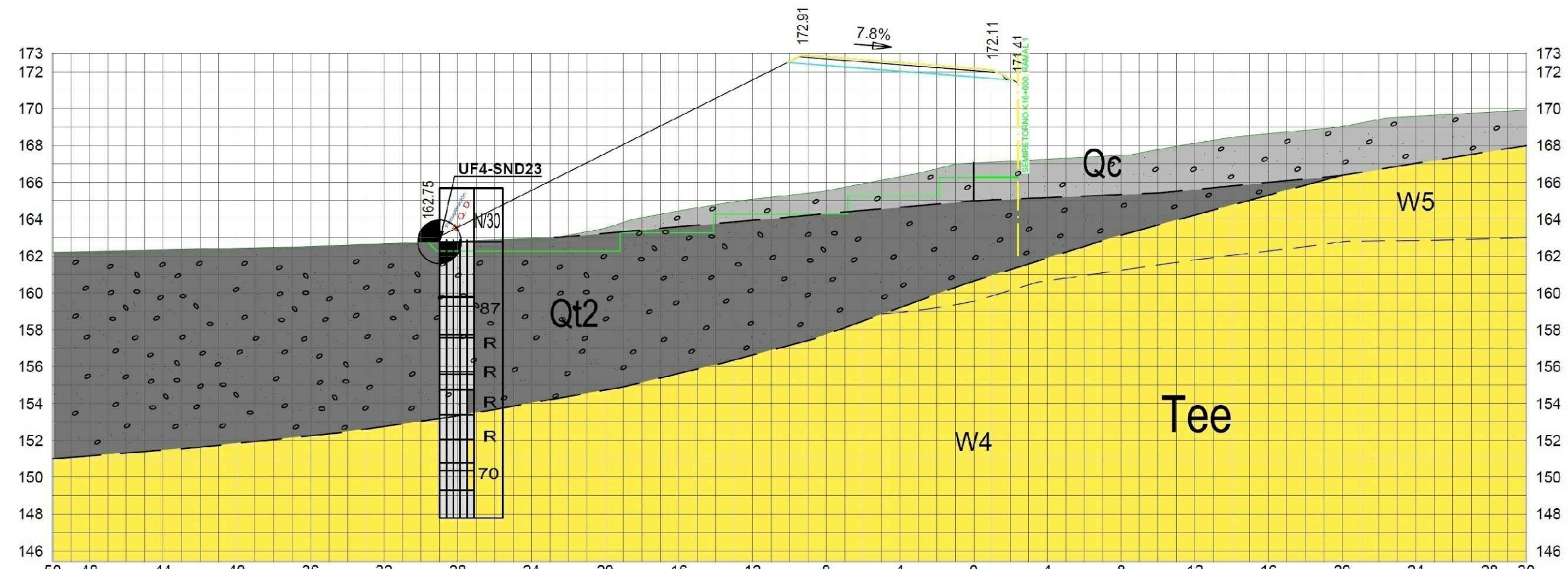
Volumen bg = 40.24 m³
 Volumen md = 12.63 m³
 Volumen relleno mediana = 0.07 m³



SITIO CRÍTICO K16+800
 Cota Terreno = 176.37
 Cota Proyecto = 178.886
 Volumen firme = 52.89 m³

Volumen terraplen = 1032.11 m³
 Volumen excava saneo = 355.36 m³
 Volumen terrap saneo = 355.36 m³

Volumen bg = 40.17 m³
 Volumen md = 12.62 m³
 Volumen relleno mediana = 0.10 m³



K16+650
 Cota Terreno = 167.05
 Cota Proyecto = 172.189
 Volumen firme = 52.93 m³

Volumen bg = 39.85 m³
 Volumen excava saneo = 230.39 m³
 Volumen terrap saneo = 230.39 m³

Volumen md = 12.61 m³
 Volumen relleno mediana = 0.47 m³

- ROCAS ESTRATIFICADAS**
- Qant1: Antropico No Tecnificado
 - Qant2: Antropico Tecnificado
 - Qc: Depósitos coluviales
 - Qfi: Depósitos fluvioacustres
 - Qal: Depósito aluvial reciente
 - Qt1: Terrazas aluviales bajas a medias
 - Qt2: Terrazas aluviales altas Río Sogamoso

