

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ESTUDIO GEOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE UNA ZONA COMPRENDIDA ENTRE CÚA Y TÁCATA - ESTADO MIRANDA**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Para optar al título de Ingeniero Geólogo  
Por la T.S.U Lusmari Matute González.

Caracas, Abril 2010.

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ESTUDIO GEOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE UNA ZONA COMPRENDIDA ENTRE CÚA Y TÁCATA - ESTADO MIRANDA**

**Tutor académico:** Ing. Feliciano De Santis

**Co-Tutor académico:** Ing. Armando Díaz Quintero.

**Tutor Industrial:** Ing. Feliciano De Santis

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Para optar al título de Ingeniero Geólogo  
Por la T.S.U Lusmari Matute González.

Caracas, Abril 2010



Caracas, Abril 2009

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la T.S.U. Lusmari de Jesús Matute González, titulado:

**“ESTUDIO GEOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE  
UNA ZONA COMPRENDIDA ENTRE CÚA Y TÁCATA, ESTADO  
MIRANDA”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios, conducentes al título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

---

Prof. Víctor León

---

Prof. Omar Marquéz

---

Tutor: Ing. Feliciano De Santis

## DEDICATORIA

*A mis padres...*

***Lusmari Matute.***

## **AGRADECIMIENTOS**

*A dios, por darme la vida.*

*A la ilustre Universidad Central de Venezuela, dentro de ella aprendí además de conocimientos que me fortalecen como profesional , conocimientos que me han hecho mejor persona, para mi es más que el sitio donde estudio, “la casa que vence las sombras”.*

*Gracias a mi Tutor Feliciano De Santis, por brindarme la oportunidad de participar en este interesante proyecto, que fortalece los conocimientos aprendidos durante la carrera y adicionalmente por todo su apoyo y guía  
Durante la realización exitosa de este trabajo.*

*A mi co- tutor académico el Profesor Armando Díaz Quintero por su ayuda, colaboración y siempre buena disposición.*

*A los integrantes del equipo de trabajo de la empresa Ingenieros De Santis, con los que además de trabajar hice una bonita amistad, en especial a Milena, Leonardo y Fanger.*

*A todos mis compañeros de estudio y amigos, en especial a mi amiga Yanelvy Romero.*

*A mi esposo Carlos Julio Céspedes, por tu apoyo incondicional, por darme palabras de aliento cuando pensé en rendirme y por estar conmigo en los momentos difíciles.*

*Y en especial quiero agradecer a mis padres, por enseñarme el camino correcto para lograr las metas, darme el ejemplo de constancia y dedicación, y apoyarme siempre y en todo momento, este logro es suyo también.*

*Gracias!!!*

**MATUTE G, LUSMARI DE J.**

**ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO DE UNA ZONA UBICADA  
ENTRE CÚA Y TÁCATA, EDO. MIRANDA**

**Tutor académico: Feliciano De Santis  
Tesis. Caracas, UCV. Facultad de Ingeniería  
Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Año 2010, 124p.**

**Palabras claves:** Sistema ferroviario eje central, geotecnia, viaducto, geomecánica, capacidad de carga.

**Resumen**

Se realizó un estudio geológico y geotécnico con la finalidad de definir los parámetros necesarios para el diseño de las obras previstas en el anteproyecto ferroviario, entre la ciudad de Cúa y el poblado de Tácata, estado Miranda. La zona se extiende entre las progresivas Km 58+000 y Km 74+850, del tramo La Encrucijada – Cúa, como parte del eje ferroviario central.

Para ello, se recopiló información bibliográfica, sísmica y fotogeológica, se realizaron levantamientos de geología de superficie, ensayos geotécnicos, petrográficas y sondeos exploratorios a máquina para estudio del subsuelo. Toda la información litológica se sintetizó en 1 mapa de escala 1:15.000 donde se delimitan las unidades litológicas aledañas a la vía férrea y 17 planos geológicos de escala 1:2.000, donde se muestra la litología y los parámetros geomecánicos y geotécnicos presentados en vista de planta y secciones longitudinales a lo largo de la ruta.

La zona se dividió para fines de caracterización en 7 tramos asociándolos por parámetros estructurales y litológicos principalmente. En cada tramo se realizó una caracterización geológica completa, en donde se analizó topografía, relieve, geodinámica externa, litología, geología estructural y consideraciones generales detalladas por obra, haciéndose recomendaciones al respecto.

Se logró concluir que las rocas de la zona de estudio en su totalidad están afectadas por un metamorfismo de bajo grado, desarrollado dentro de la facies de los esquistos verdes principalmente. La geodinámica superficial está dominada por los procesos erosivos.

Además de esto como un aporte extra en este informe, se realizó un análisis cinemático en 2 taludes dentro de la zona de estudio y el cálculo de la

eficiencia para un grupo de pilotes y la capacidad de carga para cada uno, a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, correspondientes a las perforaciones realizadas para el viaducto que conecta con la actual estación del ferrocarril de Cúa.

# INDICE

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
INTRODUCCIÓN.....	1
<i>GENERALIDADES</i> .....	1
Planteamiento del Problema.....	1
Ubicación del Área de Estudio.....	2
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	4
Antecedentes.....	5
Trabajos Previos.....	6
<i>METODOLOGÍA</i> .....	8
Fase 1: Pre – Campo.....	8
Fase 2: Campo.....	8
Fase 3: Post-Campo.....	10
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>12</b>
MARCO TEÓRICO.....	12
<i>GENERALIDADES</i> .....	12
Matriz rocosa.....	12
Macizo rocoso.....	12
Discontinuidades.....	12
<i>DESCRIPCION DE LAS DISCONTINUIDADES</i> .....	12
Espaciado.....	13
Rugosidad.....	13
Abertura.....	14
Relleno.....	14
<i>CLASIFICACIONES GEOMECAICAS DE LOS MACIZOS ROCOSOS</i> .....	14
Índice de Calidad de Roca de Deere (RQD – Rock Quality Designation).....	14
Clasificación de Bieniawski, 1980 (RMR – Rock Mass Rating).....	16
Clasificación de Hoek (GSI – <i>Geological Strength Index</i> ):.....	17
<i>CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS, SEGÚN SU ESTADO FÍSICO</i> .....	19
Clasificación de Flores Calcaño.....	19
<i>PROPIEDADES FISICAS Y ENSAYOS GEOMECAICOS</i> .....	20
Para suelos.....	20
Para Rocas:.....	22
<i>PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA</i> .....	23
Movimientos de masa.....	23
Procesos erosivos.....	24
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>26</b>
GEOGRAFÍA FISICA.....	26
<i>RELIEVE</i> .....	26
<i>DRENAJE</i> .....	27
<i>VEGETACION</i> .....	29
<i>CLIMA</i> .....	29

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>31</b>
<b>GEOLOGÍA REGIONAL .....</b>	<b>31</b>
<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>31</b>
<b>LITOLOGÍA.....</b>	<b>31</b>
<b>NAPA DE LOMA DE HIERRO.....</b>	<b>31</b>
Formación Tuy (Tmt) - Terciario (Plioceno) - Cuaternario (Pleistoceno).....	31
(Metalavas) de la Formación Tiara (LHt) - Cretácico (Albiense- Cenomaniense) .....	32
(Filitas de la) Formación Paracotos (LHp)- Rocas Volcánico Sedimentarias del río Guare (LHrq) – Cretácico (Maastrichtiense).....	32
(Meta – conglomerado de la) Formación Charallave (Tch) Triásico-Jurásico .....	33
Complejo ofiolítico de Loma de Hierro (LHcq - LHcp): Gabros - Cretácico ...	34
<b>NAPA CAUCAGUA- EL TINACO .....</b>	<b>35</b>
(Filitas de la) Formación Tucutunemo (Ttu) – Paleozoico tardío.....	35
Gneis de la Aguadita (TTla) – Pre-Mesozoico.....	35
Capas de la Qda. Onoto (TO) – Cretácico tardío .....	36
(Esquisto del) Complejo de Tinapú (TTti) - Pre-Mesozoico.....	36
Gneis Tonalítico de Curiepe (Tcu) - Triásico - Jurásico .....	37
<b>GEOMORFOLOGÍA .....</b>	<b>37</b>
Gran Unidad I: Complejo Rocosó Metamórfico .....	38
Gran Unidad II: Cuenca Sedimentaria del Tuy.....	40
<b>GEOLOGÍA REGIONAL ESTRUCTURAL, FALLAMIENTO ACTIVO</b>	
<b>SISMICIDAD Y ACELERACIONES DE DISEÑO .....</b>	<b>41</b>
Falla La Victoria .....	41
Falla de Tácata .....	42
Fallas inactivas .....	43
Sismicidad .....	43
Zonificación Sísmica.....	43
Consideraciones sobre el riesgo geológico y limitaciones a lo largo del trazado propuesto.....	43
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>46</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
<b>LITOLOGIA.....</b>	<b>46</b>
Metamorfismo .....	57
<b>GEOLOGIA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>58</b>
Falla de Tácata:.....	58
Foliación .....	59
Diaclasas .....	64
<b>ANÁLISIS CINEMÁTICO .....</b>	<b>67</b>
Análisis cinemático Talud 1 (Progresiva Km 58+080).....	68
Análisis cinemático Talud 2 (Progresiva Km 69+580).....	69
<b>GEODINAMICA SUPERFICIAL .....</b>	<b>70</b>
Flujos .....	70
Deslizamientos .....	71
Caídos .....	72
Procesos erosivos .....	74

Surcos.....	74
Cárcavas.....	74
<b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....</b>	<b>77</b>
Suelos.....	80
En rocas.....	81
<b>CAPACIDAD DE CARGA.....</b>	<b>84</b>
<b>CAPITULO VI .....</b>	<b>91</b>
<b>ANALISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>91</b>
<i>Caracterización geológica – geotécnica por tramos a lo largo del trazado de la vía férrea .....</i>	<i>91</i>
<i>TRAMO 1: (Km 58+050 a Km 60+427) .....</i>	<i>92</i>
Ubicación relativa .....	92
Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa...92	
Características de los Tipos litológicos.....93	
Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra .....	94
<i>TRAMO 2: (Km 60+427 a Km 61+750) .....</i>	<i>96</i>
Ubicación relativa .....	96
Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa...97	
Características de los Tipos litológicos.....98	
Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra .....	98
<i>TRAMO 3: (Km 61+750 a Km 65+360) .....</i>	<i>99</i>
Ubicación relativa .....	99
Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa.100	
Características de los Tipos litológicos.....101	
Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra .....	101
<i>TRAMO 4: (Km 65+360 a Km 66+810) .....</i>	<i>103</i>
Ubicación relativa .....	103
Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa.103	
Características de los Tipos litológicos.....104	
Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra .....	104
<i>TRAMO 5: (Km 66+810 a Km 68+072) .....</i>	<i>105</i>
Ubicación relativa .....	105
Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa.106	
Características de los Tipos litológicos.....106	
Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra .....	107
<i>TRAMO 6: (Km 68+072 a Km 72+420) .....</i>	<i>108</i>
Ubicación relativa .....	108
Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa.108	
Características de los Tipos litológicos.....109	
Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra .....	110
<i>TRAMO 7: (Km 72+420 a Km 74+850) .....</i>	<i>114</i>
Ubicación relativa .....	114
Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa.115	
Características de los Tipos litológicos.....115	
<b>CAPITULO VII .....</b>	<b>117</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>117</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>117</b>



<i>RECOMENDACIONES</i> .....	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	121
<b>ANEXOS</b> .....	<b>124</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>FIGURA 1.1:</b> UBICACIÓN REGIONAL DE LA ZONA DE ESTUDIO TOMADO Y MODIFICADO DEHTTP://MAPS.GOOGLE.ES .....	2
<b>Figura 1.2</b> Ubicación de la zona de estudio Tomado y modificado de la hoja 6846, escala 1:100.000, de la base cartográfica del Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar .....	3
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>12</b>
<b>Figura 2.1:</b> Representación esquemática de las propiedades geométricas de las discontinuidades (Tomado de González <i>et. al.</i> , 2002) .....	13
<b>Figura 2.2.</b> Representación gráfica de la medición y cálculo del índice RQD. ) .....	15
<b>Figura 2.3:</b> Clasificación según el índice de resistencia geológica, GSI) .....	18
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>26</b>
<b>Figura 3.1:</b> Vista Panorámica del valle, donde se observa el fondo plano y la llanura aluvial del Río Tuy tomada desde un helicóptero, con sentido hacia Táchata. ....	27
<b>Figura 3.2:</b> en la foto se muestra el cauce del Río Tuy, en las zonas cercanas al sector El Conde, donde se aprecian afloramientos en el margen derecho del río. ....	28
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>46</b>
<b>Figura 5.1:</b> Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 1 .....	48
<b>Figura 5.2:</b> Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 1 .....	48
<b>Figura 5.3:</b> Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 2 .....	49
<b>Figura 5.4:</b> Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 2 .....	49
<b>Figura 5.5:</b> Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 3 .....	50
<b>Figura 5.6:</b> Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 3 .....	50
<b>Figura 5.7:</b> Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 4 .....	51
<b>Figura 5.8:</b> Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 4 .....	51
<b>Figura 5.9:</b> Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 5 .....	52
<b>Figura 5.10:</b> Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 5 .....	52
<b>Figura 5.11:</b> Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 6 .....	53
<b>Figura 5.12:</b> Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 6 .....	53
<b>Figura 5.13:</b> Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 7 .....	54
<b>Figura 5.14:</b> Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 7 .....	54

<b>Figura 5.15:</b> Facetas triangulares (FT) y crestas desplazadas (CD), como evidencias geomorfológicas, del desplazamiento dextral de la falla de Táchata, foto tomada desde la carretera Cúa – Táchata, en el sector Piñango .....	59
<b>Figura 5.16:</b> Diagramas que muestran foliación en la zona entre Táchata y el sector el Marques, con rumbo preferencial N 60°- 70° E y la distribución de los polos de dichos planos.....	60
<b>Figura 5.17:</b> Fotos que muestran la foliación dominante en la zona entre Táchata y el sector el Marques, foto izquierda: punto LCT45, margen derecho del río Guare, foliación con orientación N55E70N, foto superior: punto LCT47, Táchata vía Altagracia de la Montaña, foliación con orientación: N65E55S, foto inferior: margen derecho río Guare .....	61
<b>Figura 5.18:</b> Diagramas que muestran la foliación dominante en el área entre el vecindario Capayita y la Quebrada Buena Vista, con rumbo preferencial N 65°-85° W y la distribución de los polos de dichos planos .....	62
<b>Figura 5.19:</b> Fotos que muestran la foliación dominante en el punto LCT42 en la carretera Cúa- Táchata, con rumbo preferencial N65W, en general muy plegada .....	62
<b>Figura 5.20:</b> Diagramas que muestran la foliación dominante en el sector el Conde, y la población de Cúa, con rumbo preferencial N 60°-75° E y la distribución de los polos de dichos planos .....	63
<b>Figura 5.21:</b> Fotos que muestran la foliación dominante en el Punto PP10, y PP11, con rumbo preferencial N 75°-80° E y la distribución de los polos de dichos planos .....	63
<b>Figura 5.22:</b> Estereogramas que muestran el diaclasado en la zona entre Táchata y el sector el Marques con dos orientaciones preferenciales, en rojo la orientación principal N25E70N y una secundaria en azul N25W75S además de la distribución y densidad de los polos de dichos planos .....	64
<b>Figura 5.23:</b> Fotos que muestran el diaclasado predominante en la localidad de Táchata, punto LCT48.....	64
<b>Figura 5.24:</b> Fotos que muestran el diaclasado predominante en la localidad de Táchata, punto LCT47.....	65
<b>Figura 5.25:</b> Estereogramas que muestran el diaclasado dominante en el área entre el vecindario Capayita y la Quebrada Buena Vista, con dos orientaciones preferenciales, la principal en rojo N70E45S y una secundaria en azul N65W65S; además de la distribución y densidad de los polos de dichos planos .....	65
<b>Figura 5.26:</b> Foto que muestran el diaclasado en la carretera Cúa-Táchata, PuntoLCT43 ..	66
<b>Figura 5.27:</b> Estereogramas que muestran el diaclasado dominante en la zona entre la zona industrial el Conde y la actual estación Cúa este, con dos orientaciones preferenciales, la principal en rojo N40E75S y una secundaria en azul N30W60S, además de la distribución y densidad de los polos de dichos planos .....	66
<b>Figura 5.28:</b> Fotos que muestran el diaclasado en la zona entre la zona industrial el Conde y la actual estación Cúa este. Foto derecha: LCT14 y Foto Izquierda LCT38 .....	67
<b>Figura 5.29:</b> estereograma que muestra datos para el análisis cinemático del talud ubicado en la progresiva 58+080 .....	68
<b>Figura 5.30:</b> Fotografía que muestra talud 1, ubicado en la zona de táchata, en la progresiva 58+080, correspondientes al análisis cinemático anterior.	69
<b>Figura 5.31:</b> estereograma que muestra análisis cinemático del talud ubicado en la progresiva 69+580. ....	69
<b>Figura 5.32:</b> Foto que muestra talud 2, ubicado en la progresiva 69+580 y corresponde al portal este del túnel 12. ....	70
<b>Figura 5.33:</b> Foto que muestra deslizamiento de tipo planar, el material involucrado está compuesto por una combinación de detrito y suelo. Se observa arrastre de la cobertura vegetal. Ubicación sector los claveles .....	71
<b>Figura 5.34:</b> Foto que muestra caído de bloques donde el material involucrado está compuesto por una combinación de roca, detrito y suelo. Se observa arrastre de la cobertura	

vegetal. Ubicada en ladera de la progresiva Km 58+080 en el pueblo de Túcata, en la carretera que va desde Túcata hasta Altagracia de la Montaña .....	72
<b>Figura 5.35:</b> Foto que muestra caído de bloques donde el material involucrado está compuesto por una combinación de roca y detrito. Ubicada en las cercanía del pueblo de tacatá. Punto LCT 47 .....	73
<b>Figura 5.36:</b> Foto que muestra caído de bloques donde el material involucrado está compuesto por una combinación de roca y detrito. Ubicado en el sector San José, en las cercanías del pueblo de Túcata, en el margen izquierdo del río Túy .....	73
<b>Figura 5.37:</b> Foto que muestra familia de surcos ubicado en la carretera Cúa – Túcata. ...	74
<b>Figura 5.38:</b> Fotos que muestra cárcavas ubicadas en la carretera Cúa – Túcata, Foto superior: vista general, Foto inferior: detalle de las cárcavas. ....	75
<b>Figura 5.39:</b> Fotos que muestra cárcavas ubicadas en la Urbanización Colinas de Santa Bárbara, en el sector Aparay, de Cúa. Foto superior: vista general, Foto inferior: detalle de las cárcavas. ....	76
<b>CAPITULO VI</b> .....	<b>92</b>
<b>Figura 6.1:</b> Río Guare, Progresiva <b>58+600</b> , se observa afloramiento de rocas muy duras (Brechas ultramáfica Serpentinizada) en el margen izquierdo del río .....	95
<b>Figura 6.2 :</b> Portal Este Túnel, progresiva <b>Km 69+580</b> . Afloramiento de Esquistos calcáreos y calizas masivas. ....	110
<b>Figura 6.3:</b> Zona de Viaducto Progresiva Km <b>69+600</b> , ubicación de la perforación CT-38, obsérvese la vegetación de tipo arbustiva baja. ....	111

## LISTA DE TABLAS

<b>CAPITULO II</b> .....	<b>12</b>
<b>Tabla 2.1:</b> Clasificación de la calidad del macizo rocoso en base al índice RQD .....	15
<b>Tabla 2.2:</b> Parámetros de Clasificación según Bieniawsky (1989) .....	16
<b>Tabla 2.3:</b> Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR.....	17
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>46</b>
<b>Tabla 5.1:</b> Perforaciones Realizadas a lo largo del tramo Cúa –Tácata, con su respectiva Ubicación en coordenadas TM, cota, progresiva y Longitud. ....	47
<b>Tabla 5.2:</b> Perforaciones correspondientes al tramo 1 (Km 58+050 – 60+427), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.....	48
<b>Tabla 5.3:</b> Perforaciones correspondientes al tramo 2 (Km 60+427 – KM 61+750), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos .....	49
<b>Tabla 5.4:</b> Perforaciones correspondientes al tramo 3 (Km 61+750 – 65+360), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.....	50
<b>Tabla 5.5:</b> Perforaciones correspondientes al tramo 4 (65+360 – 66+810), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.....	51
<b>Tabla 5.6:</b> Perforaciones correspondientes al tramo 5 (66+810 – 68+072), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.....	52
<b>Tabla 5.7</b> Perforaciones correspondientes al tramo 6 (66+072 – 72+420), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.....	53
<b>Tabla 5.8:</b> Perforaciones correspondientes al tramo 7 (72+420 – 74+850), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.....	54
<b>Tabla 5.9:</b> Resumen de muestras, con valores de abundancia en minerales expresados en porcentaje, y unidad a la que pertenecen .....	55
<b>Tabla 5.10:</b> Ensayos realizados por sondeo, tramo Cúa – Tácata .....	79
<b>Tabla 5.11:</b> Resultados de Gravedad específica en suelos .....	80
<b>Tabla 5.12:</b> Resultados de ensayos de Gravedad específica en suelos mediante el método de la parafina.....	81
<b>Tabla 5.13:</b> Resultados de ensayos densidad de las muestras tomada en afloramientos....	81
<b>Tabla 5.14:</b> Resultados de ensayos densidad de las muestras de roca mediante el método de la parafina y absorción .....	82
<b>Tabla 5.15:</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple para muestras de roca, cortadas tipo cubo.....	82
<b>Tabla 5.16:</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple para muestras de roca en core-drill .....	83
<b>Tabla 5.17:</b> Resumen de la Caracterización de los Macizos rocosos en base a la clasificación de Bieniawski, 1989 .....	83
<b>Tabla 5.18:</b> Continuación resumen de la Caracterización de los macizos rocosos en base a la clasificación de Bieniawski, 1989 .....	84
<b>Tabla 5.19:</b> resumen de ecuaciones que se utilizaron para el caculo de la capacidad de carga; según el Metodo API .....	85
<b>Tabla 5.20:</b> Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-56 .....	86
<b>Tabla 5.21:</b> Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-57 .....	87

<b>Tabla 5.22:</b> Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-64 .....	88
<b>Tabla 5.23:</b> Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-65 .....	89
<b>Tabla 5.24:</b> Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-66 .....	90
<b>CAPITULO VI</b> .....	<b>92</b>
<b>Tabla 6.1:</b> Grado de meteorización del macizo rocoso .....	91
<b>Tabla 6.2:</b> sondeos realizados en el tramo Km 58+050 a Km 60+427 .....	92
<b>Tabla 6.3:</b> sondeos realizados en el tramo Km 60+427 a Km 61+750 .....	97
<b>Tabla 6.4:</b> sondeos realizados en el tramo Km 61+750 a Km 65+360 .....	100
<b>Tabla 6.5:</b> sondeos realizados en el tramo Km 61+750 a Km 65+360 .....	103
<b>Tabla 6.6:</b> sondeos realizados en el tramo Km 66+810 a Km 68+072 .....	106
<b>Tabla 6.7:</b> sondeos realizados en el tramo Km68+072 a Km 72+420 .....	112
<b>Tabla 6.8:</b> sondeos realizados en el tramo Km 72+420 a Km 74+850 .....	114

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **GENERALIDADES**

Los estudios geológicos-geotécnicos son indispensables para el desarrollo del proyecto y construcción de cualquier obra de ingeniería. Estos permiten establecer la naturaleza y el comportamiento de los suelos y de los macizos rocosos en los que se deben ejecutar los movimientos de tierra requeridos por la obra, que suministrarán información clave para el adecuado diseño de las estructuras que se constituirán el proyecto.