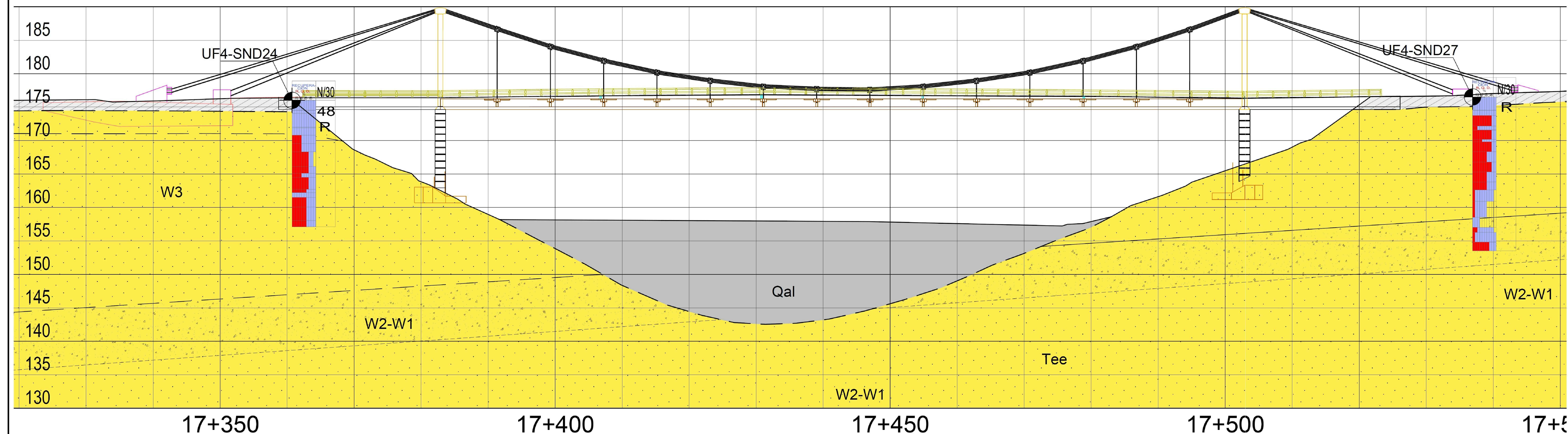
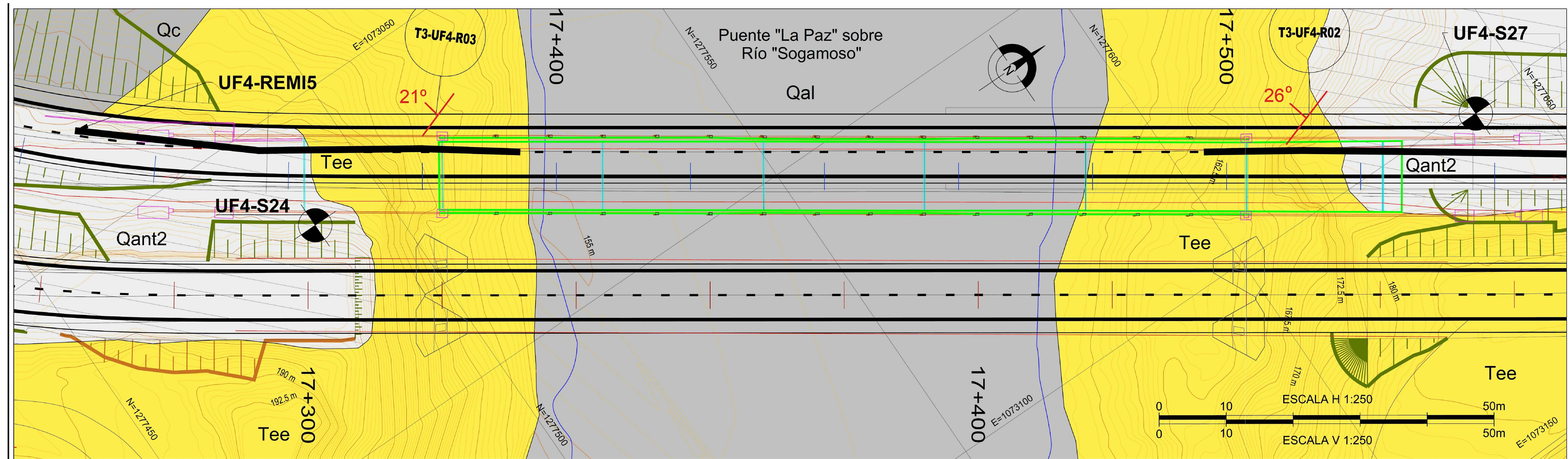
- FORMACIÓN MUGROSA**
 Arcillolita parda rojiza y arenisca de grano fino a grueso.
- FORMACIÓN MUGROSA**
 Arcillolita blanda abigarrada y arenisca de grano fino a grueso.
- FORMACIÓN ESMERALDAS**
 Arenisca gris en capas delgadas a gruesas intercaladas con arcillolitas. Laminación plano-paralela.
- FORMACIÓN LA PAZ**
 Arenisca gris clara, conglomerática masiva, limolita y lutita gris.
- FORMACIÓN LISAMA**
 Lutita abigarrada; arenisca gris y parda de grano fino; pocos mantos delgados de carbón.