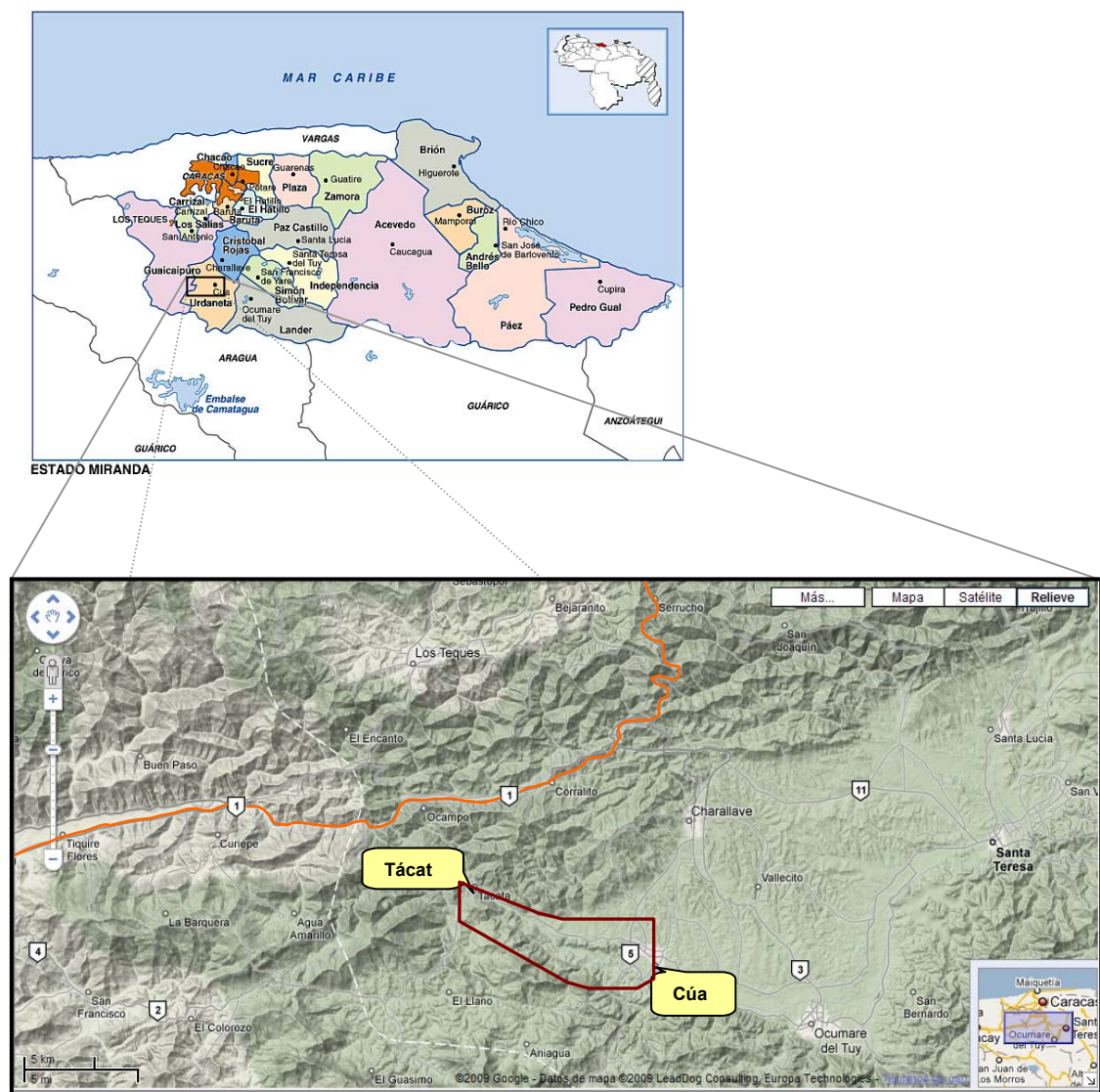
En el caso particular de ésta investigación, se plantea la realización de un estudio geológico y geotécnico que incluye la caracterización geomecánica de una zona comprendida entre los poblados Túcata y Cúa, del estado Miranda, como parte del tramo ferroviario La Encrucijada – Cúa.

### **Planteamiento del Problema**

En vista de la construcción del nuevo tramo ferroviario La Encrucijada – Cúa, es indispensable contar con un buen conocimiento geológico y geotécnico de la zona comprendida entre los poblados de Túcata y Cúa, mediante la evaluación y caracterización de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso presente y la investigación a detalle de los procesos de dinámica externa que afectan la zona, con el propósito de determinar el trazado más adecuado para la vía férrea, así como el desarrollo y planificación de futuras obras ingenieriles de estabilización que se efectúen en el área circundante a la obra y a su vez aportar información a los estudios geológicos existentes

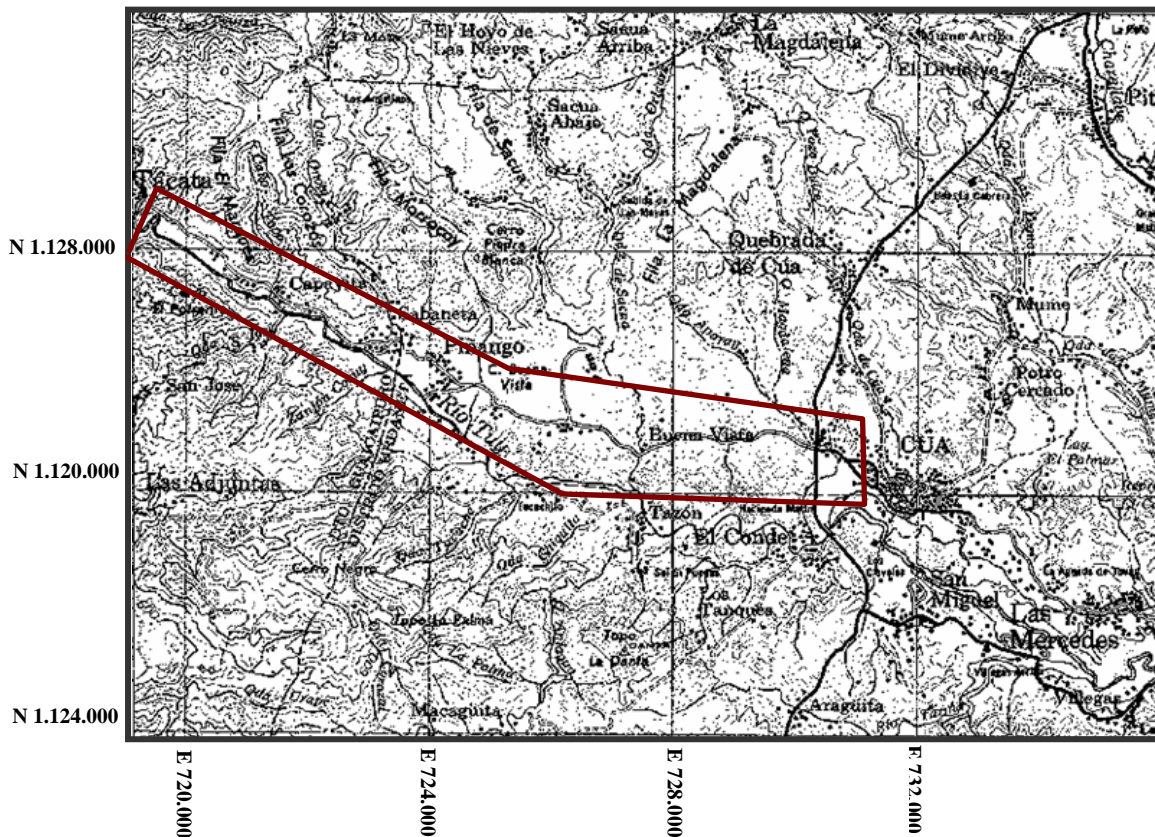
## Ubicación del Área de Estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada al Oeste del estado Miranda, entre las coordenadas Este (718.000 – 733.000) y Norte (1.120.872 – 1.129.820), abarca un área total aproximada de 62 km<sup>2</sup>, desde las inmediaciones de la estación Terminal Cúa (General Ezequiel Zamora) del Tramo ferroviario Caracas- Tuy medio, ubicada en el municipio Urdaneta, hasta el pueblo de Tácat, perteneciente al municipio Guaicaipuro.



**Figura 1.1:** Ubicación regional de la zona de estudio Tomado y modificado de <http://maps.google.es>





**Figura 1.2** Ubicación de la zona de estudio Tomado y modificado de la hoja 6846, escala 1:100.000, de la base cartográfica del Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar

### **Objetivo General**

Realizar un estudio geológico y geotécnico que incluye la caracterización geomecánica, de una zona ubicada entre Táchira y Cúa correspondiente al nuevo tramo ferroviario del Sistema Ezequiel Zamora, La Encrucijada (Estado Aragua) - Cúa (Estado Miranda).

## **Objetivos Específicos**

- Describir las Unidades litológicas y geotécnicas presentes, mediante la caracterización y clasificación de suelos y macizos rocosos del área.
- Realizar la interpretación fotogeológica de la zona de estudio para tener conocimiento general de los aspectos fisiográficos, previo al levantamiento de campo.
- Realizar estudios petrográficos que permitan precisar las características mineralógicas y texturales de los distintos litotipos encontrados.
- Realizar ensayos geotécnicos que permitan conocer las propiedades geotécnicas del suelo y características geomecánicas del macizo rocoso del área de estudio.
- Elaborar un mapa geológico de la zona de estudio, que contenga la distribución de las unidades litológicas presentes, a escala 1:15.000.
- Analizar y cartografiar los procesos de meteorización y geodinámica externa mediante la elaboración de 17 mapas geológico-geotécnicos con sus respectivas secciones longitudinales detalladas a escala 1: 2000.
- Realizar análisis de estabilidad de 2 taludes a lo largo de la vía férrea para predecir los distintos modos de falla.
- Calculo de la capacidad de carga y la eficiencia de grupo, para pilotes en el viaducto que conectara con la actual estación ferroviaria de Cúa.

## **Antecedentes**

SMITH J, (1952) realizó un estudio geológico de la región de Los Teques-Cúa, en el que se describen las secuencias metamórficas y las estructuras geológicas presentes. Describe las rocas del Grupo Caracas y las difiere del basamento

LOYO, B (1986), realizó un estudio tecto - estratigráfico de la cuenca del Tuy, estado. Miranda. Se realizaron estudios diversos (estratigráficos, microtectónicos y de patrones geomórficos de fallamiento activo, entre otros) con el fin de obtener una información geológica general del área estudiada. Los estudios estratigráficos realizados permitieron evidenciar que la secuencia estudiada fue depositada en un lago, en el cual se interdigitaban depósitos lacustrinos, con depósitos marginales de conos aluviales y desarrollos fluviales.

VAN BERKEL, D. (1988), realiza un estudio en la zona comprendida entre las poblaciones de Tácata y Altigracia de la Montaña, edo. Miranda. Elabora una completa cartografía geológica a escala 1:25.000, donde se expone la ubicación del complejo ofiolítico de Loma de Hierro, de la Formación Tucutunemo. Ubica la zona dentro de un antiforme. Discrimina dos patrones de fallas. Determinó que las rocas que afloran en el área de estudio, forman parte del complejo ofiolítico de Loma de Hierro, de la formación Paracotos y del miembro Los Naranjos de la Formación Tucutunemo Basándose en los criterios litológicos, texturales y geográficos.

AUDEMARD, F. DE SANTIS, F. & SINGER, A. (1995). Según los autores el sistema de falla La Victoria en la Venezuela norcentral tiene una longitud aproximada de 350km extendiéndose desde Tinaquillo (estado Cojedes) hasta Cabo Codera (estado Miranda). Desde el punto de vista estructural, lo definen como un accidente complejo caracterizado por una disposición de

trazas “en échelon” (escalonadas) y con solapamiento dextro, con discutible componente normal en el cuaternario. Asocian a este sistema las fallas de Táchata - La Victoria.

AUDEMARD (2000), realiza un mapa y una base de datos de las fallas cuaternarias en Venezuela. Establece que la falla de Táchata cruza la Cordillera de la Costa de forma oblicua, cortando rocas metamórficas en napas Mesozoicas emplazada durante la colisión oblicua entre el arco proto-caribe y la Sudamérica el margen pasivo. Esta falla diverge de la falta de La Victoria en Las Tejerías y se extiende hacia el sureste a Altagracia de Orituco. Atraviesa el río Tuy en el suroeste y es responsable de su formación. Plantea además, la controversia actual sobre el origen de esta cuenca; en las teorías de graben por colapso de orogénico contra la teoría pull-apart por divergencia.

URBANI (2004), coordina un proyecto de integración de cartografía geológica, que culmina en un atlas, en el cual se dispone de varios mapas de la zona y sus alrededores, donde está plasmada información sobre las unidades litoestratigráficas formales y estructurales presentes.

### **Trabajos Previos**

SEIDERS M, (1965) Realiza una descripción de las litologías presentes en la Región Central de la Cordillera de la Costa y propone una serie de formaciones, de interés para la investigación.

FUNVISIS, (1983), Realiza una evaluación de riesgo sísmico para el proyecto de ferro-car.

SHUBERT (1988), Realiza un estudio sobre el origen y neotectónico de la

cuenca de Santa Lucía – Ocumare del Tuy, y mediante la medición de rasgos neotectónicos establece un desplazamiento durante el cuaternario para la falla de Táchata entre 10 y 3500 metros, para la falla de Santa Rosa entre 60 y 110 m y para la falla de la Victoria, en esa localidad entre 30 y 90 m y hace referencia a la actividad observada para la falla de Táchata asignándole una velocidad de 0.2 cm/año.

TOVAR, M. (2005), llevó a cabo un estudio geológico geotécnico basándose en la caracterización de suelos residuales y del perfil de meteorización en la zona de influencia del Área Metropolitana de Caracas.

BECHARA Y MATOS (2006), realiza un estudio geológico y caracterización geomecánica completa de la zona comprendida entre los poblados de Charallave y Paracotos, en el Estado Miranda.

ZAMBRANO, C. (2007), realizó una caracterización geotécnica en una zona de El Hatillo, al sureste de Caracas, con el fin de elaborar perfiles en los cuales se exprese el grado de meteorización presente en las rocas. Con dichos perfiles se logró conocer la disposición de las capas que los conforman y establecer las condiciones de erosionabilidad y estabilidad de los taludes. De igual forma logró formular ciertas recomendaciones para la preservación de los taludes.

HERNÁNDEZ, M. & MARTÍNEZ, R. (2008), realizaron una evaluación de los parámetros geológicos y geomecánicos con el fin de estudiar los problemas de estabilidad en la excavación del túnel de la obra Trasvase Taguaguay - Valles de Tucutunemo, estado Aragua. Para ello, se efectuaron estudios que determinaron la calidad de la roca, lo que se utilizó para la clasificación de los parámetros geológicos y geomecánicos de campo, los que fueron comparados con los utilizados para el diseño del túnel.

## **METODOLOGÍA**

### **Fase 1: Pre – Campo**

En esta etapa se recopila y analiza toda la información necesaria sobre la zona de estudio, que permite su posterior comprobación en campo.

#### Actividades:

1. Recopilación y revisión de material bibliográfico de la zona de estudio: Tesis de Grado, libros, Congresos, Informes, Boletines, Seminarios, etc.

2. Recopilación e interpretación del material cartográfico, a escala 1:25.000, del área de estudio Hojas: 6846-IV-SO, 6846-III-NO, 6746-I-SE y 6746-II-NE.

3. Recopilación e interpretación de las fotografías aéreas que cubren la zona. Misión: 030198 del año 1975.

4. Elaboración de mapa con información de litología y geodinámica externa a partir de la revisión cartográfica y la interpretación de fotografías aéreas, para su verificación en campo.

### **Fase 2: Campo**

En esta etapa se realiza el levantamiento de campo con el fin de obtener observaciones y mediciones que permitan elaborar un mapa geológico – geotécnico, recolección de muestras a través de levantamiento geológico, sondeos y calicatas, para realizar posteriormente los distintos ensayos geotécnicos y estudios petrográficos.

### Actividades:

1. Realizar un recorrido preliminar del área que permita identificar las posibles zonas que aporten mayor información al estudio.
  
2. Realizar el levantamiento geológico de los distintos afloramientos hallados en la zona a lo largo de ríos, quebradas y cortes de carreteras, así como la comprobación de los distintos procesos de dinámica externa que se identifiquen a partir de la fotogeología.
  
3. Descripción de cada afloramiento detallado, esto incluye:
  - Elementos Petrológicos como: Tipo de roca aflorante, Color: fresco y meteorizado, Tamaño de grano, Espesor (si se aplica), Composición mineralógica aproximada, Texturas metamórficas y residuales observables, Grado de meteorización, y posibles contactos entre grupos litológicos.
  
  - Elementos Geotécnicos: Características generales e intensidad de las discontinuidades: espaciamiento, frecuencia, persistencia, separación, abertura, Relleno, Tipo de superficie, rugosidad, Resistencia en el plano de discontinuidad e Indicios de percolación de agua, valor aproximado del GSI del macizo rocoso utilizando la tabla descriptiva de Truzman (2000).
  
4. Recolección de muestras representativas de las litologías descritas, de tal forma quedaran representados todos los litotipos hallados en campo.
  
5. Ubicar estratégicamente sondeos a maquina, para realizar ensayo SPT (*standard penetration test*), ensayo de penetración estándar, en lugares de representativa importancia para la investigación.

### **Fase 3: Post-Campo**

#### Actividades:

1. Llevar toda la información recolectada en campo a los mapas.
2. Clasificar el macizo rocoso según Bieniawski (1989) mediante el índice RMR (*Rock Mass Rating*). Dicha clasificación requiere de datos recogidos en campo correspondientes al macizo rocoso y los datos de resistencia a la compresión simple obtenidos en laboratorio.
3. Correlacionar afloramientos, a través de las perforaciones que se realizaron en el área.
4. Generar perfiles geológico-geotécnicos a partir de la información recolectada en campo.

#### Laboratorio

En esta etapa se efectuarán los análisis petrográficos de las secciones finas hechas a partir de las muestras recolectadas en campo, para la identificación de minerales, textura y grado de metamorfismo con la cual se pretende dar una clasificación definitiva a la roca, y definir la geología local.

Por otra parte se realizan también ensayos geotécnicos de las muestras tomadas en campo, para obtener la caracterización cuantitativa de macizos rocosos y suelos encontrados.

Los ensayos que se realizaron en el laboratorio son los siguientes:

#### Para suelos:

- Ensayo Pasa 200 (Norma ASTM C-117-95 )



- Granulometría de Suelos (Norma ASTM C-136-96a)
- Peso Unitario (Norma ASTM D-1188)
- Determinación de límites de consistencia (Norma ASTM D-4318-00)
- Gravedad específica en suelos (Norma ASTM 854-00)

Para Rocas:

- Resistencia a la compresión simple de la roca (ASTM C 170-70 equivalente a COVENIN 1465-79)
- Densidad, método de la parafina (ASTM D 1188)

Presentación de Resultados

Realizar un informe técnico que contenga de manera organizada los resultados obtenidos en el levantamiento geológico de campo, petrografías y ensayos realizados. Además de esto, deben elaborarse los mapas geológicos y geotécnicos así como las secciones longitudinales.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **GENERALIDADES**

##### **Matriz rocosa**

González (2002), es el material que conforma la roca sin la presencia de discontinuidades, que presenta un comportamiento heterogéneo y anisotrópico el cual se encuentra directamente ligado a su fábrica, textura y estructura cristalina. Mecánicamente es caracterizada por su peso específico y resistencia a la compresión simple.

##### **Macizo rocoso**

Es la agrupación de todas las discontinuidades y los bloques de matriz rocosa que conforman un cuerpo de roca. Mecánicamente, el macizo rocoso se caracteriza por ser medios discontinuos, anisótropos y heterogéneos.

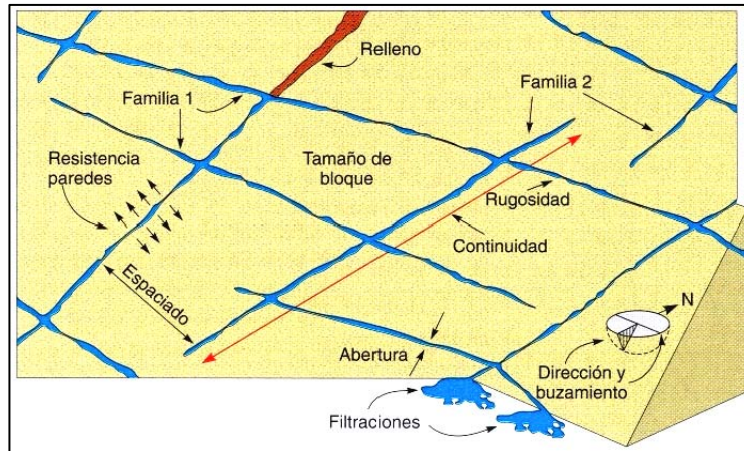
##### **Discontinuidades**

Salcedo (1983) el término se refiere a superficies de debilidad que imparten a la roca una condición de anisotropía de resistencia, englobando diaclasas, fallas, grietas, fisuras, foliación y estratificación.

#### **DESCRIPCION DE LAS DISCONTINUIDADES**

La descripción y medida de las discontinuidades se realiza a cada familia de discontinuidades para cada afloramiento. Usando como parámetros: la

orientación, espaciado, continuidad, rugosidad, abertura, relleno y grado de meteorización (Alteración) (ver figura 2.1).



**Figura 2.1:** Representación esquemática de las propiedades geométricas de las discontinuidades (Tomado de González *et. al.*, 2002)

### **Espaciado**

Se refiere a la distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia y la medición del mismo se realiza con una cinta métrica colocada de forma perpendicular a los planos a ser medidos, registrándose la distancia entre discontinuidades adyacentes.

### **Rugosidad**

Son las irregularidades observadas a lo largo de las superficies de discontinuidad. La descripción de dicho parámetro se realiza de acuerdo a dos escalas: métrica y milimétrica, según la primera las superficies pueden ser: planas, onduladas o escalonadas y por la segunda pueden ser: pulidas, lisas o rugosas.

## **Abertura**

Representa la distancia medida sobre la perpendicular común entre las paredes de la discontinuidad y su medida se realiza directamente con una regla graduada en milímetros

## **Relleno**

Corresponde al material de naturaleza distinta a la roca de las paredes encontrado entre las discontinuidades. Dicho parámetro es descrito en campo según su composición, espesor y resistencia. La composición se refiere al tipo de material encontrado, tal como: arena, arcilla, grava, entre otros.

## **CLASIFICACIONES GEOMECANICAS DE LOS MACIZOS ROCOSOS**

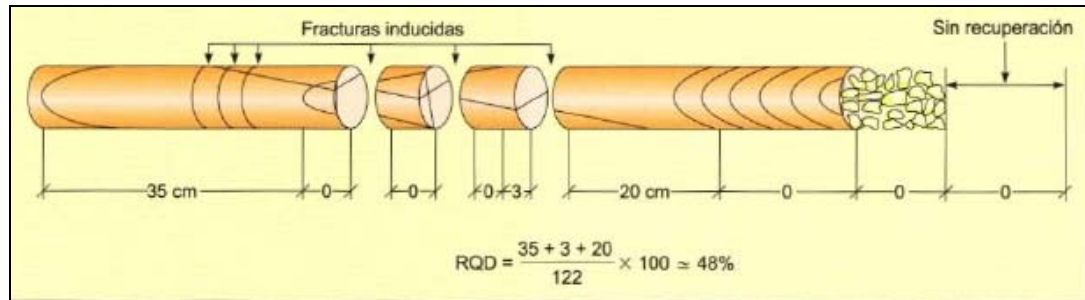
Las clasificaciones geomecánicas más utilizadas son las siguientes:

### **Índice de Calidad de Roca de Deere (RQD – Rock Quality Designation)**

Desarrollado por Deere en 1967, el índice de RQD (Rock Quality Designation) proporciona una estimación cuantitativa de la calidad del macizo rocoso a partir de testigos obtenidos en perforaciones con taladro. El RQD se define como el porcentaje de los trozos de testigo intactos mayores a 10 centímetros en la longitud total de la perforación. Representa entonces, la relación entre la suma de las longitudes de los fragmentos de testigo mayores a 10 cm y la longitud total del tramo considerado. Para la estimación del RQD se considera sólo los fragmentos de testigo de material fresco, excluyéndose aquellos que presentan un grado de alteración importante.

El índice RQD viene dado por la siguiente fórmula:

$$RQD (\%) = \frac{\sum \text{longitud de los trozos de testigo} > 10 \text{ cm}}{\text{Longitud total}} \times 100 \quad (\text{Ec.2.1})$$



**Figura 2.2.** Representación gráfica de la medición y cálculo del índice RQD.

Fuente: ISRM (1981)

Este índice puede ser estimado a partir de la correlación empírica de Palmstrom (1975):

$$RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v \quad \text{Para } J_v > 4,5$$

$$RQD = 100 \quad \text{Para } J_v \leq 4,5$$

Donde el parámetro  $J_v$  representa el número total de discontinuidades que intersecan una unidad de volumen dentro del macizo rocoso. Dicho parámetro se calcula sumando el valor del inverso del espaciado entre diaclasas, para cada familia de las mismas.