- CONVENCIONES EXPLORACIÓN**
- SONDEO EJECUTADO
 - PENETRÓMETRO EJECUTADO
 - APIQUE EJECUTADO
 - APIQUE ESTRUCTURACIÓN
 - SONDEO ESTRUCTURACIÓN
 - PERFIL REMI
 - PERFIL APIQUE
 - PERFIL SONDEO

- CONVENCIONES GEOLÓGICAS**
- CONTACTO DEFINIDO
 - CONTACTO INFERIDO
 - PERFILES DE METEORIZACIÓN
 - FALLAS
 - FALLA DEFINIDA
 - FALLA INFERIDA
 - FALLA CUBIERTA
 - LINEAMIENTO FOTOGEOLOGICO
 - ESTRUCTURAS
 - SINCLINAL
 - ANTICLINAL

- CONVENCIONES CARTOGRAFICAS**
- CARRETERA PAVIMENTADA, VÍA ANGOSTA
 - CURVA DE NIVEL ÍNDICE
 - CORRIENTE PERMANENTE
 - DRENAJE DOBLE
 - CIÉNAGA, PANTANO
 - LAGUNA, REPRESA
 - AREA URBANA
 - DATO ESTRUCTURAL
 - REPTACIÓN
 - SOCAVACIÓN
 - SURCOS
 - ESTACIÓN GEOMECAÁNICA

- CONVENCIONES DE DISEÑO**
- CORTE
 - RELLENO
 - VÍA PROYECTADA
 - VÍA EXISTENTE
 - CURVA DE NIVEL DIRECTORA
 - CURVA DE NIVEL INTERMEDIA
 - ZONA ARBOLADA
 - CABEZA DE TALUD
 - PIE DE TALUD
 - CAUCE (VAGUADA)
 - BM's (RED DE MOJONES)
 - OBRA DE DRENAJE
 - CONSTRUCCIONES
 - TENDIDO ELÉCTRICO
 - RASANTE
 - PERFIL TERRENO
 - PERFIL B. DERECHO
 - PERFIL B. IZQUIERDO
 - PERALTE DERECHO
 - PERALTE IZQUIERDO



CONVENCIONES

	SONDEO EJECUTADO		PROSPECCIÓN ESTRUCTURACIÓN		Areniscas de Grano Grueso		Qant1 - Depósitos Antrópicos No Tecnificados		QI2 - Terrazas Aluviales Altas del Río Sogamoso
	APIQUE EJECUTADO		Contacto Inferido		Areniscas de Grano Grueso Ligeramente Conglomerática		Qc - Depósito Coluvial		Tee - Formación Esmeralda
	ESTACIÓN GEOMECÁNICA		Contacto Neto		Qant2 - Depósitos Antrópicos Tecnificados (Terraplén)		Qal - Depósito Aluvial Reciente		
			Magnitud / Azimut de Buzamiento						

PERFILES DE METEORIZACION

W1	W1-W2	Roca sin signos de alteración
W2		Roca con decoloración en las discontinuidades
W3	W3-W4	Roca con menor al 50 % de alteración
W4		Roca con mayor al 50 % de alteración
W5		Roca 100 % descompuesta, suelo residual

	CONSULTOR: 	DIRECTOR DE PROYECTO: 	ESPECIALISTA: Geólogo Edgar Bueno TP 3453 C.P. 02	INTERVENTORIAL:	MODIFICACIONES <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fecha</th> <th>Revisión</th> <th>Observaciones</th> <th>Revisado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Fecha	Revisión	Observaciones	Revisado					PROCESO: VJ-VE-APP-IPB-001-2015	CONTENIDO: PLANTA PERFIL GEOLÓGICO PONTEADERO - PUENTE LA PAZ	ESCALA: 	TIPO PLANO: PLANO 4 01 DE 01
	Fecha	Revisión	Observaciones	Revisado													
PROYECTO: CONCESIÓN CORREDOR VIAL BUCARAMANGA - BARRANCABERMEJA - YONDÓ UF- 4	REFERENCIA: ESQUEMA DE APP CONTRATO No. 013 DE 2015	TRABAJO DE APLICACIÓN: GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA DEL TRAMO DESDE KM 10+400 HASTA KM 17+580 PERTENECIENTE A LA UNIDAD FUNCIONAL UF3 - UF4 DEL CONSORCIO FERROCOL SANTANDER RUTA DEL CACAO EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA.	ELABORÓ EDICIÓN: GEÓLOGO ANDRÉS QUINTERO C.P. 2661 FECHA EDICIÓN: OCTUBRE DE 2017														