**Tabla 2.1:** Clasificación de la calidad del macizo rocoso en base al índice RQD

RQD %	Calidad
< 25	Muy mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

Fuente: ISRM (1981)

## Clasificación de Bieniawski, 1980 (RMR – Rock Mass Rating)

Desarrollado por Z.T Bieniawski 1989, da una estimación de la calidad del macizo rocoso, relacionándola con parámetros geotécnicos, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- La resistencia a la compresión simple del material
- El grado de fracturación en términos del RQD
- El espaciamiento de las discontinuidades
- El estado de las discontinuidades
- La presencia de agua
- La orientación de las discontinuidades

Estos factores se cuantifican definiendo valores para cada parámetro, cuya suma, en cada caso, nos da el índice de calidad del RMR que varía entre 0 y 100 (mayor cuanto mejor es la calidad de la roca).

**Tabla 2.2** Parámetros de Clasificación según Bieniawsky (1989)

1	Resistencia de la Roca Intacta a la Compresión Simple (Mpa)	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1	< 1
	Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Puntuación	20	17	13	6	3		
3	ESPACIADO	> 2 m	60 cm - 2 m	20 cm - 60 cm	6 cm - 20 cm	< 6 cm		
	Puntuación	20	15	10	8	5		
4	CONTINUIDAD	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
		Puntuación	6	4	2	1	0	
	ABERTURA	0	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0	
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0	
	RELLENO	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0	
	METEORIZACIÓN	Sana	Levemente meteorizada	Moderadamente meteorizada	Muy meteorizada	Completamente meteorizada		
		Puntuación	6	5	3	1	0	
5	HIDROGEOLOGÍA	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo		
	Puntuación	15	10	7	4	0		

Tomado y Modificado de González (2002)

**Tabla 2.3.** Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy Buena	100-81	> 4 Kg/cm <sup>2</sup>	> 45°
II	Buena	80-61	3-4 Kg/cm <sup>2</sup>	35°-45°
III	Media	60-41	2-3 Kg/cm <sup>2</sup>	25°-35°
IV	Mala	40-21	1-2 Kg/cm <sup>2</sup>	15°-25°
V	Muy Mala	< 20	< 1 Kg/cm <sup>2</sup>	< 15°

Tomado y Modificado de González (2002)

### **Clasificación de Hoek (GSI – *Geological Strength Index*):**

Creado por Hoek en 1994 es un índice de calidad geomecánica para los macizos rocosos cuyo rango numérico, comprendido entre 0 y 100, se basa en la identificación y clasificación en campo de dos de las características físico - mecánicas de un macizo rocoso:

- La macro estructura
- La condición de las superficies de las discontinuidades.

Según este índice, la fuerza de un macizo, depende de las propiedades de los bloques de roca intacta y también sobre la capacidad de ellas de resistirse al deslizamiento y rotación entre sí.

El GSI, proporciona un valor que, combinado con las propiedades de la roca intacta, puede utilizarse para estimar la reducción de fuerzas resistentes, ante diferentes condiciones geológicas. Se conoce que;  $GSI = RMR - 5$ . (Modificado de Hoek, 2006).

En 1999, Truzman realiza un ajuste de la clasificación original, aplicada a los macizos rocosos metamórficos de la Cordillera de la Costa venezolana (figura 2.3).







INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI) PARA LAS ROCAS METAMÓRFICAS DE LA CORDILERA DE LA COSTA DE VENEZUELA A partir de la descripción de la estructura y las condiciones de la superficie de la masa rocosa, seleccionar el intervalo apropiado de esta gráfica. Estimar el valor promedio del GSI de dicho intervalo. No intentar ser tan preciso. Escoger un rango de GSI de 36 a 42 es más aceptable que fijar un GSI=38. También es importante reconocer que el criterio de hoek-brown debería ser aplicado solamente en macizos rocosos donde el tamaño de los bloques o fragmentos es pequeño comparado con el tamaño de la excavación a ser evaluada. Cuando el tamaño de los bloques individuales es aproximadamente mayor a un cuarto de la dimensión de la excavación, generalmente la falla estaría controlada por la estructura y el criterio de hoek-brown no debería ser utilizado.		BRECHADA/CIZALLADA				
ESTRUCTURA		DISMINUCION EN CALIDAD DE SUPERFICIE				
	INTACTA O MASIVA: macizo rocoso con pocas discontinuidades, carentes de planos de foliación. Ej. Cuarzitas, anfibolitas o mármoles	90		N/A	N/A	N/A
	POCO FOLIADA: macizo rocoso parcialmente fracturado con hasta tres sistemas de discontinuidades. Puede contener intercalaciones delgadas de rocas foliadas. Ej. Cuarzita fracturada intercalada ocasionalmente con esquistos y/o filitas	80	70			
	MODERADAMENTE FOLIADA: macizo rocoso fracturado constituido por intercalaciones de rocas foliadas y no foliadas en proporciones semejantes. Ej. Intercalaciones de esquistos y/o filitas con mármoles fracturados en proporción similar		60			
	FOLIADA: macizo rocoso plegado y/o fallado, muy fracturado, donde predominan las rocas foliadas, con ocasionales intercalaciones de rocas no foliadas. Ej. Esquistos y/o filitas muy fracturadas intercaladas ocasionalmente con mármoles lenticulares			50		
	MUY FOLIADA: macizo rocoso plegado, altamente fracturado, constituido únicamente por rocas muy foliadas. Ej. Esquistos y/o filitas muy fracturadas sin la presencia de mármoles, gneises o cuarzitas				40	
	BRECHADA/CIZALLADA: macizo rocoso muy plegado, alterado tectónicamente, con aspecto brechoide. Ej. Brecha de falla o zona influenciada por fallas cercanas					30
						20
		N/A	N/A			10
						5

Figura 2.3: Clasificación según el índice de resistencia geológica, GSI  
(Tomado de Truzman, 1999)



## **CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS, SEGÚN SU ESTADO FÍSICO**

### **Clasificación de Flores Calcaño**

Desarrollada por el geólogo Carlos Flores de Calcaño, en el trabajo titulado “Representaciones gráficas de los términos geotécnicos más usuales”. Establece una sencilla nomenclatura que define el estado de la roca en base a tres parámetros, a saber; meteorización, dureza y grado de fracturamiento.

La meteorización se establece con letras mayúsculas, mientras que dureza y fracturamiento en minúsculas. Siempre la nomenclatura comienza con la “R” de roca. La letra “m” delante de alguna de las siglas implica que se añade el calificativo “muy”.

En base al grado de meteorización la roca puede ser:

- Fresca (RF)
- Meteorizada (RM) o muy meteorizada (RmM)
- Descompuesta (RD) o muy descompuesta (RmD)

En base a la dureza la roca puede ser:

- Dura (d) o muy dura (md)
- Blanda (b) o muy blanda (mb)

En base al grado de fracturamiento la roca puede ser:

- Sana (s)
- Fracturada (f) o muy fracturada (mf)

## **PROPIEDADES FÍSICAS Y ENSAYOS GEOMECÁNICOS**

### **Para suelos**

#### ***Ensayo Pasa 200 (Norma ASTM C-117-95)***

Este método de ensayo cubre la determinación de la cantidad de material más fino que la malla de 75 mm (No. 200) en el agregado por lavado. Las partículas de arcilla y otras de agregado que se encuentran dispersas por el agua de lavado, al igual que los materiales solubles en agua, pueden ser removidas del agregado durante la prueba.

Se incluyen dos procedimientos, uno usando solo agua para la operación de lavado y el otro incluyendo un agente humectante que ayude a separar el material más fino que la malla de 75 mm (No. 200) del material más grueso. Cuando no se especifique otro, el procedimiento A (agua solamente) deberá ser usado.

#### ***Granulometría de Suelos (Norma ASTM C-136-96a)***

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

#### ***Peso Unitario (Norma ASTM D-1188)***

El peso específico relativo o gravedad específica de un suelo se toma como el valor promedio para los granos del suelo. Este valor es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, se utiliza también en el análisis de hidrómetro y es útil para predecir el peso unitario de un suelo. Generalmente este valor se utiliza para clasificar los minerales del suelo.

La gravedad específica de cualquier sustancia se define como “El peso unitario del material en cuestión dividido por el peso unitario del agua destilada a cuatro grados Celcius.”

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Si el suelo está dispuesto por partículas menores a 5 mm, el peso específico relativo se determina mediante un picnómetro.

#### ***Gravedad específica en suelos Parafina (Norma ASTM 854-00)***

La densidad aparente es la relación entre la masa de suelo por unidad de volumen aparente de suelo seco. Las unidades de medida son gramos por centímetro cúbico.

Este método consiste en tomar del suelo, una muestra y luego pesarla hidrostáticamente; recubrirla con parafina (permeabilizar), volver a pesar y determinar el volumen por el desplazamiento que produce la muestra parafinada en el agua.

#### ***Determinación de límites de consistencia (Norma ASTM D-4318-00)***

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg. (1846-1916).

Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de 3mm de espesor con el suelo. Siguiendo estos procedimientos se definen:

1. Límite líquido ( $w_l$ ): Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.
2. Límite plástico ( $w_p$ ): Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.
3. Índice de plasticidad:  $I_p$  ó  $IP = w_l - w_p$

#### **Para Rocas:**

#### ***Resistencia a la compresión simple o uniaxial de la roca (ASTM C 170-70 equivalente a COVENIN 1465-79)***

Es el máximo esfuerzo que soporta la roca sometida a la compresión. Se ensaya en laboratorio sobre una probeta de roca, cilíndrica, sin confinar, aplicando una carga en un solo sentido. Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde: F= carga aplicada a la probeta; A= área de aplicación de la fuerza;  
 $\sigma$ = resistencia a la compresión.

#### ***Densidad, método de la parafina (ASTM D 1188)***

Peso específico: está definido, como el peso de la roca por unidad de volumen y depende exclusivamente de su composición mineralógica. Se

denota como “ $\gamma$ ” y sus unidades son las de fuerza/volumen (González, 2002). Esta propiedad se encuentra relacionada con la densidad “ $\rho$ ” por la siguiente expresión:

$$\gamma = g \cdot \rho \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:  $g$ =aceleración de gravedad

Este método consiste en tomar una muestra de roca y luego pesarla hidrostáticamente; recubrirla con parafina (permeabilizar), volver a pesar y determinar el volumen por el desplazamiento que produce la muestra parafinada en el agua.

## **PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA**

Los procesos de geodinámica externa, se muestran como respuesta del terreno en reacción a los embates del medio que los rodea, entre los cuales destacan los movimientos de masa y los procesos erosivos, que generan cambios sustanciales en la morfología del terreno y por ende inestabilidad en el mismo.

### **Movimientos de masa**

Se definen como movimientos gravitacionales, los que se generan pendiente abajo, pero siempre bajo la influencia de la gravedad. Se diferencia de otros procesos erosivos porque los movimientos de masas gravitacionales no precisan un medio de transporte.

Las clasificaciones más completas y empleadas son las de VARNES (1978), HUTCHINSON (1988) Y DIKAU et. Al. (1996). (GONZÁLEZ, 2002). Para efectos del presente trabajo se tomó la clasificación publicada en

boletín de la IAEG por *The Internacional Geotechnical Societies* (1990), que se basa en la clasificación de VARNES (1978) y se muestra a continuación:

- a. Caído
- b. Deslizamientos
- c. Esparcimiento Lateral
- d. Flujo

### **Procesos erosivos**

La erosión es el desprendimiento, transporte y depósito de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua (Suárez, 2001).

Las zonas mayormente afectadas por la erosión son aquellas que poseen suelos muy erosionables, pendiente alta, clima seco y fuertes vientos pero con lluvias intensas ocasionales. Además, la actividad humana intensifica el proceso, en casos como deforestación, remoción de la capa vegetal y concentración en forma artificial de la escorrentía.

Según Suárez, existen diez tipos de erosión (2001), las cuales son:

- a. Erosión por el viento.
- b. Erosión por gotas de lluvia.
- c. Erosión laminar.
- d. Erosión en surcos.
- e. Erosión por afloramiento de agua.
- f. Erosión interna.
- g. Erosión en cárcavas.

- h. Erosión en cauces de agua.
- i. Erosión por oleaje.
- j. Erosión en masa (deslizamientos).
  - Reptación.
  - Flujos de tierra.
  - Avalanchas.

## **CAPÍTULO III**

### **GEOGRAFÍA FÍSICA**

#### **RELIEVE**

La zona de estudio se ubica en el sistema montañoso Caribe, específicamente en la Cordillera de La Costa, dentro de la Serranía del Interior Central.

La altitud del área de estudio varía entre 200 y 450 m, correspondiendo la más baja a las zonas cercanas a la actual Estación Cúa Este, ubicada al este del área de estudio, y la más alta al sector San José, en las cercanías del pueblo de Tácata, en la zona oeste del área de estudio.

El tramo, en general avanza sobre la llanura aluvial del Río Tuy, que forma un valle longitudinal de sentido este-oeste, separando los sistemas orográficos que se encuentran al norte y al sur de su cauce.

Se pueden distinguir dos tipos de relieves:

- Colinas alargadas: representa un 60% de la zona de estudio, se caracteriza por la presencia de lomas alargadas y poco extensas, las crestas en general son de geometría sinuosa y topes redondeados. Las laderas se presentan simétricas con pendiente uniforme a convexa.



- Valle de fondo plano: comprende un 40% de la zona de estudio, presenta las características de un valle en etapa fisiográfica de madurez media a avanzada, forma parte de la cuenca sedimentaria del río Tuy.



**Figura 3.1:** Vista Panorámica del valle, donde se observa el fondo plano y la llanura aluvial del Río Tuy tomada desde un helicóptero, con sentido hacia Tácata.

## **DRENAJE**

El drenaje principal corresponde al río Tuy, siendo éste el colector principal en la cuenca, presenta una dirección preferencial oeste-este, que cambia a sur-este al acercarse a la población de Cúa. En general tiene una geometría sinuosa, que en algunos sitios se presenta en forma de meandros.

Se encuentra medianamente entallada, por lo que forma amplios valles, de fondo llano.

Sus aguas corren de oeste a este, llevando un caudal de agua moderado y constante a lo largo del año (ver figura 3.2).



**Figura 3.2:** en la foto se muestra el cauce del Río Tuy, en las zonas cercanas al sector El Conde, donde se aprecian afloramientos en el margen derecho del río.

Según Loyo (1986) Entre las poblaciones de Túcata y Tucuchito, está representada por una abertura en forma de “U” abierta y de fondo “plano”. El lecho del río Tuy corre a unos 270m de altitud, aproximadamente a todo lo largo del tramo entre estas localidades, la profundidad de la abertura es de unos 330m.

Con respecto a las anomalías del río Tuy, el mismo autor considera su actual cuenca alta, drenaba originalmente al hacia el Lago de Valencia, mientras que el trazado actual del río parece resultar de un mecanismo de captura asociado al movimiento del sistema de fallas de Túcata.

Según Kaye (1947), el tramo superior del río Tuy fue “robado” por las cabeceras de drenaje de la cuenca del río Tuy. Si se considera que los ríos más antiguos depositados por este río corresponden a una cuña perteneciente a la Formación Tuy, de edad Plioceno terminal-Pleistoceno, la captura de este río se produjo como consecuencia de la reactivación del sistema de fallas de Túcata. Por tanto, por tanto se puede definir, que la captura de este río se llevó a cabo en el Pleistoceno superior-Pleistoceno inferior.

El drenaje secundario exhibe un patrón dendrítico, muchas de las quebradas que lo conforman son de régimen intermitente, activándose sólo en la época de lluvia, sin embargo, es común encontrar flujos permanentes en este tipo de drenaje a lo largo de todo el año.

## **VEGETACION**

Según Zambrano (1970), la vegetación es diversa, y corresponde a la de bosques tropófilos y sabanas. Por lo general, a lo largo de las márgenes de los ríos se encuentra una alternancia de bosques de galería con matorrales y especiales herbáceas variadas. Hacia cotas superiores se observa el desarrollo de bosques sub.-húmedos a húmedos densos.

## **CLIMA**

Según ZAMBRANO (1970), la región de estudio se encuentra dentro de la zona de clima tropical cálido lluvioso. En ella, la estación lluviosa abarca entre 7 y 8 meses del año, comenzando en abril y culminando en noviembre, lo cual corresponde a uno o dos meses después del equinoccio de otoño, mientras que el período de sequía se presenta entre los meses de diciembre y abril. Los parámetros anuales de pluviosidad oscilan entre 800 y 1500 mm, mostrándose acentuados entre los meses de junio y julio.

No existen datos actualizados sobre la temperatura media en el año, sin embargo, los últimos estudios la ubican en 23°C, con una oscilación media anual inferior a 5°C; sin embargo, la oscilación diaria es más marcada, estando por el orden de los 10°C a 12°C.

## **CAPÍTULO IV**

### **GEOLOGÍA REGIONAL**

#### **GENERALIDADES**

El planteamiento de geología regional se realiza en base a la cartografía geológica más reciente, disponible en el trabajo de compilación realizado por Urbani (2004), con ciertas modificaciones, según lo observado en campo.

Sin embargo, toda la información litológica corresponde con una síntesis realizada de la información disponible en el Léxico Estratigráfico de Venezuela.

#### **LITOLOGÍA**

En el trabajo geológico se ha utilizado la nueva nomenclatura para definir las unidades litológicas que integran las Napas Tectónicas, en lugar de las tradicionales unidades litoestratigráficas. Se conserva en lo posible la nomenclatura formal establecida en el Léxico Estratigráfico de Venezuela.

El mapa que se muestra en el anexo 10, a escala 1:15.000 muestra las asociaciones litológicas a lo largo del trazado del ferrocarril y zonas aledañas que son las siguientes:

#### **NAPA DE LOMA DE HIERRO**

**Formación Tuy (Tmt) - Terciario (Plioceno) - Cuaternario (Pleistoceno)**

Descripción: Consiste de gravas y conglomerados mal consolidados (55%) y arcillas, generalmente impuras (30%), el resto es de areniscas y margas. Se caracteriza por una intercalación constante y monótona de capas, generalmente de 1 m a 3 m de espesor de gravas heterogéneas y conglomerados líticos mal consolidados, con matriz limo arcillosa abundante y a veces con cemento calcáreo, intercaladas con arcillas, lutitas y cantidades menores de margas y areniscas. Las arcillas se presentan en capas menores de 1 m de espesor, que muestran color crema a rosado y ocasionalmente verdosas, rojo-violeta y abigarradas, frecuentemente calcáreas hasta margosas.

**(Metalavas) de la Formación Tiara (LHt) - Cretácico (Albiense-Cenomaniense)**

Descripción: formada por basaltos y rocas gabroides, a veces con cristales de piroxenos y plagioclasa con textura ofítica. Los piroxenos a veces transformados a hornblenda y clorita. Los meta – basaltos son de grano fino, denso, de color gris claro a negro, con textura subofítica, algunas variedades son porfídicas, con fenocristales de plagioclasa en una matriz muy fina, a veces muy alterada. Junto a las rocas ígneas, describe una sección de metatoba, de color negro y microcristalina, constituida por fragmentos de rocas volcánicas, plagioclasa, cuarzo y ftanita.

En la localidad tipo, al norte de Tiara en el distrito Ricaurte – estado Aragua, se estima un espesor de unos 900 m.

**(Filitas de la) Formación Paracotos (LHp)- Rocas Volcánico Sedimentarias del río Guare (LHrq) – Cretácico (Maastrichtiense)**

La Formación Paracotos constituye la cobertura sedimentaria del Complejo Ofiolítico de Loma de Hierro. Algunos autores denominan,

innecesariamente, esta formación como "rocas volcánico sedimentarias del río Guare".

Descripción: formada por una asociación de filita, mármol, metaconglomerado, con metalimolita y metarenisca en menor proporción.

La filita constituye el 60% de la formación, es limosa y carbonosa, de color azul grisáceo oscuro, con ocasionales peñones de rocas metavolcánicas y metasedimentarias, clasificada como una lodolita guijarrosa. Se observan capas delgadas de varios tipos de meta – arenisca de color gris oscuro, que clasifica como arenisca calcárea micácea y waca lítica cuarcífera.

El meta – conglomerado es de color gris verdoso con guijarros de hasta 50 cm de diámetro. Los guijarros están constituidos por fragmentos de metalava basáltica, cuarzo de veta, mármol, ftanita y granofel cuarzo – albítico. Se conocen cuerpos de metalava de hasta varias decenas de metros de espesor, interestratificados con la filita, que aparecen muy transformados siendo poco visibles los minerales ferromagnesianos primarios, se presentan tanto como lavas almohadilladas, como en flujos brechados.

### **(Meta – conglomerado de la) Formación Charallave (Tch) Triásico-Jurásico**

Existen además de la localidad tipo, cuerpos mayores al suroeste de Charallave, estado Miranda. Se plantea que esta unidad yace discordantemente por debajo de la Formación Tucutunemo, y por encima del Esquisto de la quebrada Curucujul, a través de un contacto normal y transicional.

Descripción: meta – conglomerado esquistoso con guijarros de cuarzo ahumado, cementados por una cuarcita blanca, donde los guijarros de

cuarzo varían de algunos milímetros a cerca de 1cm. El sector La Magdalena – Sabaneta, la unidad está constituida por una serie de esquistos muy alterados, intercalados con niveles delgados de filita cuarcífera con micas blancas, niveles de cuarcita y capas o lentes de uno a varios metros de espesor de meta – conglomerado. En algunos niveles del meta – conglomerado, se nota una clara variación granulométrica. Los clastos redondeados presentan cuarzo con bordes muy suturados, así como clastos de cuarcita de grano fino y estructuras miloníticas. El cemento se encuentra en pequeña proporción y está compuesto de cuarzo microcristalino suturado y una proporción variable de mica blanca, minerales opacos y clorita.

A 1,5 km al oeste de Sabaneta cerca del río Tuy, ésta unidad está compuesta por una roca ígnea cataclástica con cuarzo y plagioclasa, esquistos con esfena y epidoto, y cuarcita con mica blanca.

### **Complejo ofiolítico de Loma de Hierro (LHcq - LHcp): Gabros - Cretácico**

Descripción: el complejo peridotita-gabro se compone de peridotita serpentizada, troctolita y gabro asociado a basalto. La serpentización es más intensa hacia los bordes del bloque; su borde norte está formado por rocas intermedias entre peridotitas y gabro, como son troctolita y gabro olivinífero serpentizado y rodingita, producto de la alteración del gabro. La peridotita es principalmente una harzburgita de grano grueso con olivino y enstatita de color negro a verdoso de acuerdo al grado de serpentización.

El gabro aflora formando diques dentro de la peridotita hacia el borde norte y de las troctolitas o en forma masiva hacia el borde sur, cerca del contacto con las rocas volcánicas de la Formación Tiara. A veces se ven zonas de carácter pegmatítico. La mineralogía está compuesta principalmente de clinopiroxeno y plagioclasa cálcica muy alterada; los cristales del piroxeno muestran textura de cúmulo, si bien hay cuerpos de



gabro no cumulíticos que intrusionan al otro tipo. Se estima un espesor de unos 800 m para el cuerpo de peridotitas y gabros.

El contacto septentrional entre el cuerpo de rocas ultramáficas con la Formación Tucutunemo, es tanto de fallas de ángulo alto, como de corrimiento, mientras que el contacto meridional con el cuerpo de gabros masivos es estratigráfico. Por su parte, el contacto entre el gabro y las rocas de la Formación Tiara es reconocido tanto como de naturaleza estratigráfica, como a través de fallas de ángulo alto.

## **NAPA CAUCAGUA- EL TINACO**

### **(Filitas de la) Formación Tucutunemo (Ttu) – Paleozoico tardío**

Descripción: consiste principalmente en filitas carbonáceas arenosas que varían a meta – areniscas y limolitas cuarzo feldespáticas, encontrándose también cantidades menores de areniscas de grano grueso y conglomerados cuarzo-calcáreos. Una zona discontinua pero prominente de caliza cristalina negra, de grano fino, asociada a un conglomerado calcáreo, se ubica cerca de la parte superior de la secuencia y cerca de la base de la misma, aparecen algunas capas delgadas de toba básica afanítica de color verde.

Su espesor aparente es de 350 m, ampliamente replegado y variable. Los contactos se estiman de falla (tanto de ángulo alto como de corrimiento) con las unidades constituyentes de la Napa de Loma de Hierro, mientras que pueden ser tanto estratigráficos como tectónicos, con otras unidades de la Napa de Caucagua – El Tinaco.

### **Gneis de la Aguadita (TTIa) – Pre-Mesozoico**

Descripción: es una alternancia de capas máficas y félsicas de 5 cm a 30 cm de espesor promedio, que alcanza raras veces hasta 1 m; esta

alternancia, de colores contrastantes, produce el aspecto bandeado del gneis. Las capas félsicas (rocas cuarzo – plagioclásicas) suelen ser más delgadas que las máficas, (gneis hornbléndico – cuarzo – oligoclásico y anfibolitas). Entre ambos tipos hay transiciones, particularmente entre los gneises hornbléndicos y los biotíticos, que pasan de uno a otro en una misma capa. Los primeros abundan más que los segundos y éstos a su vez más que las anfibolitas.

### **Capas de la Qda. Onoto (TO) – Cretácico tardío**

Aflora en la Qda. Onoto a 0,5 km al noroeste del pueblo de Sabaneta, en la carretera hacia Túcata – Cúa.

Descripción: formado por rocas pelíticas y pelíticas carbonáticas finamente esquistosas, rocas carbonáticas recristalizadas de color gris claro mostrando una estructura microespática, conglomerados líticos con cemento carbonático con fragmentos de esquistos verdosos a negro, mármol negro, rocas granudas miloníticas con cuarzo y plagioclasa, pequeños fragmentos de metatoba o metalava con granos dispersos de espinela cromífera. El metamorfismo es de muy bajo grado. Su espesor se estima en 250 m.

### **(Esquisto del) Complejo de Tinapú (TTti) - Pre-Mesozoico**

Se refiere a la secuencia de esquistos muscovíticos y cloríticos, así como los conglomerados esquistosos que forma parte del Complejo de Tinaco. Suprayace transicionalmente al gneis de La Aguadita, e infrayace con discordancia angular a la Formación Las Placitas.

Descripción: el esquisto cuarzo – albítico – muscovítico es el tipo más abundante de roca en la unidad; constituye el 70% de la misma y se intercala con esquistos albítico – cuarzo – cloríticos. Los esquistos muscovíticos son de color gris verdoso y forman capas de hasta 4 m de espesor. Comúnmente

los esquistos muscovíticos se hacen conglomeráticos y pasan gradualmente a conglomerados esquistosos. Los conglomerados contienen guijarros cuneiformes de queratófido cuarcífero, granito y cuarzo. Los esquistos cloríticos constituyen alrededor del 30% de la unidad, son de color verde oscuro y forman capas delgadas de 10 cm a 50 cm de espesor. Se estima un metamorfismo de la Facies de los Esquistos Verdes, y un espesor de mínimo 1 km.

### **Gneis Tonalítico de Curiepe (Tcu) - Triásico - Jurásico**

Aflora en la carretera entre Tejerías y Tiara, a unos 2 km al suroeste del caserío Curiepe, estado Aragua. Es concordante con las rocas adyacentes del Esquisto de Tinapú y originalmente es probable que hayan sido un sill.

Descripción: compuestas por una serie de filones, mínimo 50 cm de espesor, concordantes con la foliación de los esquistos micáceos adyacentes y replegados junto a ellos, la roca es un gneis de ojos de grano fino, homogéneo, donde la foliación es resaltada por las micas alteradas. Presenta aproximadamente un 30% de minerales ferromagnesianos alterados (anfíbol alterado, agujas de actinolita y mica cloritizada).

## **GEOMORFOLOGÍA**

La geomorfología de la zona pautada para la construcción del tramo Cúa-La Encrucijada, del sistema ferroviario nacional, está ampliamente relacionada con la génesis de la cuenca del río Tuy, sobre la cual Audemard (1984), realiza la siguiente caracterización:

La cuenca del Tuy ha sufrido un basculamiento global hacia el sur como lo evidencia la migración del drenaje.

Las Fallas de La Victoria y Túcata, que constituyen los márgenes norte y SW de la cuenca respectivamente, presentan evidencias de actividad cuaternaria; la primera en sentido vertical y horizontal dextral y la segunda horizontal dextral. Ambas fallas durante la primera fase de deformación actuaron como fallas normal-dextrales. La quebrada Soapire, además de evidenciar el basculamiento global de la cuenca, presenta hundimiento parcial de su curso en el Holoceno, lo cual se interpreta a través de un modelo de cuenca en tracción.

Existen dos posibles modelos genéticos para la cuenca del Tuy:

Cuenca graben: explica la primera fase de deformación y el proceso sedimentario. Se requiere de otro proceso para explicar la segunda fase de deformación.

Cuenca de tracción: explica la cuenca del Tuy, pero se desconocen evidencias de actividad de la falla mayor del sur (Falla de Agua Fría).

### **Gran Unidad I: Complejo Rocoso Metamórfico**

Esta gran unidad puede ser dividida en dos unidades debido a que presentan modelados diferentes:

- Unidad 1: Serranía Metasedimentaria

Se encuentra generalmente al norte de la Falla del Pichao (al norte de la cuenca de Tuy) y al oeste de la cuenca. En ella, predominan rocas metasedimentarias de metamorfismo de bajo grado del Grupo Caracas (Fm. Las Mercedes) y las rocas de Conoropa. Corresponde a la Serranía del Litoral.

El modelado es en general abrupto, con drenajes encajados, filas angostas y laderas rectilíneas de pendiente alta (entre 30° y 40°). Singer (1977) indica la presencia de gargantas epigénicas en el río Guaire, entre Petare y Puente Pichao. Además, señala la existencia de remanentes de por lo menos cuatros sistemas de aplanamiento escalonados (200, 1750, 1500, 1250m), algunos de estos presentan un abombamiento antiforme de eje paralelo a la Serranía del Litoral, que se observan bien en la cadena de la Colonia Tovar, encima de la meseta de Los Teques. Loyo (1983), también señala la existencia de tres superficies de aplanamiento (100, 800 y 600m) hacia el sureste de Caracas. El drenaje es de tipo dendrítico subparalelo.

- Unidad 2: Serranía Meta-volcánica

Se encuentra al sur de la cuenca. Comprende las siguientes áreas montañosas de la Serranía del Interior:

- Etribaciones este de la Serranía de Guatopo (200 a 100m).
- Áreas montañosas de los Valles del Tuy medio (400 a 1400m): Selva de Guatopo, cuencas de Lagartijo y Ocumarito.
- Área montañosa sur del alto Tuy (600 a 1400m): Altagracia de la Montaña, Loma de Hierro, Fila El Socorro.

En esta unidad afloran principalmente rocas del Grupo Villa de Cura.

La morfología es menos pronunciada que la unidad 1, las laderas son menos rectilíneas y de pendientes más suaves (entre 10° y 25°). El drenaje es dendrítico desordenado y los valles angostos y profundos. Las cimas de sus cerros frecuentemente están subredondeadas o aplanadas, que corresponden a remanentes de diversas superficies de aplanamiento encajonadas por posibles cambios climático-tectónicos.

Excelentes remanentes de estos niveles aplanados se encuentran al este de San Casimiro, en el tope denominado Las Yaguas, a 1400m, presentando

su superficie un modelado aborregado y hallándose delimitada por drenajes suspendidos. Otro buen ejemplo lo constituye Loma de Hierro, que presenta un tope aplanado a 1200m de altura.

Por lo menos seis niveles de aplanamientos han sido establecidos. Estos no se ven controlados por litología o fallas (a excepción tal vez de aquellas activas), puesto que truncan el todo por igual.

## **Gran Unidad II: Cuenca Sedimentaria del Tuy**

Esta gran unidad se haya encajada dentro de la Gran Unidad I. su altura varía entre 130 y 400m sobre el nivel del mar. En base a la diferenciación de los modelados, puede subdividirse en cuatro unidades, a saber:

- Unidad 3: “Hog’s back” piemontinos

Constituye una franja estrecha, 600 a 700m de ancho, que aflora hacia la parte noreste de la cuenca del Tuy, contra la Falla de Pichao.

Morfológicamente se caracteriza por filas muy angostas, con crestas de buzamiento de pendientes de 45° al sur (hog’s back y crestas monoclinales).

Litológicamente está constituido por un conglomerado de peñones de color ladrillo que corresponde al Miembro Pichao.

- Unidad 4: Filas lacustrinas

Esta unidad aflora hacia la parte norte y NE de la cuenca, entre Soapire al oeste, El Placer de Siquiere al este y el parcelamiento Paraisos del Tuy al sur.

Litológicamente se caracteriza fundamentalmente por lutitas y limolitas finalmente laminadas, interestratificadas con arenisca de grano fino, bien

compactadas y ocasionalmente cementadas, lo cual genera un binomio de resistencia poco marcado, que morfológicamente genera, por acción de la erosión diferencial, filas escalonadas con crestas de pendientes del orden de 15°, valles angostos y en forma de “V”. El drenaje presenta un patrón enrejado.

## **GEOLOGÍA REGIONAL ESTRUCTURAL, FALLAMIENTO ACTIVO SISMICIDAD Y ACELERACIONES DE DISEÑO**

Desde La Encrucijada hasta Cúa, la ruta transcurre prácticamente a lo largo de la falla de La Victoria, la cual es comprobadamente activa y de carácter intraplaca. Adicionalmente, se identificaron algunos sistemas de fallas menores donde destaca la Falla de Túcata, que atraviesa la zona de interés de este estudio, a la cual se le han atribuido sismos históricos importantes.

### **Falla La Victoria**

La Falla La Victoria es un elemento sismotectónico que presenta expresión morfológica desde el sector La Mona en el estado Carabobo, hasta las costas del Mar Caribe en las cercanías de Carenero, estado Miranda para una longitud total de 380 Km aproximadamente.

Es una falla con poca expresión superficial, ya que transcurre fundamentalmente a lo largo de valles y planicies de alta agradación sedimentaria con lo cual la expresión de la falla se atenúa y es casi invisible, ya que la tasa de sedimentación es superior a la velocidad de la falla. Su movimiento es transcurrente dextral con una velocidad de 0,7 mm por año con una estimación de sismo máximo posible de magnitud 6,6, con un promedio de retorno de 1600 años (Coral 83, 1993).

La falla de La Victoria cruza la ruta aparentemente en la progresiva 39+650 de acuerdo a la información disponible; sin embargo, este cruce no necesariamente corresponde a la traza de mayor actividad o aquella que tendrá el próximo desplazamiento. En conclusión, es muy difícil predecir el lugar exacto de la zona de la próxima ruptura, no obstante, es importante mencionar que esta falla se le ha estimado un desplazamiento lateral de 5cm en el caso de activarse alguna traza, lo cual es perfectamente manejable para la vía férrea.

### **Falla de Tácata**

Esta falla corresponde al grupo de fallas de orientación Noroeste-Sureste que se observan a lo largo de la Serranía del Interior Central, desde el Lago de Valencia hasta la planicie de Barlovento. Esta falla tiene una longitud aproximada de 90 km desde su conexión con el sistema de corrimientos piemontinos hasta su intersección con la Falla de La Victoria, cerca de Tácata al sur de Los Teques. Presenta un movimiento dextral y sus principales evidencias corresponden con facetas triangulares bien desarrolladas, ensilladuras de fallas, alineación de relieves y algunos drenajes desplazados.

Su velocidad es de 0,4 mm/año con desplazamientos cosísmicos del orden de 1 a 5 cm y presenta una buena expresión morfológica sobre las rocas metamórficas mesozoicas, predominado facetas triangulares y drenajes desviados. Su sismo máximo probable se ha estimado en una magnitud de 6,7 con período de retorno de 2000 años.

La conexión de esta falla con el Sistema de Fallas de La Victoria fue la responsable de la “crisis” sísmica de mayo de 2009, donde destacó un sismo de magnitud 5,4. Adicionalmente, el terremoto destructivo de 12 de abril de 1878 el cual causó más de 400 víctimas en la ciudad de Cúa y más de 10



réplicas durante todo el mes de abril de dicho año, se atribuye a la actividad de la Falla de Táchata.

### **Fallas inactivas**

Sobre los planos geológicos se han cartografiado una serie de fallas, que salvo la de Táchata son de carácter inactivo y corresponden con estados de deformación antiguos. Estas fallas generalmente funcionan como contactos entre unidades litoestratigráficas y en algunos casos actúan como planos pasivos de debilidad con presencia de brechas o alineaciones de diaclasas maestras, que facilitan potenciales deslizamientos a través del plano de falla.

### **Sismicidad**

La actividad sísmica del área de estudio se limita a sismos por debajo de magnitud 6, con predominancia de sismos entre 2 y 4. Se solicitó el catálogo sísmico instrumental a Funvisis para presentar con este informe la sismicidad registrada instrumentalmente. (Ver Anexo 7).

### **Zonificación Sísmica**

Toda la ruta transcurre a través de los municipios Urdaneta y Guaicaipuro del estado Miranda, y de los municipios Santos Michelena, José Félix Ribas, Bolívar y Sucre. A todos estos municipios menos el municipio Guaicaipuro se les asigna la zona 4; es decir, región con probabilidad de excedencia de 10% en 50 años de aceleraciones de 0,25 g. El municipio Guaicaipuro es zona 5 con aceleración horizontal de 0,3 g.

### **Consideraciones sobre el riesgo geológico y limitaciones a lo largo del trazado propuesto**

Todo el trazado se encuentra sobre dos corredores tectónicos controlados por las fallas de La Victoria y la Falla de Táchata, esta condición que es el punto de inicio de todos los aspectos que tienen que ver con el riesgo

geológico que amenaza negativamente, no es determinante, para el trazado propuesto.

Gran parte del trazado de la vía férrea transcurre en zona plana cuya única limitación es la presencia alternante de zonas de suelos blandos a medios cerca de la superficie. Esta condición será subsanada con un diseño apropiado de la infraestructura, no obstante, no consideramos ésto ninguna limitación relevante ya que generalmente a profundidades mayores de 10 m, los suelos aumentan su consistencia y compacidad.

La otra desventaja en esta tramo inicial está relacionada con la cercanía entre la ruta y el Sistema de Fallas de La Victoria, a la cual se le asigna una tasa de desplazamiento dextral de 0,7 mm/año (Coral 83, 1993). No obstante, los estudios de Coral 83 indican que los desplazamientos se encuentran por debajo de 5 cm, lo cual es manejable en cuanto a daños de un sismo con ruptura local.

En términos de aceleraciones sísmicas, la principal amenaza proviene de la Falla de San Sebastián y no de las fuentes sismogénicas de Táchata y La Victoria. Esta falla, controla el 90% del potencial de ocurrencia de aceleraciones que excedan la norma Covenin 17576-2001. La sismicidad debe ser manejada de manera tradicional considerando las acciones sísmicas prescritas por la mencionada norma y evaluando los aspectos que tienen que ver con la vulnerabilidad estructural.

La ruta seleccionada por el personal técnico de China Rail Way Eryuan Group de Venezuela C.A., ha considerado alejarse lo más posible de las trazas geomorfológicamente más activas que presenta la Falla de Táchata. Inicialmente en el sector de Táchata el trazado se alineaba prácticamente con la zona de mejor expresión de la falla, coincidente con una ladera de más de

200 m de altura, con evidencias de inestabilidad superficial que son la consecuencia de la combinación de una litología de rocas blandas (Filitas de Paracotos) y fracturamiento con zonas de brechas que aumentan la inestabilidad potencial de dicha unidad litológica. Esta situación adversa ha sido mitigada con los cambios efectuados en la ruta.

Al final de la ruta, 2 Km antes de llegar a la Estación Cúa, se encuentra el valle aluvial del río Tuy, donde la principal limitación se centra en los procesos hidráulicos, la dinámica fluvial del río y la presencia de espesores de suelos blandos saturados con presencia local de suelos expansivos. En este caso se ha proyectado un viaducto de 2430 m, el cual debe ser fundado por medio de pilotes y protegido hidráulicamente lo cual superará las limitaciones antes descritas.

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS**

#### **LITOLOGIA**

A lo largo de la vía férrea se realizaron 36 perforaciones, para un total de 794 m, distribuidos y agrupados en siete (7) tramos que presentan características similares, principalmente de relieve (ver tabla 5.1).

Los sondeos realizados y los levantamientos geológicos en campo nos permitieron determinar las características de los suelos y las rocas presentes, con la finalidad reconocer diferentes litotipos, tanto sedimentarios como metamórficos, que fueron asociados a las formaciones señaladas en la bibliografía existente.

Para cuantificar la distribución del sustrato superficial, diferenciando el suelo del macizo rocoso aflorante, se utilizaron los resultados de los sondeos exploratorios y se calculó en porcentaje por sub – tramo, de dicha distribución, como se observa en las siguientes tablas y gráficos.

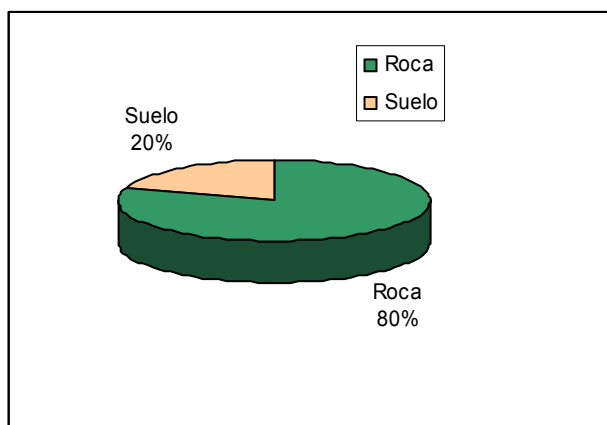
Las planillas de perforación detalladas para cada sondeo (Anexo 3) y las planillas de caracterización geotécnica (Anexo 2), permitieron clasificar los suelos según el S.U.C.S (Sistema unificado de clasificación de suelos), en los gráficos a continuación se observa la distribución de los suelos según este sistema.

**Tabla 5.1:** Perforaciones Realizadas a lo largo del tramo Cúa –Tácata, con su respectiva Ubicación en coordenadas TM, cota, progresiva y Longitud.

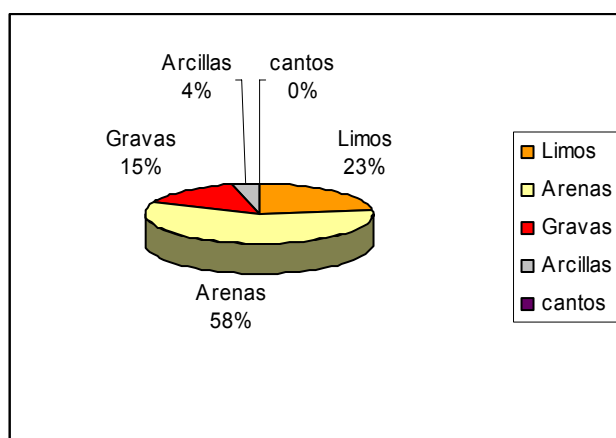
Perforación	Coordenadas		Cota (m)	Progresiva (Km)	Longitud (m)	Sub-Tramo
	Este	Norte				
CT-3	499422	1128058	290	58+309	30	1
CT-3A	499551	1127994	300	58+454	20	
CT-4	499970	1127841	284	58+900	27	
CT-5	500275	1127746	285	59+205	30	
CT-6	500560	1127651	277	59+520	30	
CT-10	501140	1127338	277	60+180	30	
CT-13	501754	1127038	299	60+865	11	
CT-13-A	501932	1126974	298	61+054	15	
CT-14	502045	1126933	290	61+175	15	
CT-15	502203	1126847	284	61+355	30	3
CT-17A	503379	1125975	287	62+832	4	
CT-17D	503733	1125879	284	63+200	23	
CT-17E	503954	1125849	284	63+422	22	
CT-18	504121	1125827	267	63+591	20	
CT-18A	504256	1125809	282	63+728	22	
CT-18B	504440	1125785	277	63+913	30	
CT-19	504640	1125744	288	64+125	15	
CT-19A	504885	1125657	287	64+377	15	
CT-20	505200	1125522	282	64+720	15	
CT-21	505687	1125313	272	65+249	10	
CT-24	506807	1124985	279	66+562	15	
CT-25	506932	1124930	279	66+548	15	
CT-26	506778	1124844	280	66+437	15	
CT-27	507034	1124734	275	66+830	20	
CT-28	506892	1124795	279	66+400	15	5
CT-30	507467	1124549	262	67+188	23	
CT-31	507685	1124455	284	67+424	22	
CT-32	507870	1124369	281	67+629	24	
CT-33	508232	1124220	248	68+019	24	
CT-34	508295	1124193	248	68+088	25	7
CT-38	509610	1123460	247	69+600	25	
CT-56	511850	1121804	240	72+451	31	
CT-57	512123	1121717	234	72+737	37	
CT-64	513541	1122708	218	74+629	30	7
CT-65	513597	1122753	218	74+700	30	
CT-66	513703	1122833	220	74+822	30	

**Tabla 5.2:** Perforaciones correspondientes al tramo 1 (Km 58+050 – 60+427), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.

tramo 1				Suelos				
Perforación	Longitud	Roca	Suelo	Limos	Arenas	Gravas	Arcillas	Cantos
CT-3	30	24	6		4	2		
CT-3A	20	17	3	3				
CT-4	27	25	2		2			
CT-5	30	30	0					
CT- 6	30	23	7	3	2	1	1	
CT-10	30	22	8		7	1		
total:	167	141	26	6	15	4	1	0



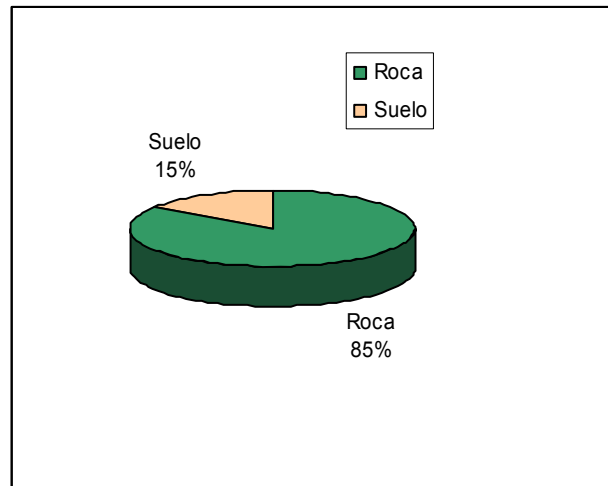
**Figura 5.1:** Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 1



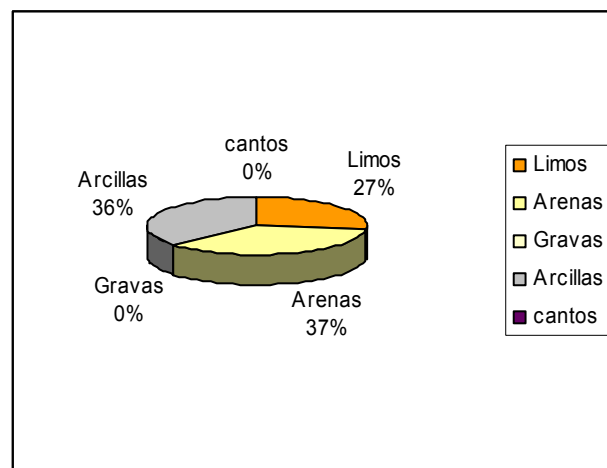
**Figura 5.2:** Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 1

**Tabla 5.3:** Perforaciones correspondientes al tramo 2 (Km 60+427 – KM 61+750), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.

tramo 2				Suelos				
Perforación	Longitud	Roca	Suelo	Limos	Arenas	Gravas	Arcillas	Cantos
CT-13	11	9	2	2				
CT-13-A	15	12	3		3			
CT-14	15	14	1	1				
CT-15	30	25	5		1		4	
Total:	71	60	11	3	4	0	4	0



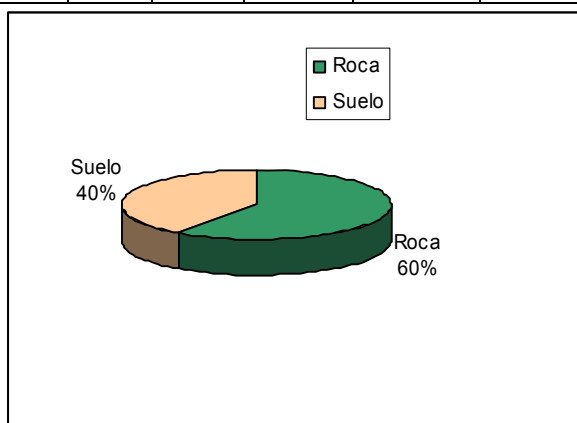
**Figura 5.3:** Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 2



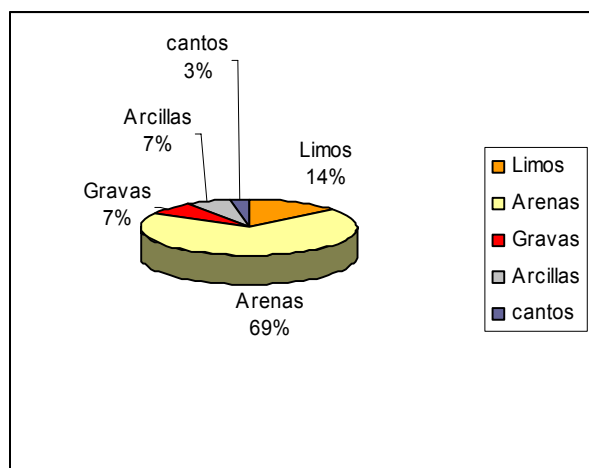
**Figura 5.4:** Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 2

**Tabla 5.4:** Perforaciones correspondientes al tramo 3 (Km 61+750 – 65+360), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.

tramo 3				Suelos				
Perforación	Longitud	Roca	Suelo	Limos	Arenas	Gravas	Arcillas	Cantos
CT-17 <sup>a</sup>	4	2	2		2			
CT-17D	23	21	2		2			
CT-17E	22	18	4		4			
CT-18	20	14	6		4			2
CT-18 <sup>a</sup>	22	13	9	2	4	1	2	
CT-18B	30	27	3		3			
CT-19	15	0	15		11	4		
CT-19 <sup>a</sup>	15	0	15	1	11		3	
CT-20	15	1	14	6	8			
CT-21	10	9	1	1				
	176	105	71	10	49	5	5	2



**Figura 5.5:** Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 3

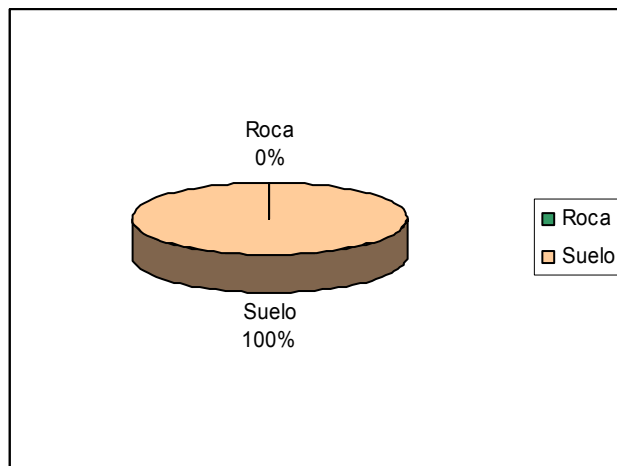


**Figura 5.6:** Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 3

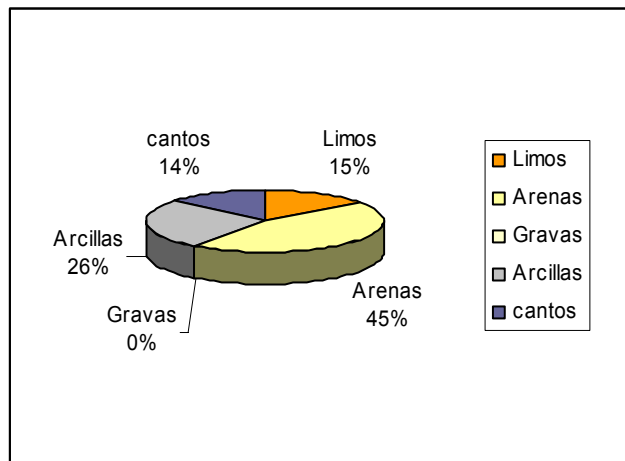


**Tabla 5.5:** Perforaciones correspondientes al tramo 4 (65+360 – 66+810), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.

tramo 4				Suelos				
Perforación	Longitud	Roca	Suelo	Limos	Arenas	Gravas	Arcillas	cantos
CT-24	15	0	15	4	8		3	
CT-25	15	0	15	4	9		2	
CT-26	15	0	15		11		3	1
CT-27	20	0	20	1			11	8
CT-28	15	0	15	3	8		2	2
	80	0	80	12	36	0	21	11



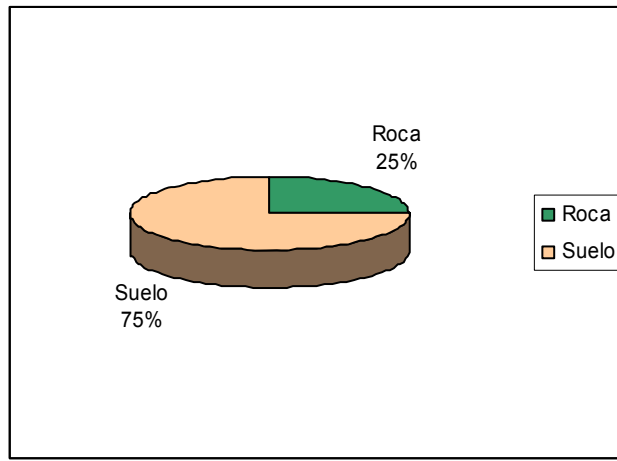
**Figura 5.7:** Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 4



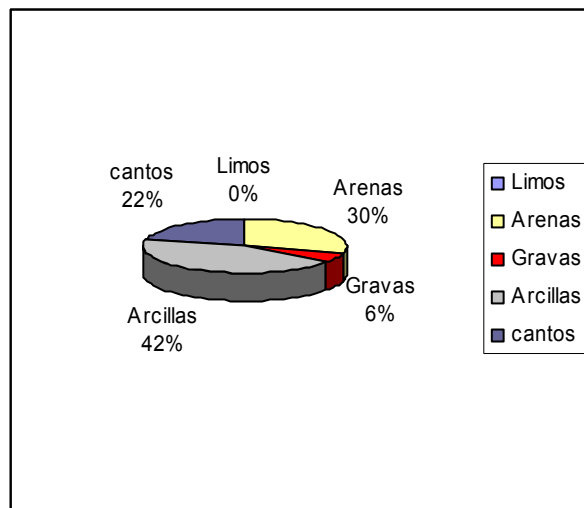
**Figura 5.8:** Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 4

**Tabla 5.6:** Perforaciones correspondientes al tramo 5 (66+810 – 68+072), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.

tramo 5				Suelos				
Perforación	Longitud	Roca	Suelo	Limos	Arenas	Gravas	Arcillas	cantos
CT-30	23	0	23		1	2	7	13
CT-31	22	0	22		9	2	7	3
CT-32	24	0	24		12		12	
CT-33	24	12	12			1	8	3
CT-34	25	17	8		4		4	
	118	29	89	0	26	5	38	19



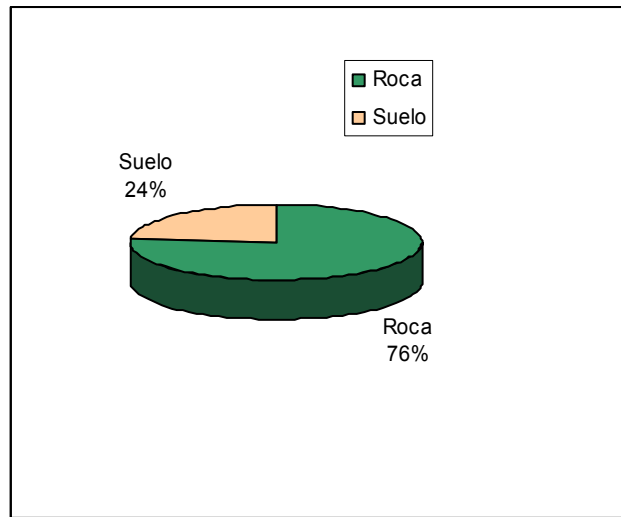
**Figura 5.9:** Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 5



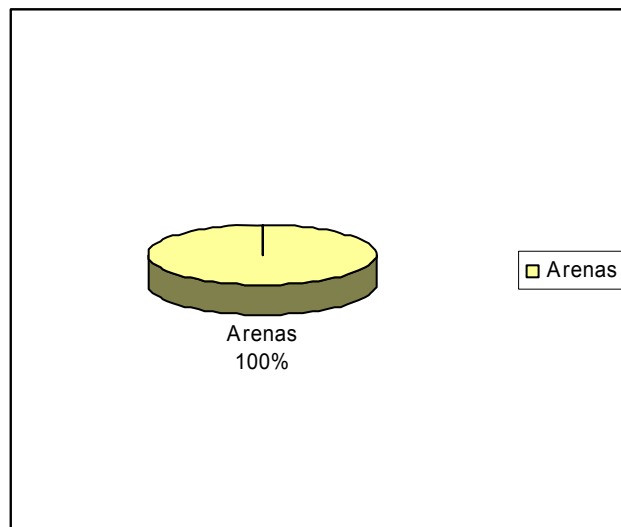
**Figura 5.10:** Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 5

**Tabla 5.7** Perforaciones correspondientes al tramo 6 (66+072 – 72+420), cantidad en metros (m), de profundidad, en roca y suelos.

tramo 6				Suelos				
Perforación	Longitud	Roca	Suelo	Limos	Arenas	Gravas	Arcillas	cantos
CT-38	25	19	6		6			
	25	19	6	0	6	0	0	0



**Figura 5.11:** Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 6

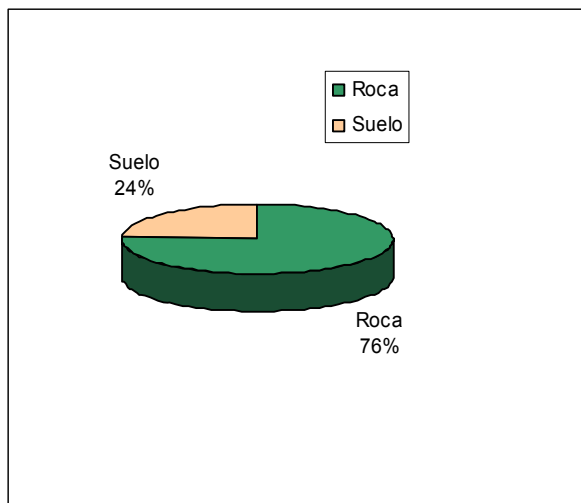


**Figura 5.12:** Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 6

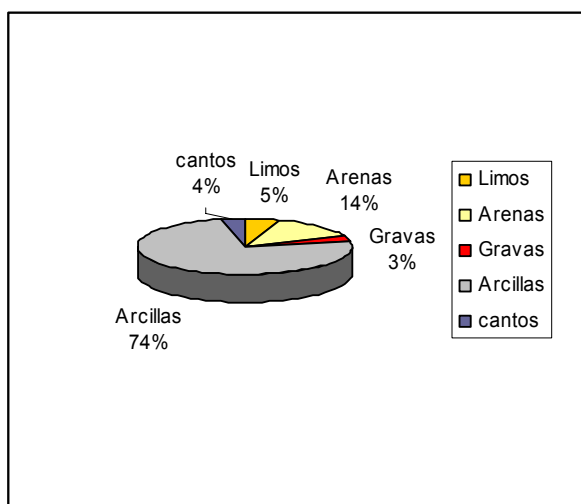
**Tabla 5.8:** Perforaciones correspondientes al tramo 7 (72+420 – 74+850), cantidad en

metros (m), de profundidad, en roca y suelos

tramo 7				Suelos				
Perforación	Longitud	Roca	Suelo	Limos	Arenas	Gravas	Arcillas	Cantos
CT-56	31	23	8	6	2			
CT-57	37	0	37		10	1	21	5
CT-64	30	0	30	1	1	1	27	
CT-65	30	0	30		1	2	27	
CT-66	30	0	30		5		25	
	158	23	135	7	19	4	100	5



**Figura 5.13:** Relación en porcentaje Suelo – Roca, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 7



**Figura 5.14 :** Distribución de los suelos según la clasificación S.U.C.S, obtenida de las perforaciones correspondientes al tramo 7

Una vez establecidos los porcentajes de suelo y roca presentes, se realizó

el análisis petrológico (Ver Anexo 5), a las muestras recolectadas en el levantamiento geológico de campo. Lo que permite corroborar las unidades litológicas establecidas en estudios anteriores y realizar modificaciones en caso de discrepancias, para la elaboración del mapa geológico, que para este trabajo se presenta a escala 1: 15.000 y se puede observar en el Anexo 10.

Se elaboró una tabla resumen de las muestras a las que se le realizó análisis petrográfico (tabla 5.9), asignándole valores en porcentajes de los minerales que la conforman, para asociarlas a las unidades litológicas correspondientes y definir el grado de metamorfismo.

**Tabla 5.9:** Resumen de muestras, con valores de abundancia en minerales expresados en porcentaje, y unidad a la que pertenecen

Muestras	Clasificación	Qz	Mi	Ca	Plag	Ep	Feld K	Cl	OFe	Gr	He	OI	Pr	Anf	Px	Ar	An	Unidad
M-100	Meta granito	50	7		25	2	16											
M-101	Esquisto Clorítico Cuarzo micáceo	25	15			tz		60	tz									TTIa
M-102	Brecha	45	8		10	7	15	8	tz	7								
PP-55	Esquisto cuarzo feldespático muscovítico	40	35		25													
PP-61	Esquisto feldespato-cuarzo-micáceo con plagioclasa.	20	15		5	tz	60											TTti
PP-70	Esquisto cuarzo-feldespático-anfibolítico con clorita.	50					30	5						15				
PP-62	Mármol feldespato-micáceo.		10	70			20											
PP-63	Esquisto calcítico cuarzo - micáceo	5	10	85				tz					tz					
PP-64	Mármol feldespato-micáceo con cuarzo.	5	10	70			15											
PP-65A	Esquisto cuarzo-muscovítico-feldespático-clorítico	40	30				20	10										
PP-65B	Filita cuarzo-feldespático-micáceo-calcítico	40	20	13			25											2
PP65C	Filita cuarzo-feldespático-muscovítico	60	20				20											LHP
PP-67	Mármol	10	tz	90			tz											
C-1	Esquisto calcítico cuarzo - micáceo	8	12	80														
C-7	Esquisto calcítico cuarzo-micáceo	20	35	45				tz					tz					
M-5	Pizarra arcillosa	5	10														85	
M-7	Esquisto calcítico cuarzo-micáceo	10	35	55														
PP-57	Brecha ultramáfica serpentinizada	1	2	2								95						LHcp
PP-60	Brecha ultramáfica serpentinizada	3	3	4								90						
C-2	Meta-Gabro	10		30	48			10			2							LHcg
C-4	Brecha Serpentinita				10							70						LHrg
P-7	Brecha de Metagrabo				60			10					10					LHT

Cuarzo (**Qz**); Micas (**Mi**); Calcita (**Ca**); Plagioclasa (**Plag**); Feldespato K (**Feld K**); Clorita (**Cl**); Óxido de Hierro (**OFe**); Anfíboles(**Anf**); Grafito (**Gr**); Hematita (**He**); Epidoto (**Ep**); Piroxeno (**Px**); Arcillas (**Ar**); Piroxeno (**Px**); Pirenhita (**Pr**); Olivino(**OI**); Andesina(**An**)

## **Metamorfismo**

Como se mencionó anteriormente, la zona de estudio pertenece a las Napas de la Serranía del Interior, específicamente a la Napa Caucaqua-El Tinaco y la Napa de Loma de Hierro, lo que indica que las rocas aflorantes de la zona están formadas por asociaciones ofiolíticas y rocas meta sedimentarias, principalmente.

Para cada uno de los litotípos identificados en la zona de estudio, se definió una asociación mineralógica a partir de minerales índices de facies metamórficas, los cuales resultan de la composición mineralógica original de los protolitos que dieron origen a dichas rocas.

En general todas muestran evidencias de haber sufrido un evento metamórfico de muy bajo grado. Las asociaciones minerales por tipo litológico son las siguientes:

### Napa Caucaqua-El Tinaco

- Gneis de la Aguadita (TTIa):

Plagioclasa (Albita) + cuarzo + clorita+ Epidoto

- Esquisto de Tinapú(TTti):

Cuarzo + albita + epidoto + biotita + clorita + actinolita

- Filita de Tucutunemo(TTtu):

De esta unidad no se tienen secciones finas, pero en afloramientos se observo la presencia de mármoles y esquistos cloríticos.

## Napa de Loma de Hierro

- Filitas de Paracotos (LHP):

Cuarzo + biotitas + feldespatos + clorita + calcita + piroxenos(tz)

- Rocas Volcánico sedimentarias del Río Guare (LHrg)

Plagioclasa +serpentina +piroxeno

- Complejo ofiolítico de Loma de Hierro (LHcp)(Peridotita Serpentinita)

Olivino + cuarzo + micas

- Complejo ofiolítico de Loma de Hierro (LHcg)(Gabro)

Plagioclasa + calcita + cuarzo + clorita + hematina

- Metalava de Tiara (LHT)

Plagioclasa + piroxenos + pirenita + clorita

Estas asociaciones corresponden en su mayoría a las facies de los esquistos verdes, en el caso de las Metalavas de Tiara y el Complejo Ofiolítico de Loma de Hierro, han sido igualmente sometidas a un metamorfismo de muy bajo grado en la facies de la pumpellita-actinolita.

## **GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

### **Falla de Túcata:**

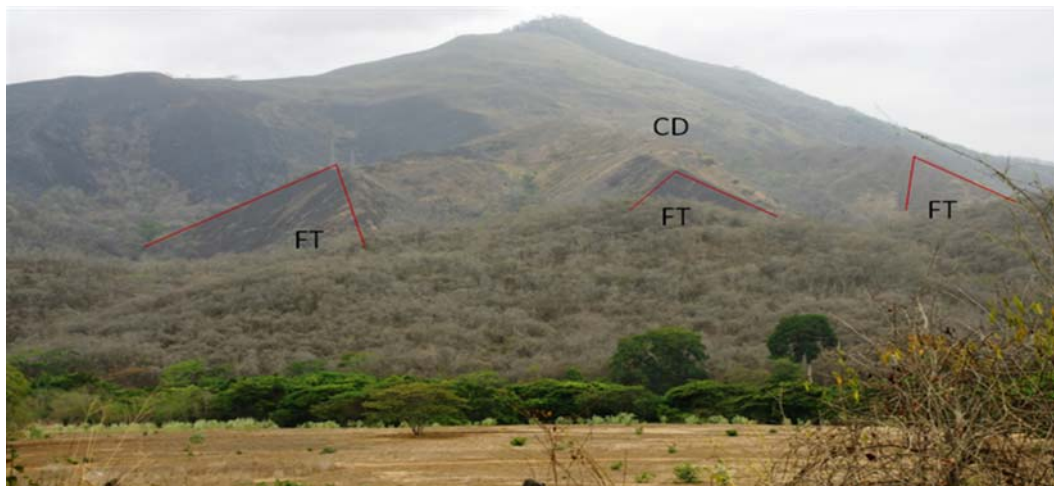
Actualmente, existe la controversia por el origen de la cuenca del río Túy, son dos las teorías propuestas, la primera se trata de un Graben por colapso orogénico y la segunda habla de la formación de una Cuenca Pull – apart



por fallas divergentes. En ambas, se argumenta que la falla de Táchata define y es responsable de la misma.

Ésta falla de orientación general N60W, se encuentra transversal al sistema de fallas de la Victoria y su extremidad noreste sufre una inflexión este – oeste, como consecuencia de su convergencia con la falla de la Victoria.

En la zona de estudio desde el punto de vista estructural, la falla de Táchata y el sistema de fallas asociado a ésta, es el principal agente modificador en las formas del relieve.



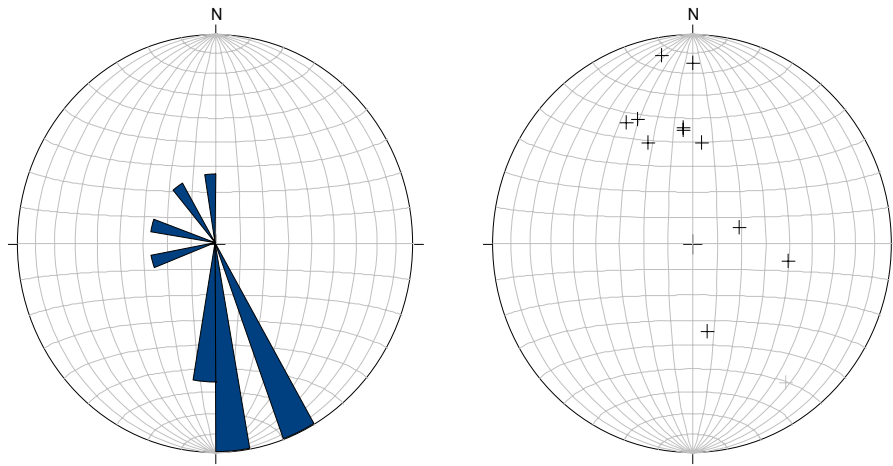
**Figura 5.15:** Facetas triangulares (FT) y crestas desplazadas (CD), como evidencias geomorfológicas, del desplazamiento dextral de la falla de Táchata, foto tomada desde la carretera Cúa – Táchata, en el sector Piñango.

## Foliación

Los datos de foliación medidos a lo largo de la zona de estudio se agruparon en tres localidades, los cuales se representaron en diagramas de rosas, donde las clases de estudio miden 5° y en estereogramas que

muestran la distribución de los polos de dichos planos, los cuales se muestran a continuación.

La foliación entre Km 58+050 y el Km 60+427 corresponde con el pueblo de Túcata y sector el Marques y se encuentra bastante influenciada por la dirección del rumbo de la falla de Túcata.



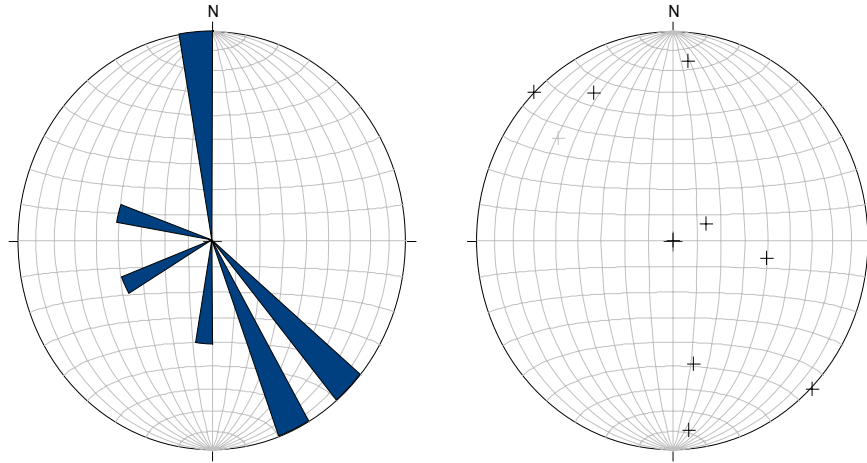
**Figura 5.16:** Diagramas que muestran la foliación en la zona entre Túcata y el sector el Marques, con rumbo preferencial N 60°- 70° E y la distribución de los polos de dichos planos



**Figura 5.17:** Fotos que muestran la foliación dominante en la zona entre Táchata y el sector el Marques, foto izquierda: punto LCT45, margen derecho del río Guare, foliación con orientación N55E70N, foto superior: punto LCT47, Táchata vía Altagracia de la Montaña, foliación con orientación: N65E55S, foto inferior: margen derecho río Guare.

Foliación entre Km 60+427 y Km 68+072 correspondiente al piedemonte ubicado en la carretera Cúa - Táchata, y a la llanura aluvial del río Tuy pasando por sector Capayita y Piñango, hasta llegar a la quebrada Buena Vista.

Se trata de rocas foliadas muy plegadas, por lo general esquistos y filitas.



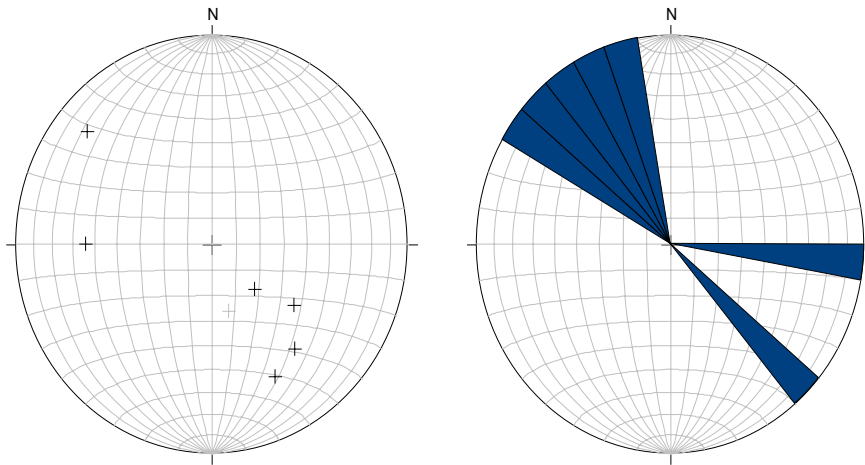
**Figura 5.18:** Diagramas que muestran la foliación dominante en el área entre el vecindario Capayita y la Quebrada Buena Vista, con rumbo preferencial N 65°-85° W y la distribución de los polos de dichos planos



**Figura 5.19:** Fotos que muestran la foliación dominante en el punto LCT42 en la carretera Cúa- Táchata, con rumbo preferencial N65W, en general muy plegada.



Foliación entre el Km 68+072 y el Km 74+850 correspondiente a la zona ubicada entre el sector El conde y la actual estación ferroviaria Cúa Este.



**Figura 5.20:** Diagramas que muestran la foliación dominante en el sector el Conde, y la población de Cúa, con rumbo preferencial N 60°-75° E y la distribución de los polos de dichos planos

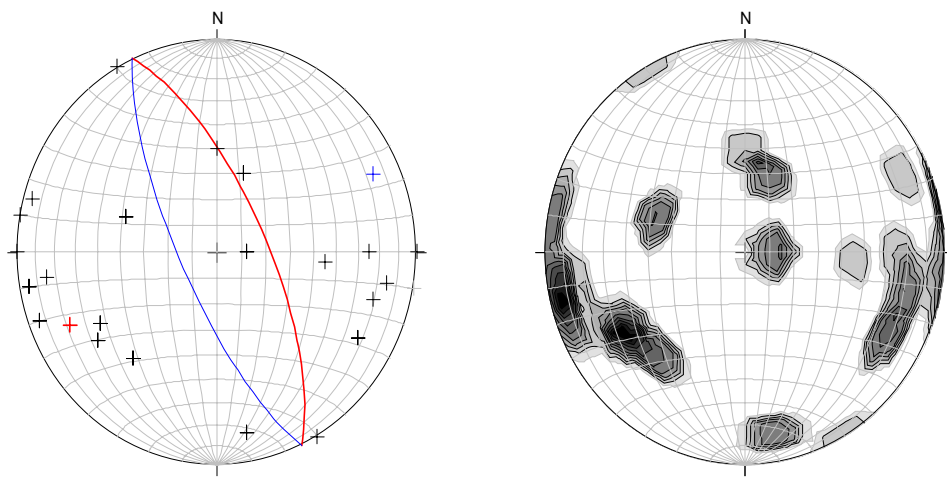


**Figura 5.21:** Fotos que muestran la foliación dominante en el Punto PP10, y PP11, con rumbo preferencial N 75°-80° E y la distribución de los polos de dichos planos.

## Diaclasas

Los planos de diaclasas medidos a lo largo de la zona de estudio se agruparon por localidades, se representan en estereogramas que muestran la distribución de los polos de dichos planos y su densidad. Estos resultados se muestran a continuación:

Diaclasas entre Km 58+050 – Km 60+427, correspondientes a las cercanías del pueblo de Tácata y sector el Marques.



**Figura 5.22:** Estereogramas que muestran el diaclasado en la zona entre Tácata y el sector el Marques con dos orientaciones preferenciales, en rojo la orientación principal N25E70N y una secundaria en azul N25W75S además de la distribución y densidad de los polos de dichos planos.

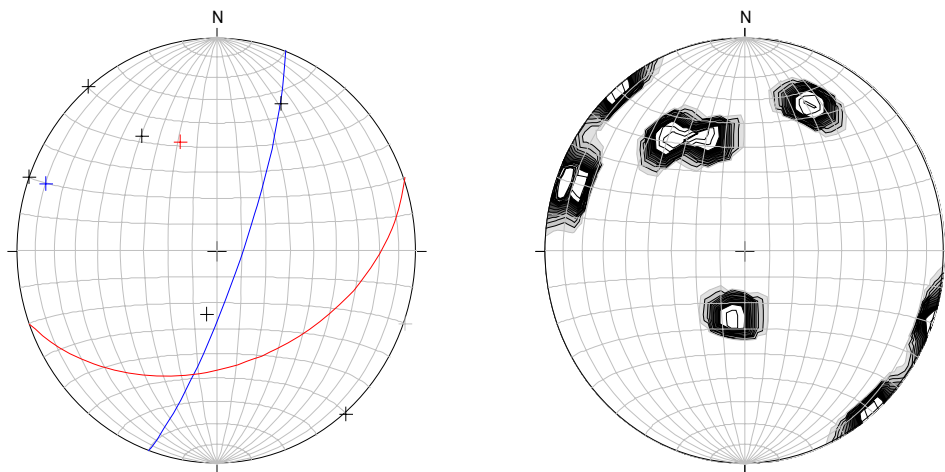


**Figura 5.23:** Fotos que muestran el diaclasado predominante en la localidad de Tácata, punto LCT48



**Figura 5.24:** Fotos que muestran el diaclasado predominante en la localidad de Táchata, punto LCT47.

Diaclasas entre Km 60+427 y Km 68+072 correspondiente al piedemonte ubicado en la carretera Cúa - Táchata, y a la llanura aluvial del río Tuy pasando por sector Capayita y Piñango, hasta llegar a la quebrada Buena Vista.



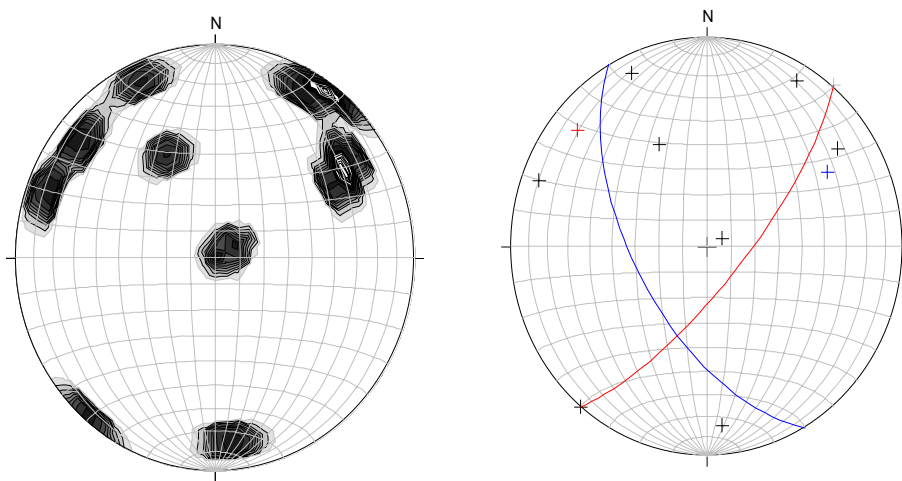
**Figura 5.25:** Estereogramas que muestran el diaclasado dominante en el área entre el vecindario Capayita y la Quebrada Buena Vista, con dos orientaciones preferenciales, la principal en rojo N70E45S y una secundaria en azul N65W65S; además de la distribución y densidad de los polos de dichos planos.





**Figura 5.26:** Foto que muestran el diaclasado en la carretera Cúa-Tácata, Punto LCT43.

Las diaclasas entre el Km 68+072 y el Km 74+850 corresponden al piedemonte ubicado en el sector El conde hasta llegar a la actual estación ferroviaria Cúa Este.



**Figura 5.27:** Estereogramas que muestran el diaclasado dominante en la zona entre la zona industrial el Conde y la actual estación Cúa este, con dos orientaciones preferenciales, la principal en rojo N40E75S y una secundaria en azul N30W60S; además de la distribución y densidad de los polos de dichos planos.





**Figura 5.28:** Fotos que muestran el diaclasado en la zona entre la zona industrial el Conde y la actual estación Cúa este. Foto derecha: LCT14 y Foto Izquierda LCT38.

## **ANALISIS CINEMATICO**

Una vez obtenidos los valores que controlan la resistencia al corte, se procedió a realizar el análisis de estabilidad de 2 taludes, por medio del método de las discontinuidades. Con la finalidad de realizar un aporte extra a este informe y demostrar la utilidad de los resultados y datos obtenidos en campo.

Para ello se representaron en proyecciones hemisféricas todas las discontinuidades levantadas junto con a la geometría del talud usando el Software StereoNett.

Este método permite analizar la estabilidad de los macizos rocosos asumiendo como fundamento principal que los modos de falla se generan a través de discontinuidades preexistentes; es decir, no se producen a través de la roca sana.

En este sentido la presencia de discontinuidades en la roca tales como planos de foliación, fracturas o diaclasas, representan planos que en forma aislada o por la intersección de ellos entre sí, pueden generar fallas en forma

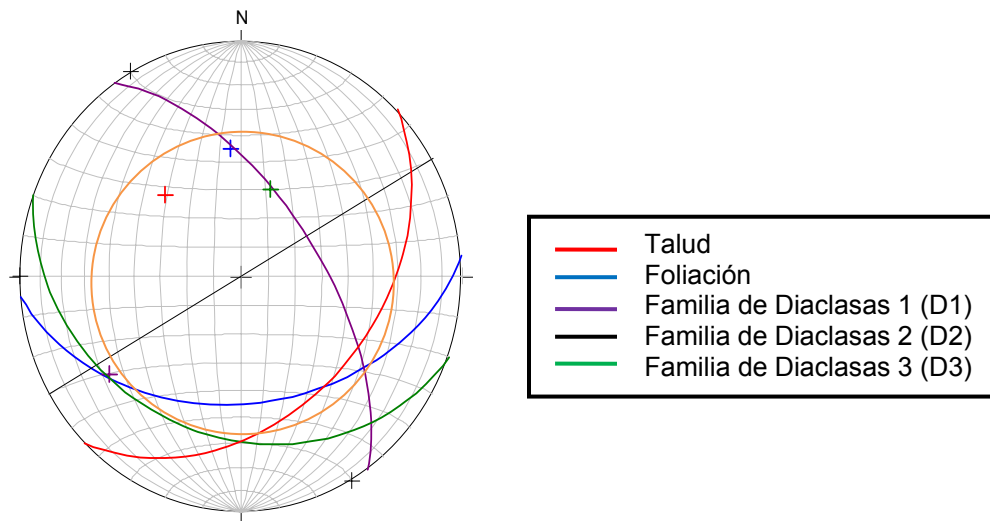
planar, por cuñas o por volcamiento. En los dos primeros casos, los modos de fallas están controlados por el ángulo de fricción interno de la roca y la cohesión o puentes de roca presentes en las discontinuidades.

Seguidamente se muestran las condiciones individuales para que ocurran los modos fallas, relacionadas con la geometría de las discontinuidades y su relación con el talud.

### Análisis cinemático Talud 1 (Progresiva Km 58+080)

Se trata del portal este del túnel 10, para las rocas de esta zona se estima el ángulo de fricción en  $30^\circ$ .

- No existe falla planar, debido a que no se cumplen las condiciones necesarias, rumbos de D1, D2, D3 y F difieren en ángulos mayores a  $20^\circ$  con el rumbo del talud.
- Se presenta fallamiento en cuña inestable entre la foliación y la diaclasa D1.



**Figura 5.29:** estereograma que muestra datos para el análisis cinemático del talud ubicado en la progresiva 58+080

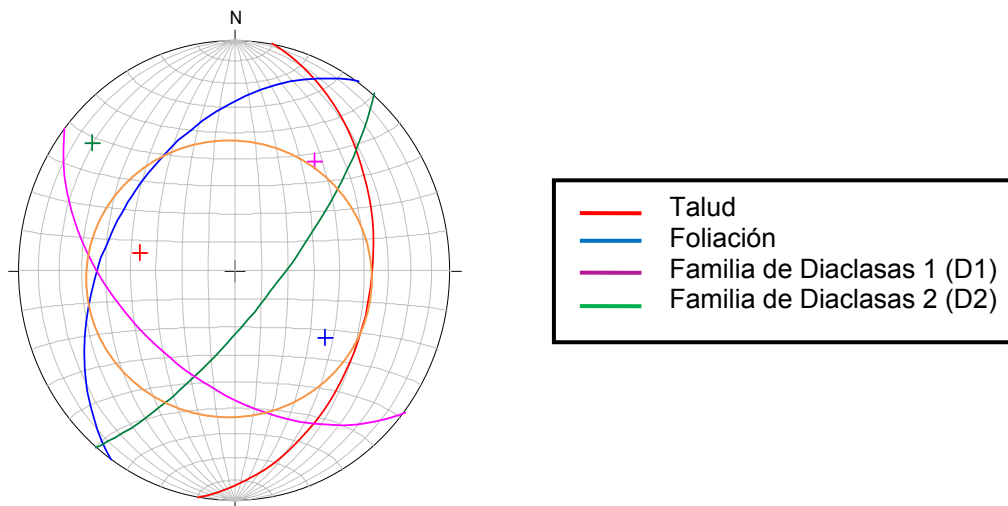


**Figura 5.30:** Fotografía que muestra talud 1, ubicado en la zona de tácata, en la progresiva 58+080, correspondientes al análisis cinemático anterior.

### **Análisis cinemático talud 2 (Progresiva Km 69+580)**

Se trata del portal este del túnel 11. En las rocas de esta zona se estima ángulo de fricción de  $35^\circ$ .

- No se aprecia inestabilidad cinemática aparente, ya que no se cumplen las condiciones necesarias para estas; en los casos de fallamiento planar, en cuña, ni por volcamiento.



**Figura 5.31:** estereograma que muestra análisis cinemático del talud ubicado en la progresiva 69+580.



**Figura 5.32:** Foto que muestra talud 2, ubicado en la progresiva 69+580 y corresponde al portal este de túnel.

## **GEODINAMICA SUPERFICIAL**

Los procesos de geodinámica superficial fueron identificados a partir de la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:25.000, y durante la fase de levantamiento de campo logrando reconocer y fotografiar algunos de ellos.

Estos procesos se ubicaron en los 17 planos geotécnicos ubicados en el Anexo 11, y se describen a continuación:

### **Flujos**

Se encuentran distribuidos de manera uniforme en la zona oeste (sector San José, en el pueblo de Tácata), con una orientación N-S y en la parte central del área de estudio conformada por el piedemonte ubicado al norte de la carretera Cúa – Tácata, específicamente en el vecindario capayita, estos últimos poseen una orientación S-N.

Este tipo de procesos se encuentran ubicados las partes altas de las laderas donde la pendiente toma valores de hasta 25°, están caracterizados por el desplazamiento de detritos y/o lodo con heterogeneidad granulométrica y en algunos casos implica arrastre de la cobertura vegetal y una parte importante del suelo residual, sin llegarse a observar la roca sana.

### **Deslizamientos**

Se identifico en campo un deslizamiento del tipo planar, de aproximadamente 9 metros de alto y 12 de ancho, ubicado en la ladera este del viaducto ubicado en la progresiva 72+ 270, cercano al Sector Los Claveles de la población de Cúa.

El material involucrado es suelo residual y capa vegetal fresca, lo que indica que es un movimiento reciente y activo. (Ver figura 5.33)



**Figura 5.33:** Foto que muestra deslizamiento de tipo planar, el material involucrado está compuesto por una combinación de detrito y suelo. Se observa arrastre de la cobertura vegetal. Ubicación sector los claveles



## Caídos

Se ubican uniformemente en toda la zona, principalmente en el área cercana al pueblo de Túcata, los que fueron identificados en campo se clasificaron en su totalidad como caídos de bloques.

Estos caídos se caracterizan por presentar una corona con geometría redondeada muy alargada y el escarpe muy irregular, de hasta 5 metros de ancho. Presentan dimensiones muy variables alcanzando los 10 m. de altura y 5 m. de ancho. El material involucrado es variable, pudiendo ser roca, detrito, suelo o una mezcla de dos o varios de los anteriores.

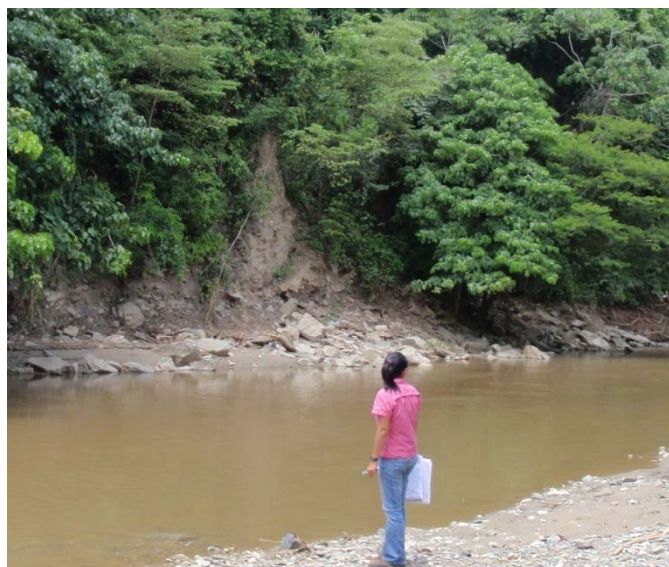
La mayoría de estos procesos sugiere que el proceso se ha desarrollado hace algún tiempo, sin embargo su actividad continúa latente. Asociado a estos movimientos se encuentran zonas de acumulación del material desprendido de las laderas afectadas que forman especies de conos al pie de las mismas (ver figuras 5.34, 5.35, 5.36)



**Figura 5.34:** Foto que muestra caído de bloques donde el material involucrado está compuesto por una combinación de roca, detrito y suelo. Se observa arrastre de la cobertura vegetal. Ubicada en ladera de la progresiva Km 58+080 en el pueblo de Túcata, en la carretera que va desde Túcata hasta Altagracia de la Montaña



**Figura 5.35:** Foto que muestra caído de bloques donde el material involucrado está compuesto por una combinación de roca y detrito. Ubicada en las cercanías del pueblo de tacatá. Punto LCT 47



**Figura 5.36:** Foto que muestra caído de bloques donde el material involucrado está compuesto por una combinación de roca y detrito. Ubicado en el sector San José, en las cercanías del pueblo de Tácata, en el margen izquierdo del río Túy



## Procesos erosivos

### Surcos

Los surcos son canales producto de la concentración de aguas de escorrentías y están caracterizados por tener una geometría alargada, muy estrecha y poco profunda, presentándose agrupados en familias por lo general (ver figura 5.37)



**Figura 5.37:** Foto que muestra familia de surcos ubicado en la carretera Cúa – Táchata.

### Cárcavas

Corresponden a surcos muy bien desarrollados ó agrupaciones de gran cantidad de los mismos.

Están caracterizadas por tener una geometría variable, generalmente muy redondeada y amplia, en ocasiones con terminación en un gran surco que desemboca a los drenajes principales de la zona (ver figuras 5.38 y 5.39).





**Figura 5.38:** Fotos que muestra cárcavas ubicadas en la carretera Cúa – Tácata, Foto superior: vista general, Foto inferior: detalle de las cárcavas.



**Figura 5.39:** Fotos que muestra cárcavas ubicadas en la urbanización colinas de Santa Bárbara, en el sector Aparay, de Cúa. Foto superior: vista general, Foto inferior: detalle de las cárcavas.

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Se realizaron un total de **36** sondeos exploratorios, en suelo se ejecutaron con la Prueba de Penetración Estándar (SPT), que tiene por objeto medir la resistencia a la penetración, indicadora de la compacidad en sitio de suelos granulares y de la consistencia en suelos finos.

La resistencia es función del número de golpes necesario para hincar 45 cm. un sacamuestras, que es golpeado con un martillo de 63,5 kg, dejado caer desde una altura de 76 cm. (Tomado y Modificado de DE MARCO (2005), en la práctica el rechazo del sacamuestra se produce cuando hay una penetración menor de 45 cm para un número de golpes mayor a 80.

Tal resultado puede interpretarse como el límite suelo-roca. Sin embargo, debe verificarse si el rechazo es producido por un peñón o bloque embebido en una matriz, o en efecto, se trata de sustrato rocoso subyacente. Para ello, se cambia el sistema de perforación a percusión por el rotativo, y se monitorea la velocidad de avance o el color del agua circulante. (Tomado y Modificado de DE MARCO, 2005).

Teniendo en cuenta este aspecto, se verificó por perforación el contacto suelo-roca y se representó en el perfil la profundidad registrada para tal cambio.

Posteriormente se procedió a trazar entre puntos consecutivos el límite suelo – roca, éstos perfiles a detalle se colocaron sobre cada perforación en secciones geológico – geotécnicas que en encuentran en el Anexo 11.

Puede observarse que las zonas más deprimidas del relieve en el tramo de estudio, están constituidas por depósitos aluviales de las riveras del río Tuy que alcanzan hasta 45m de espesor.

La correlación estratigráfica generalizada de suelos interpretada en el perfil, se basa en el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS), donde principalmente la granulometría establece patrones de comportamiento mecánico.

Estas propiedades y descripción litológica registrada en los sondeos, se puede observar en las tablas de caracterización (Ver Anexo 2).

En la siguiente tabla (5.10) se observan las 36 perforaciones realizadas en el tramo Cúa - Túcata, y los ensayos realizados por perforación, para un total de 719 ensayos, distribuidos de la siguiente forma.

**Tabla 5.10.:** Ensayos realizados por sondeo, tramo Cúa – Tácata.

Perforación	% Humedad Natural	Pasa 200	Límites de Consistencia	Peso Unitario	Peso Específico	Granulome- tría por tamizado	Total de ensayos por perforación
CT-3	4	4			1		9
CT-3A	2	2			1		5
CT-4	2	2					2
CT-5	1	1					0
CT-6	6	5	1			1	13
CT-10	5	3				2	10
CT-13	2	2			1		5
CT-13A	3	3					6
CT-14	1	1					2
CT-15	5	5	1		1		12
CT-17A	1	1					2
CT-17D	2	2			1		5
CT-17E	2	2			1		5
CT-18	3	3	1				7
CT-18A	5	5	2		1		13
CT-18B	2	2			1		5
CT-19	9	6			2	3	20
CT-19A	10	8	2		1	2	23
CT-20	6	6					12
CT-21	1	1			1		3
CT-24	11	11	1		1		24
CT-25	7	7	3				17
CT-26	8	8	1		1		18
CT-27	12	12	3		1		28
CT-28	7	6	2		1	1	17
CT-30	9	9	3		1		22
CT-31	15	15	3				33
CT-32	23	23	4		1		51
CT-33	8	8	2				18
CT-34	5	5	1				11
CT-38	4	4			1		9
CT-56	25	8		1	1	1	36
CT-57	37	30	8				75
CT-64	28	28	5	1	1		63
CT-65	28	28	6	1	1		64
CT-66	30	29	10	1			70
<b>TOTAL</b>	<b>329</b>	<b>295</b>	<b>59</b>	<b>4</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	
						Total	<b>719</b>

Para la caracterización de los suelos y macizos rocosos estudiados a lo largo del tramo ferroviario, adicional a las perforaciones, se realizó en campo una toma de muestras frescas de forma continua, que fueron ensayadas en laboratorio, obteniendo los resultados de sondeos y muestras, resumidos en las siguientes tablas.

## Suelos

**Tabla 5.11:** Resultados de Gravedad específica en suelos

Perforación	Muestra	Peso específico a la temperatura de 20°C, Gs
CT-3	2	2.807
CT-3A	3	2.689
CT-6	1	2.607
CT-6	3	2.642
CT-13	3	2.735
CT-15	3	2.708
CT-17D	1	2.637
CT-17E	1	2.636
CT-18A	1	2.700
CT-18B	1	2.680
CT-19	9	2.652
CT-19	3	2.715
CT-19A	7	2.728
CT-21	1	2.623
CT-24	4	2.695
CT-26	9	2.724
CT-27	4	2.449
CT-28	5	2.708
CT-30	5	2.759
CT-32	7	2.765
CT-38	1	2.715

**Tabla 5.12:** Resultados de ensayos de Gravedad específica en suelos mediante el método de la parafina.

Muestra	Densidad Esp. ASTM
CT64 - M6	2.11
CT65 - M9	2.06
CT66 - M10	2.20
CT56 - M16	2.92

## En rocas

**Tabla 5.13:** Resultados de ensayos densidad de las muestras tomada en afloramientos.

Densidad				
Identificación	Tamaño	Densidad aparente (g/cm³)	Densidad aparente (g/cm³)	Densidad aparente (g/cm³)
PP-57-1	Cubo	431.70	119.85	3.602
PP-57-2	Cubo	358.70	110.54	3.245
PP-62-1	Cubo	349.10	116.38	3.000
PP-62-2	Cubo	373.10	127.20	2.933
PP-63	Cubo	348.70	121.28	2.875
PP-67	Cubo	353.90	111.70	3.168
PP-70-1-G	Cubo	370.80	121.28	3.058
PP-70-2-G	Cubo	316.00	110.54	2.859
PP-70-1-B	Cubo	343.40	126.13	2.723
PP-70-2-B	Cubo	355.40	123.50	2.878
PP-73	Cubo	395.60	128.67	3.074
PP13	Cubo	325.00	122.50	2.653
PP8	Cubo	328.10	125.00	2.625
PP13A	Cubo	350.60	122.50	2.862
PP13B	Cubo	334.60	115.06	2.908
CD1	Core-drill	1860.00	662.68	2.807
CD2	Core-drill	1252.30	456.37	2.744
CD3	Core-drill	1268.90	485.97	2.611
M-1 Río Tuy	Core-drill	1864.00	662.68	2.813
LCT17A	Cubo	621.95	230.70	2.696
LCT-53A	Cubo	339.10	122.5	2.768
LCT53B	Cubo	129.948	129.948	2.73225



**Tabla 5.14:** Resultados de ensayos densidad de las muestras de roca mediante el método de la parafina y absorción

Identificación	Tamaño	Densidad aparente (T <sub>a</sub> )	Porcentaje de absorción
LC0000	Cubo	2.52	-
LC0000	Cubo	2.71	-
LC0000	Cubo	2.69	-
LC0000	Cubo	2.69	-
LC000C	Cubo	2.76	-
M000	Cubo	2.64	0.85
C0	Core-drill	2.47	4.40
C0	Core-drill	2.58	0.55

**Tabla 5.15:** Resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple para muestras de roca, cortadas tipo cubo.

Resistencia								
Identificación	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación (mm)
PP-57-1	5.00	4.70	5.10	23.97	2.4	23,680	987.90	20581.28
PP-57-2	4.70	4.90	4.80	23.52	1.82	16,250	690.90	17841.96
PP-62-1	5.00	4.90	4.75	23.28	0.90	11,630	499.68	27759.88
PP-62-2	5.30	4.80	5.00	24.00	0.80	2,850	118.75	7867.19
PP-63	5.00	4.90	4.95	24.26	1.48	8,250	340.14	11491.08
PP-67	4.90	4.70	4.85	22.80	1.10	9,170	402.28	17919.80
PP-70-1-G	4.90	5.00	4.95	24.75	2.10	27,420	1107.88	25850.51
PP-70-2-G	4.80	4.70	4.90	23.03	2.12	32,640	1417.28	32089.40
PP-70-1-B	5.20	4.90	4.95	24.26	0.70	2,760	113.79	8453.04
PP-70-2-B	5.00	5.20	4.75	24.70	0.90	4,930	199.60	11088.62
PP-73	5.20	4.90	5.05	24.75	1.30	15,560	628.81	25152.56
PP13	5.00	5.00	4.90	24.50	-	10,980	448.16	-
PP8	5.00	5.00	5.00	25.00	-	5,540	221.60	-
PP13A	4.90	5.00	5.00	25.00	2.05	20,712	828.48	19802.69
PP13B	4.80	4.70	5.10	23.97	1.50	17,430	727.16	23269.09
LCT17A	6.20	6.10	6.10	37.21	1.75	21480.00	577.26	20451.65
LCT-53A	5.00	5.00	4.90	24.50	2.75	6850.000	279.59	5083.49
LCT53B	5.10	4.90	5.20	25.48	1.75	11340	445.05	12970.17



**Tabla 5.16:** Resultados del ensayo de resistencia a la compresión simple para muestras de roca en core-drill

Resistencia							
Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Deformación (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia Ensayo (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
CD1	7.50	15.00	-	44.18	12,500	282.94	-
CD2	7.50	10.33	0.80	44.18	5,540	125.40	16,192.27
CD3	7.50	11.00	0.70	44.18	5,500	124.49	19,563.43
M-1 Río Tuy	7.50	15.00	1.20	44.18	13,360	302.41	37,801.07

Una vez obtenidos los valores de los ensayos de laboratorio y agrupados los datos recogidos en campo se procedió a calcular el RMR (Anexo 9) para obtener así la calidad de los macizos estudiados, a través de la clasificación de Bieniawski, como lo muestra la siguiente tabla:

**Tabla 5.17:** Resumen de la Caracterización de los Macizos rocosos en base a la clasificación de Bieniawski, 1989.

Punto	Valor RMR	Clasificación del Macizo	Localidad
LCT6	44	Media	Sector El Conde
LCT11	44	Media	Río Tuy (Sector El Conde)
LCT12	65	Buena	Río Tuy (Sector El Conde)
LCT14	42	Media	Sector El Conde
LCT17	63	Buena	Zona Ind. El Conde
LCT32	38	Mala	Buena Vista
LCT40	47	Media	Carretera Cúa -Tácata
LCT41	60	Media	Carretera Cúa -Tácata
LCT42	50	Media	Carretera Cúa -Tácata
LCT43	42	Media	Carretera Cúa -Tácata
LCT44	55	Media	Río Guare (Tácata)
LCT45	47	Media	Río Guare (Tácata)
LCT47	61	Buena	Tácata
LCT48	52	Media	Tácata
LCT49	58	Media	Tácata
LCT51	48	Media	Tácata
LCT53	48	Media	Tácata-Sector San José
PP55	44	Media	Tácata
PP58	53	Media	Tácata
PP60	47	Media	Tácata
PP61	53	Media	Tácata

**Tabla 5.18:** Continuación resumen de la Caracterización de los macizos rocosos en base a la clasificación de Bieniawski, 1989.

Punto	Valor RMR	Clasificación del Macizo	Localidad
PP62	65	Buena	Tácata
PP63	64	Buena	Tácata
PP66	53	Media	Tácata
PP68	66	Buena	Tácata
PP70	76	Buena	Tácata
PP07	48	Media	Cúa
PP08	50	Media	Cúa
PP11	46	Media	Cúa
PP13	76	Buena	Cúa
QP1	61	Buena	Qda. Las Piñas (Tácata)
QP3	55	Media	Qda. Las Piñas (Tácata)

## CAPACIDAD DE CARGA

Calculo de la capacidad de carga para pilotes del Viaducto que va desde la progresiva 72+420 hasta la progresiva 74+850 y que conecta con la actual estación ferroviaria de Cúa

Se realizo el cálculo de la capacidad de carga admisible para cada pilote en función de los resultados obtenidos en cinco sondeos exploratorios que se realizaron a lo largo de la ruta.

Así como también la eficiencia del grupo para un arreglo de 12 pilotes (3X4) con las siguientes características:

Diámetro de pilote (D)= 1,20m

Distancia entre centros de pilotes (d)= 4\* D = (4\*1,20)= 4,8m

Se usaron las siguientes formulas:

**Tabla 5.19:** resumen de ecuaciones que se utilizaron para el caculo de la capacidad de carga; según el Metodo API

$Q_t = Q_p + Q_f$
$Q_a = (Q_p + Q_f)/FS$
$Q_t = (N_q * \sigma * A_p) + (K * \sigma * \tan \Phi * A_f)$ (Suelos Granulares)
$Q_t = (N_c * C * A_p) + (C * A_f)$ (Suelos Cohesivos)
$Q_{grupo} = n * \sum Q_t$

**Donde:**

Qt= capacidad de carga total	Af= área de fuste
Qa= capacidad de carga admisible	L= Longitud de pilote
Qp=capacidad de carga de la punta	C=cohesión no drenada
Qf=resistencia por fricción	FS= factor de seguridad= 3
$\sigma$ = Esfuerzo efectivo	Nc y Nq=Factores de capacidad de carga
Ap= área de la punta del pilote	K= coeficiente de presión de tierra en reposo
$\Phi$ = angulo de fricción del suelo	K= 1-sen( $\Phi$ )
Qgrupo= capacidad de carga para el grupo de pilotes	
n= eficiencia del grupo de pilotes	

**Para la eficiencia del grupo se utilizo:**

**Ecuación Converse Labarre**

$$n = 1 - \frac{((n1-1)*n2 + (n2-1)*n1) * \theta}{90 * n2 * n1}$$

donde:  $\theta = \tan^{-1}(D/d)$

d	D	$\theta$	n1	n2	N
4,8	1,2	14,03624	3	4	0,7791

**Tabla 5.20:** Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-56

Estrato	Intervalo (prof) (m)		D (m)	Ap (m <sup>2</sup> )	Af (m <sup>2</sup> )	C (Ton/m <sup>2</sup> )	L (m)	Qf (Ton/m <sup>2</sup> )	Q	Nc	Nq	Q rad	T(Q)	K	g	U	s efectivo
	desde	hasta															
0	0,00	1,00	1,20	1,13	3,77	6,45	1,00	24,32		6,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,11	0	2,11
1	1,00	2,00	1,20	1,13	3,77	16,65	1,00	62,77			1,00	0,00	0,00	1,00	2,11	0	4,22
2	2,00	3,00	1,20	1,13	3,77	15,30	1,00	57,68		6,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,11	0	6,33
3	3,00	4,00	1,20	1,13	3,77	10,60	1,00	39,96			1,00	0,00	0,00	1,00	2,11	0	8,44
4	4,00	5,00	1,20	1,13	3,77	0,00	1,00	8,85	30	6,00	18,40	0,52	0,45	0,50	2,11	0	10,55
5	5,00	6,00	1,20	1,13	3,77	5,70	1,00	21,49			1,00	0,00	0,00	1,00	2,11	0	12,66
6	6,00	7,00	1,20	1,13	3,77	0,00	1,00	12,04	27	6,00	13,20	0,47	0,40	0,55	2,11	0	14,77
7	7,00	8,00	1,20	1,13	3,77	0,00	1,00	14,26	31	6,00	20,63	0,54	0,46	0,48	2,11	0	16,88
7	8,00	13,00	1,20	1,13	18,85	0,00	5,00	115,10	30	6,00	18,40	0,52	0,45	0,50	2,11	0	27,43
							<b>13,00</b>	<b>356,47</b>									
			<b>Qpunta</b>	<b>531,41</b>													
			<b>Qadim</b>	<b>295,96</b>													
			<b>n</b>	<b>0,78</b>													
			<b>Qgrupo</b>	<b>2766,85</b>													

**Tabla 5.21:** Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-57

Estrato	Intervalo (prof)(m)		D (m)	Ap (m <sup>2</sup> )	Af (m <sup>2</sup> )	C (Ton/m <sup>2</sup> )	L (m)	Qf (Ton/m <sup>2</sup> )	Q	Nc	Nq	Q rad	T(Q)	K	g	U	s efectivo
	desde	hasta															
0	0,00	8,00	1,20	1,13	30,16	0,00	8,00	136,01	38		48,93	0,66	0,59	0,38	2,5	0	20,00
1	8,00	12,00	1,20	1,13	15,08	0,00	4,00	102,52	36		37,75	0,63	0,55	0,41	2,5	0	30,00
								12,00	238,53								
			Qpunta		1280,91												
			Qadm		506,48												
			N		0,78												
			Qgrupo		4734,945												

**Tabla 5.22:** Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-64

Estrato	Intervalo (prof) (m)		D (m)	Ap (m²)	Af (m²)	C (Ton/m²)	L (m)	Qf (Ton/m²)	Φ	Nc	Nq	Φ rad	T(Φ)	K	g	U	σ efectivo	
	desde	hasta																
0	0,00	1,00	1,20	1,13	3,77	10,65	1,00	40,15		6,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,11	0	2,11	
1	1,00	2,00	1,20	1,13	3,77	0,00	1,00	3,60	33		26,09	0,58	0,50	0,46	2,11	0	4,22	
2	2,00	3,00	1,20	1,13	3,77	11,30	1,00	42,60		6,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,11	0	6,33	
3	3,00	4,00	1,20	1,13	3,77	0,00	1,00	7,17	38		48,93	0,66	0,59	0,38	2,11	0	8,44	
4	4,00	6,00	1,20	1,13	7,54	20,00	2,00	150,80		6,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,11	0	12,66	
5	6,00	7,00	1,20	1,13	3,77	0,00	1,00	12,56	38		48,93	0,66	0,59	0,38	2,11	0	14,77	
6	7,00	12,00	1,20	1,13	18,85	20,00	5,00	376,99		6,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,11	0	25,32	
							<b>12,00</b>	<b>633,86</b>										
							<b>Qp</b>	<b>135,72</b>										
							<b>Qa</b>	<b>256,53</b>										
							<b>N</b>	<b>0,78</b>										
							<b>Ogrupo</b>	<b>2398,19</b>										

**Tabla 5.23:** Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-65

Estrato	Intervalo (prof) (m)		D (m)	Ap (m <sup>2</sup> )	Af (m <sup>2</sup> )	C (Ton/m <sup>2</sup> )	L (m)	Qf (Ton/m <sup>2</sup> )	Φ	Nc	Nq	Φ(Rad)	T(Φ)	K	g	U	σ efectivo	
	desde	hasta																
0	0.00	1.00	1.20	1.13	3.77	0.00	1.00	1.70	28		14.72	0.49	0.41	0.53	2.06	0	2.06	
1	1.00	2.00	1.20	1.13	3.77	0.00	1.00	3.52	34		29.44	0.59	0.51	0.44	2.06	0	4.12	
2	2.00	3.00	1.20	1.13	3.77	3.15	1.00	11.88		6.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.06	0	6.18	
3	3.00	5.00	1.20	1.13	7.54	18.00	2.00	135.72		6.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.06	0	10.30	
4	5.00	8.00	1.20	1.13	11.31	0.00	3.00	42.24	36		37.75	0.63	0.55	0.41	2.06	0	16.48	
5	8.00	10.00	1.20	1.13	7.54	20.00	2.00	150.80		6.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.06	0	20.60	
6	10.00	12.00	1.20	1.13	7.54	13.35	2.00	100.66		6.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.06	0	24.72	
7	12.00	16.00	1.20	1.13	15.08	0.00	4.00	112.69	35		33.30	0.61	0.53	0.43	2.06	0	32.96	
							<b>16.00</b>	<b>559.19</b>										
							<b>Qp</b>	<b>1241.17</b>										
							<b>Qa</b>	<b>600.12</b>										
							<b>N</b>	<b>0.78</b>										
							<b>Ogrupo</b>	<b>5610.368</b>										

**Tabla 5.24:** Tabla de datos correspondientes a los cálculos de la capacidad de carga de los pilotes para los resultados obtenidos en la perforación CT-66

Estrato	Intervalo (prof)(m)		D (m)	Ap (m²)	Af (m²)	C (Ton/m²)	L (m)	Qf (Ton/m²)	Φ	Nc	Nq	Φ rad	T(Φ)	K	g	U	σ efectivo	
	desde	hasta																
0	0,00	1,00	1,20	1,13	3,77	0,00	1,00	1,87	32		14,66	0,56	0,48	0,47	2,2	0	2,20	
1	1,00	2,00	1,20	1,13	3,77	12,65	1,00	47,69		6,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,2	0	4,40	
2	2,00	6,00	1,20	1,13	15,08	20,00	4,00	301,59		6,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,2	0	13,20	
3	6,00	7,00	1,20	1,13	3,77	0,00	1,00	13,13	37		23,97	0,65	0,57	0,40	2,2	0	15,40	
4	7,00	13,00	1,20	1,13	22,62	20,00	6,00	452,39		6,00	1,00	0,00	0,00	1,00	2,2	0	28,60	
5	13,00	14,00	1,20	1,13	3,77	0,00	1,00	26,33	35		19,61	0,61	0,53	0,43	2,2	0	30,80	
							<b>14,00</b>	<b>843,00</b>										
					<b>Qp</b>	<b>683,13</b>												
					<b>Qa</b>	<b>508,71</b>												
					<b>N</b>	<b>0,78</b>												
					<b>Qgrupo</b>	<b>4755,786</b>												



## CAPITULO VI

### ANALISIS DE RESULTADOS

#### Caracterización geológica – geotécnica por tramos a lo largo del trazado de la vía férrea

Se procede a realizar una caracterización geológica completa de la zona de estudio, en atención a las propiedades topográficas, litológicas y estructurales. Además, se toma en cuenta las obras de infraestructura a desarrollar.

Los procesos de geodinámica externa y el perfil de meteorización, también forma parte de la caracterización. Para fines de este estudio, se realizó una modificación de la norma EN ISO 14689-2:2003 (ver Anexo XII), quedando establecido 4 grados de meteorización, cuya distinción puede ser realizada por el equipo de geólogos a través de la observación de los afloramientos y de los núcleos de roca. La tabla 6.1, muestra los grados y la respectiva descripción.

**Tabla 6.1:** Grado de meteorización del macizo rocoso

Grado	Nombre	Descripción
W <sub>1</sub>	Ligeramente meteorizada	Se observa una leve decoloración que indica meteorización de la roca intacta y de la superficie de las discontinuidades. La roca superficial puede presentarse más débil que la roca fresca
W <sub>2</sub>	Moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del macizo se encuentra descomponiéndose a suelo residual. La roca que se conserva puede estar fresca o ligeramente meteorizada
W <sub>3</sub>	Altamente meteorizada	Más de la mitad del macizo se encuentra descompuesta a suelo residual. . La roca que se conserva puede estar fresca o ligeramente meteorizada
W <sub>4</sub>	Completamente meteorizada	La totalidad de macizo se encuentra descompuesto a suelo residual. La estructural del macizo original está prácticamente intacta

## TRAMO 1: (Km 58+050 a Km 60+427)

### Ubicación relativa

Este tramo se encuentra ubicado en las cercanías del pueblo de Tácata y el sector El Marqués, la ubicación se ilustra en los planos geológicos anexos 55 y 56. En el cuadro a continuación, se indican las coordenadas, cotas, progresivas y profundidad de las perforaciones realizadas en esta zona.

**Tabla 6.2:** sondeos realizados en el tramo Km 58+050 a Km 60+427

Perforación	Coordenadas		Cota	Progresiva	Longitud
	Este	Norte	(m)	(Km)	(m)
CT-3	499422	1128058	290	58+309	30
CT-3 <sup>a</sup>	499551	1127994	300	58+454	20
CT-4	499970	1127841	284	58+900	27
CT-5	500275	1127746	285	59+205	30
CT- 6	500560	1127651	277	59+520	30
CT-10	501140	1127338	277	60+180	30

### Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa

Este tramo avanza sobre la llanura aluvial del río Tuy, que forma un valle longitudinal de sentido este-oeste, separando los sistemas orográficos que se encuentran al norte y al sur de su cauce, poseen estribaciones con orientación N-S, que serán atravesadas por la vía férrea, en cotas de relieve que varían entre 315 y 320m, en las crestas de las colinas.

Las rocas, entre las progresivas 58+000 y 58+180, en la zona de Tácata, presentan un patrón en los planos de foliación claramente marcado con un rumbo general de N75E y un buzamiento variable hacia el sur.

Mientras que a partir de las progresivas 58+350, el rumbo de la foliación predominante es N55E, el buzamiento es variable hacia el Norte.

La foliación en el margen izquierdo del río Tuy tiene orientación N85W 40S y disminuye el espesor de las capas en sentido este, las diaclasas son muy persistentes y tienen más de 5m de continuidad, por lo general son abiertas, en algunos casos rellenas de calcita y adicionalmente se observa una falla local con rumbo N10E.

En general todo este sector se encuentra afectado por la falla de Tácata y los sistemas de fallas asociados a ella.

### **Características de los Tipos litológicos**

Mármol feldespato-micáceo: calcita (70%), feldespato K (20%), micas (10%). Se pueden observar replegamientos en muestra de mano. Desde el punto de vista textural se encuentra más cercano a un esquisto calcáreo que a un mármol.

Esquistos cloríticos-cuarzo-micáceos: composición mineralógica: Clorita (60%), cuarzo (25%), mica (15%), en menor cantidad epidoto (tz), óxido Fe (tz), En sección fina se puede observar que se trata de una roca foliada con bandas lepidoblásticas de clorita y moscovita y nematoblásticas de cuarzo, el cual está fracturado, alargado y con extinción ondulatoria.

Meta-granitos: composición Cuarzo (50%), plagioclasa (25%), feldespato K (16%), mica (7%), epidoto (2%), En muestra de mano la roca presenta orientación preferencial y aspecto ligeramente gnéisico. En sección fina la mica (moscovita) es la que muestra mejor orientación. El feldespato (ortosa) y plg. (albita) están fracturados, alterados a epidoto y arcillas.

Cuarcitas: composición mineralógica: Cuarzo (98%), mica (2), plagioclasa (tz), Roca orientada compuesta de puro cuarzo fracturado, alargado, en sección fina se observa la extinción ondulatoria, hay cuarzo fracturado intensamente entre los porfidoblastos mayores.

En las cercanías del río Tuy se encuentran en menor cantidad, cuerpos de Brecha ultramáfica serpentizada con alta densidad de fracturamiento evidenciado por micro vetas de calcita, micas y cuarzo policristalino.

### **Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra**

Entre las progresivas 58+080 y 60+699 se construirá un viaducto de 2619m de longitud, que fundara sus estribos y pilas sobre rocas y suelos con las siguientes características:

En superficie, entre el Km 58+080 y el Km 58+180 se encuentra aflorando una secuencia que forma un macizo rocoso relativamente duro pero muy fracturado, con un grado de meteorización entre muy meteorizadas (W3) y meteorizadas (W2), constituido principalmente por Mármol feldespatomicáceo, esquistos cloríticos-cuarzo-micáceos, cuarcitas y meta-granitos, correspondientes a la Formación Paracotos.

El RMR promedio de estas rocas es de 60 y su GSI de 55. La resistencia a la compresión varía desde 118 hasta 500Kg/cm<sup>3</sup>. Por lo que se espera escarificación difícil con posibilidad de voladura para la remoción en esta zona.

Desde la progresiva 58+180 hasta la progresiva 58+370, se observa una suave depresión delimitada por los cauces de los ríos Guare y Tuy, y entre ellos una zona formada por suelo residual de 3 a 8m de espesor, compuesto principalmente por arenas y gravas.



**Figura 6.1:** Río Guare, Progresiva **58+600**, se observa afloramiento de rocas muy duras (Brechas ultramáfica Serpentinizada) en el margen izquierdo del río.

Luego el trazado atravesará un pequeño cerro que se eleva 20m de altura sobre las planicies que lo rodean, donde afloran rocas blandas formadas por esquistos cuarcíticos, muy fracturados, con planos de foliación que buzcan al norte.

En esta zona se realizaron los sondeos CT-3 y CT-3A, donde se observa que la roca se encuentra a muy poca profundidad (máx. 3m), muy afectadas por el sistema de fallas asociados a la falla de Tácata.

En la progresiva 58+625 el trazado intercepta el río Guare, donde afloran dos litologías en contacto discordante, en el margen izquierdo, roca muy dura, de color azul verdoso, en sección fina descrita como Brecha ultramáfica Serpentinizada con alta densidad de fracturamiento y bajo grado de metamorfismo, perteneciente a la Formación Tiara.

Estas rocas poseen un RMR de 60 y un GSI de 55, y una resistencia a la compresión entre 670 y 987Kg/cm<sup>2</sup>, debido a su dureza, estas rocas podrían ser usadas como balasto.

En el margen derecho del río aflora una intercalación de capas de gran espesor (hasta 2m) de mármol feldespático y rocas muy foliadas compuestas por esquistos calcáreos. Esta zona se encuentra afectada por el desgaste que ejerce el río Guare sobre el macizo rocoso.

En la progresiva 58+980, el trazado pasa por la ladera donde reposa el estribo Este del viaducto 59+590 y el estribo Oeste del viaducto 59+846, con una pendiente abrupta y una litología de cuarcitas muy meteorizadas de color gris, brechas y rocas meta-volcánicas, afectadas por la cercanía de la falla de Túcata.

En la progresiva 59+170 se intercepta el río Tuy donde el trazado adopta una trayectoria sub - paralela a éste, sobre el margen izquierdo del río, a una distancia aproximada de 50m, en suelos formados por gravas y arenas hasta la progresiva Km 59+750, donde se separa del río Tuy y avanza en una zona de suelo residual areno-limoso con gravas, de espesor variable de 1 a 2 metros, la roca infrayacente se encuentra poco profunda, a 3 o 4 metros aproximadamente, se trata de rocas blandas, con un RMR promedio de 45 y GSI de 40.

## **TRAMO 2: (Km 60+427 a Km 61+750)**

### **Ubicación relativa**

El trazado en éste tramo es sub - paralelo a la carretera Cúa - Túcata, y se ubica en la parte norte del río Tuy, como se puede apreciar en los planos geológicos 57 y 58.

En esta zona se realizan los siguientes sondeos:

**Tabla 6.3:** sondeos realizados en el tramo Km 60+427 a Km 61+750

Perforación	Coordenadas		Cota	Progresiva	Longitud
	Este	Norte	(m)	(Km)	(m)
CT-13	501754	1127038	299	60+865	11
CT-13-A	501932	1126974	298	61+054	15
CT-14	502045	1126933	290	61+175	15
CT-15	502203	1126847	284	61+355	30

**Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa**

Este tramo se caracteriza por una zona de lomas alargadas y poco extensas en sentido E-W, con crestas de geometría sinuosa con una altura sobre el nivel de la llanura circundante de unos 50-80 metros, las laderas son simétricas y con pendientes convexas generando un relieve moderado, donde las cotas que atraviesa la vía varían entre 279 y 310m.

El drenaje en esta zona, es encajado en forma de V con caudales intermitentes afluentes del río Tuy, con orientación casi perpendicular al eje de la vía férrea.

Los planos de foliación en esta zona tienen una orientación predominante de N85W 75S y planos de diaclasas muy variables, con 2 familias muy frecuentes con dirección N55E 55S con una frecuencia de 10:1 y N80W 25N con frecuencia de 4:1.

Se observan dos fallas, de orientación N70E y abundantes zonas de erosión con presencia de depósitos producto de la socavación ubicada de manera dispersa.

## **Características de los Tipos litológicos**

Las rocas en esta zona están constituidas por esquistos calcáreos, intercaladas con filitas calcáreas y vetas de calcita, pertenecientes a los Esquistos de Tinapú, Cubiertas por suelo residual de 1 a 3m de espesor.

En menor proporción se encuentran esquistos cuarzo sericíticos grafitosos, de color marrón oscuro, con abundante oxidación.

En algunos tramos las rocas se encuentran cubiertas por suelos formados por depósitos calcáreos muy descompuestos (caliche).

Es importante destacar que en los primeros 5 metros de la perforación CT-15, se encontró suelo arcilloso de alta plasticidad con las siguientes características, valores de cohesión entre 1.40 y 2 Kg/cm<sup>2</sup>, consistencia Media y valores de  $N_{1(60)}$  entre 21 y 35 golpes.

## **Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra**

Según el trazado de la vía férrea se construirá un viaducto de 113m de longitud, desde la progresiva 61+223 hasta la progresiva 61+336, en general se trata de rocas blandas, meteorizadas muy fracturadas, cubiertas por escasos suelos, exceptuando la zona donde se apoyará el estribo este, que posee aproximadamente 5m de suelos arcillosos.

A medida que el trazado avanza en el macizo rocoso, mejora la calidad de la roca debido a que el grado de meteorización disminuye de una roca descompuesta (W4) a una roca muy meteorizada (W3), por lo que se estima que la remoción se realizará mediante escarificación de fácil a media.

A partir del Km 61+223 se fundará el estribo Oeste del viaducto, en rocas meteorizadas fracturadas con la misma litología que la descrita



anteriormente, con un espesor de los suelos coluviales hasta de 3 m, formados por arenas y limos con cantos de rocas sub- redondeados de hasta 15 cm de diámetro. Estas rocas poseen un GSI de 35 aproximadamente y un RMR de 40.

Los sondeos CT-13, CT-13A y CT-14, se encuentran constituidos, por esquistos cuarzo sericíticos grafitosos, de color marrón oscuro, con abundante oxidación en los primeros 13 m, los últimos 2 metros la roca se vuelve más grafitosa y el color varía de gris oscuro a negro. La longitud de recuperación tiene valores entre 22 y 37% y el RQD es igual a cero (0), la roca en esta zona, se encuentra cubierta por suelo residual de 1m de espesor formado por un limo marrón claro, con fragmentos de rocas.

El sondeo CT-15, se realizó en el estribo Este del viaducto, evidenciando las siguientes características, los primeros 5 metros están formados por arcilla de alta plasticidad arenosa s(CH), muy compacto de color marrón claro a gris y a partir del metro 6 se encuentra la roca descompuesta, desde el metro 8, la roca es blanda, muy fracturada y esta formada por esquistos cuarzo grafitosos con una longitud de recuperación entre 33 y 42%. Desde el metro 16 hasta el final de la perforación se encuentra una roca similar pero con vetas de calcita y la longitud de recuperación que varía entre 19 y 87%.

### **TRAMO 3: (Km 61+750 a Km 65+360)**

#### **Ubicación relativa**

Este tramo se ubica entre el vecindario Capayita y el pueblo de Sabaneta en la parte sur de la carretera Cúa – Tácata y corresponde a los planos geológicos anexos 58, 59, 60, 61 y 62.

En este tramo se realizaron los siguientes sondeos:

**Tabla 6.4:** sondeos realizados en el tramo 61+750 a Km 65+360

Perforación	Coordenadas		Cota	Progresiva	Longitud
	Este	Norte	(m)	(Km)	(m)
CT-17A	503379	1125975	287	62+832	4
CT-17D	503733	1125879	284	63+200	23
CT-17E	503954	1125849	284	63+422	22
CT-18	504121	1125827	267	63+591	20
CT-18A	504256	1125809	282	63+728	22
CT-18B	504440	1125785	277	63+913	30
CT-19	504640	1125744	288	64+125	15
CT-19A	504885	1125657	287	64+377	15
CT-20	505200	1125522	282	64+720	15
CT-21	505687	1125313	272	65+249	10

### **Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa**

Se trata de la llanura aluvial del río Tuy, y el piedemonte de las colinas que se encuentran al norte de ésta.

En la progresiva 62+100 el trazado intercepta el río Tuy, donde avanza sobre una zona de terrazas aluviales, formadas por gravas y limos y se mantiene paralelo al río, durante 300 m hasta interceptarlo nuevamente en la progresiva 62+400.

El trazado de la vía férrea intercepta la carretera Cúa- Táchata en la progresiva 62+800, donde avanza a media ladera, sobre una zona cubierta por material de relleno producto de la intensa intervención antrópica y rocas esquistosas muy calcáreas, altamente meteorizadas y descompuestas.

En la parte norte del trazado, se encuentra una ladera de pendiente abrupta, con evidencias de fuerte erosión en forma de surcos y acaravamiento, donde se encuentran aflorando capas de mármoles individuales de hasta 20 cm de espesor, intercalados con esquistos de verdes a negros, pertenecientes a las Capas de la Quebrada Onoto.

La orientación preferencial de la foliación es N80E 50N, y presenta dos (2) familias de diaclasas, la primera con orientación N20E 80E y frecuencia de 6:1, la segunda con orientación N70E 45S y frecuencia 8:1.

### **Características de los Tipos litológicos**

Principalmente se caracteriza por suelos aluviales formados por arenas, (SM), que varían sus espesores entre 1 y 15m, en general de compacidad Media y valores promedio de  $N_{1(60)}$  entre 11 y 35 golpes.

El sustrato rocoso se caracteriza por Mármoles y esquistos de verdes a negros, pertenecientes a las Capas de la Quebrada Onoto.

Esquisto cuarzo calcítico - clorítico color verde grisáceo y violeta muy plegados.

Esquisto cuarzo calcítico grafitoso con vetas de calcita y niveles de oxidación. Color gris oscuro y marrón ocre.

### **Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra**

En esta zona se construirán dos viaductos:

El primer viaducto de 1588 m de largo, comienza en la progresiva 61+652 y termina en la progresiva 63+240, corresponde a los planos 58, 59 y 60.

El estribo oeste del viaducto se construirá sobre una intercalación de rocas duras y blandas, que poseen RMR promedio de 50 y GSI de 45, donde pueden surgir pequeños deslizamientos debido a la presencia de zonas de erosión con flujo de material.

Luego atraviesa la llanura aluvial del río Tuy, hasta llegar a una zona donde el suelo aluvial está principalmente formado por arenas limosas (SM) de espesor variable entre 3 y 9 metros, con rocas blandas meteorizadas debajo de éste, con un RMR de 50 y GSI de 45.

El segundo viaducto, tendrá 734m de largo, comienza en la progresiva 63+312 y finaliza en la progresiva 64+046. Correspondiente al plano geológico 60.

Avanza sobre una zona plana aluvial, altamente intervenida, con una superficie principalmente de suelo areno- limoso con espesores de hasta 15 m.

Apoya sus estribos este y oeste sobre rocas de composición esquistos cuarzo-micáceos, intercalados con filitas carbonáticas, en superficie son blandas y muy meteorizadas (W3). Estas rocas poseen un RMR de 30 y un GSI de 25 aproximadamente.

A partir de la progresiva 64+200, la ruta avanza sobre un terraplén en suelo aluvial areno limoso, con espesores que aumentan de 15 a 20m, se observa en el plano geológico 57, y se ubica en el sector Piñango.

#### TRAMO 4: (Km 65+360 a Km 66+810)

##### Ubicación relativa

En este tramo la ruta atraviesa el cerro Buena Vista y Hacienda Buena Vista al norte de la carretera Cúa-Tàcata a una cota de 278m y cobertura total de 50 m. Corresponde a los planos geológicos 62 y 63.

Los sondeos que se realizaron en esta zona son los siguientes:

**Tabla 6.5:** sondeos realizados en el tramo 61+750 a Km 65+360

Perforación	Coordenadas		Cota	Progresiva	Longitud
	Este	Norte	(m)	(Km)	(m)
CT-24	506807	1124985	279	66+562	15
CT-25	506932	1124930	279	66+548	15
CT-26	506778	1124844	280	66+437	15
CT-27	507034	1124734	275	66+830	20
CT-28	506892	1124795	279	66+400	15

##### Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa

Los primeros 400 metros en esta zona, el trazado avanza sobre el cerro Buena Vista, con una topografía de colinas con crestas redondeadas, y alturas de 40 a 50 metros sobre la planicie circundante.

Las rocas de esta zona poseen una orientación predominante en el rumbo de la foliación N45E, y un buzamiento sub-vertical, en general.

Al pasar el cerro Buena Vista el trazado avanza sobre una zona muy plana, que pertenece a la Hacienda Buena Vista, principalmente formada

por suelos arcillosos, pertenecientes a terrazas cuaternarias, desarrolladas por la actividad del río Tuy.

### **Características de los Tipos litológicos**

El sustrato rocoso es en general esquisto cuarzo micáceo calcáreo, muy fracturado intercalado con filitas carbonosas de color azul, y ocasionales peñones de rocas metavolcánicas y metasedimentarias, pertenecientes a la Formación Paracotos.

Estas rocas se encuentran cubiertas por suelo de alteración formado por material calcáreo muy descompuesto “caliche”, de hasta 1 m de espesor.

El suelo en esta zona, se caracteriza por una intercalación de Arena limosa (SM) y Limos de baja plasticidad arenoso (ML), en los primeros 12 metros, con valores de  $N_{1(60)}$  que varían entre 16 y 54 golpes, las arenas poseen en general una compactación Densa, y los limos una consistencia Rígida. A partir de los 12m de profundidad se encuentran arcillas de baja plasticidad de consistencia Dura.

### **Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra**

En esta zona se realizarán cortes y terraplenes de baja altura:

Los primeros metros del trazado en ésta zona avanza en una roca blanda muy fracturada con un grado de meteorización de roca descompuesta (W4), luego los próximos 40 m cambia a una litología más competente, con intercalaciones entre rocas blandas y duras que disminuyen su grado de meteorización entre rocas muy meteorizadas (W3) y meteorizadas (W2) al estar a una profundidad de 50 m de la superficie.

Estas rocas tienen un RMR variable entre 45 y 50 con un GSI de 40 y para su remoción se espera escarificación de media a difícil, con posibles voladuras.

Al pasar el cerro Buena Vista el trazado avanza en una zona de rocas muy blanda, en la progresiva 66+850 con una cobertura de suelo residual de 1 a 3m y zonas con abundante erosión.

A partir del Km 66+330, la ruta entra en una zona plana donde se construirá la estación Cúa Oeste, por lo que se realizaron varios sondeos en una franja de 100m de ancho, en la parte norte del trazado, dentro de la hacienda Buena Vista. En general se trata de una zona con suelos formados por arenas limosas (SM) y limos arenosos (ML) de hasta 12m de espesor y debajo de esta intercalación hay arcillas que pueden llegar hasta el metro 20 y aumentan su espesor hacia el este.

#### **TRAMO 5: (Km 66+810 a Km 68+072)**

##### **Ubicación relativa**

Se encuentra ubicado al Norte de la carretera Cúa-Tàcata, y atraviesa la quebrada Buena Vista, Se puede observar en el plano geológico anexo 63, 64 y 65.

Se realizaron los siguientes sondeos:

**Tabla 6.6:** sondeos realizados en el tramo Km 66+810 a Km 68+072

Perforación	Coordenadas		Cota	Progresiva	Longitud
	Este	Norte	(m)	(Km)	(m)
CT-30	507467	1124549	262	67+188	22.5
CT-31	507685	1124455	284	67+424	21.5
CT-32	507870	1124369	281	67+629	24
CT-33	508232	1124220	248	68+019	24
CT-34	508295	1124193	248	68+088	25

### **Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa**

En este tramo el trazado atraviesa una zona de topografía irregular, que presenta algunas áreas de erosión y flujos de material que acumulan grandes espesores de suelo aluvial, producto de un cono distal con aportes de la Quebrada de Sacua, que posee orientación N-S, y es el colector principal entre la Fila de Sacua y la Fila la Magdalena.

Las rocas en esta zona presentan un patrón de foliación con orientación N50E 55N.

La quebrada Buena Vista posee orientación N-S, se observan en esta zona la presencia de gravas y grandes cantos de rocas variadas.

### **Características de los Tipos litológicos**

Suelo en general arcilloso, principalmente de baja plasticidad con arenas (CL), con una consistencia en su mayoría rígida, y valores predominantes de  $N_{1(60)}$  entre 20 y 45 golpes.

En general el sustrato rocoso corresponde a la Formación Paracotos, formada por esquistos cuarzo micáceo muy fracturados.



## **Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra**

Debido a la topografía irregular en esta zona, se realizarán cortes en trincheras y terraplenes de baja altura, en zonas de rocas con un grado de meteorización entre descompuesta (W4), muy meteorizada (W3), y suelos formados por gravas y arcillas mal consolidados, en la parte superficial. A mayor profundidad se presentan capas de 1 a 3 metros de espesor de gravas y cantos sueltos sub redondeados y angulosos con matriz arcillosa, intercaladas con arcillas de baja y alta plasticidad correspondientes a eventos de sedimentación muy marcados, el espesor de esta intercalación varía entre 25 y 40m, hasta la progresiva 67+670.

En esta zona se construirá un viaducto de 560 metros de largo, el cual comienza en la progresiva 67+680 y culmina en la progresiva 68+240 apoyando su estribo oeste sobre suelo de 30 m aproximadamente de arcilla limosa con grava, dura de color marrón claro.

En el medio del viaducto se encuentra la Quebrada Buena Vista en la progresiva 67+890, en esta área se encontraron hasta 2m de capa vegetal y relleno, luego suelos aluviales, principalmente gravas arcillosas y peñones de hasta 10cm de diámetro, de hasta 2 metros de espesor, para luego continuar con arcillas muy duras de color gris claro hasta el metro 10, donde se encuentra la roca muy descompuesta con una longitud de recuperación entre 3 y 5cm, constituida por esquitos grafitosos de color gris oscuro, hasta el metro 14.

A partir de la progresiva 68+100 el viaducto apoya su estribo Este en una roca blanda meteorizada conformada por esquisto cuarzo micáceo, que se encuentra ligeramente fracturado, cubierta con un suelo residual arenolimoso de 1 a 2 m de espesor .

## **TRAMO 6: (Km 68+072 a Km 72+420)**

### **Ubicación relativa**

Se ubica hacia el sur de la carretera Cúa-Tàcata, entre la quebrada Buena Vista y la Zona industrial El Conde y se observa en los planos geológicos 65, 66, 67,68 y 69.

### **Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa**

Los primeros 1.000 m, se ubica en una zona conformada por un conjunto de cerros, que poseen crestas de geometría sinuosas, con topes redondeados y alturas máximas que oscilan entre 352 y 385 m. Las laderas se presentan simétricas y las pendientes varían entre 20° y 30°, generando un relieve moderadamente abrupto.

La foliación presenta un patrón predominante con orientación N35E 42N, y diaclasas muy marcadas de orientación N40E 75S con frecuencia de 15:1.

A partir de la progresiva 69+560 se encuentra un estrecho valle de 200m aproximadamente, formado por dos colectores, afluentes del río Tuy, el primero con orientación N-S y el segundo con dirección N60E.

Al finalizar la depresión, el trazado avanza sobre la cresta amesetada de una colina, de 280m de altura, sobre rocas que poseen una orientación de foliación principalmente N-S.

En el Km 70+200, continúa 200m sobre una zona plana, con abundante material de relleno, donde actualmente se encuentra un bote de escombros y basura.

En la progresiva 70+360 la ruta intercepta al río Tuy, rodeado por terrazas aluviales de más 3m de espesor, formadas por suelos arenosos cementados con fragmentos de rocas angulosas de hasta 30 cm de diámetro.

A partir de la progresiva 70 +450, el trazado de la vía férrea avanza a media ladera sobre una colina alargada con orientación E-W, sobre rocas meteorizadas (W3), blandas.

Luego pasa tangente y hacia el sur del río Tuy, donde afloran varios tipos de rocas duras, en el margen izquierdo del río, cuarcitas con capas individuales que varían entre 80 cm y 3 m de espesor, con orientación de la foliación N40E 72S y esquistos cuarzo grafitoso muy plegados de forma isoclinal con vetas de cuarzo paralelas a la foliación, en el margen derecho del río.

A partir de la progresiva 71+200 la trayectoria de la vía férrea se ubica en una zona de colinas alargadas y poco extensas con orientación N25W, y crestas con topes redondeadas y laderas uniformes con pendientes que varían entre 8 y 10°.

### **Características de los Tipos litológicos**

La litología predominante en este tramo es una intercalación de Esquistos calcíticos (80%), con calizas masivas (20%), se puede observar la presencia de boudines de calizas de hasta 2m de espesor.

En sección fina la descripción es la siguiente:

Esquisto calcítico cuarzo-micáceo: El tamaño de grano es fino, se observa foliación, los granos están en contacto suturados y deformados. En orden de abundancia mineralógica se tiene: calcita> micas> cuarzo.

En menor proporción se encuentran:

Meta-Gabro: Predomina la plagioclasa con alteración leve, calcita y clorita. No se observa foliación evidente. Andesina (An30-50), aunque se presume que originalmente fue más calcítica, evidenciado por la abundancia de calcita. En orden de abundancia mineralógica se tiene: plagioclasa 48%, calcita 30%, cuarzo 10%, clorita 10% y hematita 2%.

Brecha Serpentinita: La mineralogía más abundante es la serpentina producto de alteración de piroxeno (20%), la cual presenta alto estado de facturación. En menor abundancia se encuentran las plagioclasas (10%) muy alteradas y fracturadas. Tienen un patrón de fracturas paralelo entre si, que permiten dar aspecto de foliados. La mayoría de las fracturas están rellenas de óxido de hierro.

### **Consideraciones Geológicas Geotécnicas detalladas por obra**

En este tramo se construirá un Túnel con una longitud de 972m, la progresiva de entrada del túnel es 68+581 y la salida en la progresiva 69+553, con un recubrimiento máximo de 105 m.



**Figura 6.2** : Portal Este Túnel, progresiva **Km 69+580**. Afloramiento de Esquistos calcáreos y calizas masivas.

En esta zona se encuentran rocas duras y muy duras, que tienen un grado de meteorización que va de rocas muy meteorizadas (W3) en la superficie y hacia el oeste, a rocas meteorizadas (W2), que predominan hacia el Este y a profundidades mayores de 30m.

Para el túnel en general las rocas presentan un RMR promedio de 58 y GSI de 53, presentando una resistencia a la compresión de  $577 \text{ Kg/cm}^2$ , disminuyendo estos valores para la zona del portal Oeste y aumentando para el portal Este, por lo que se espera escarificación difícil con posibilidad de voladura para la remoción en esta zona.

El acceso a la zona del túnel es difícil, por lo que no se realizaron sondeos en la misma.

A partir de la progresiva 69+553, se construirá un viaducto con una longitud de 219m que finaliza en el Km 69+772. (Figura 6.3)



**Figura 6.3:** Zona de Viaducto Progresiva Km **69+600**, ubicación de la perforación CT-38, obsérvese la vegetación de tipo arbustiva baja.

Para el estudio detallado de este viaducto se realizó la siguiente perforación:

**Tabla 6.7:** sondeos realizados en el tramo 68+072 a Km 72+420

Perforación	Coordenadas		Cota	Progresiva	Longitud
	Este	Norte	(m)	(Km)	(m)
CT-38	509610	1123460	247	69+600	25

A partir de los ensayos realizados en esta perforación se puede concluir que los primeros 6 metros se trata de suelo formado principalmente por arena limosa con grava (SM)g y grava limosa con arena (GM)s, con valores de humedad que varían entre 3.45 y 7.75, y dureza media, cuyos valores de  $N_{1(60)}$  van desde 15 hasta 49.

Luego a partir del metro 6, se tiene la roca descompuesta (W4), hasta los 17m de profundidad y roca muy meteorizada (W3) hasta los 25 m.

Según la interpretación realizada en el perfil geológico - geotécnico, las rocas meteorizadas (W2) se deben encontrar a una profundidad de 26 o 27m.

En general, el viaducto fundará sus bases en una intercalación de rocas duras y blandas, principalmente esquistos calcícticos y calizas masivas hacia el estribo oeste y esquistos sericícticos y grafitosos hacia el este.

A partir de la progresiva 69+920 se construirá un viaducto de 1360m de largo, que finaliza en la progresiva 71+280.

El estribo oeste se fundara sobre rocas blandas, en una intercalación de cuarcitas y filitas sericíticas, que tienen un grado de meteorización que

aumenta de oeste a este, de muy meteorizada (W3) a descompuesta (W4), ubicadas en la zona Industrial el Conde.

La orientación de la foliación predominante de las rocas en esta zona tiene un rumbo Norte – Sur, y buzamiento hacia el Este.

El trazado del viaducto avanza sobre zonas no muy estables, ya que en la progresiva 70+150, se observa un pequeño deslizamiento y la zona siguiente está formada por material de relleno, debido a un bote de basura. Luego intercepta el río Tuy y la zona de terrazas aluviales del mismo, formadas por un meandro de éste.

Al pasar el río Tuy el viaducto continúa sobre una colina a media ladera, cubierta por suelo residual y pendientes medianamente inestables, constituidas por intercalaciones de rocas blandas y duras, formadas por esquistos cuarcíticos intercalados con filitas sericíticas, que poseen un RMR promedio de 43 y el GSI de 38.

Estas rocas presentan una orientación en la foliación N63E 60N, de dos a tres familias de diaclasas.

A partir de la progresiva 70+900 el trazado avanza sobre una intercalación de rocas duras y blandas, cuya resistencia a la compresión va desde 125 hasta 305Kg/cm<sup>2</sup> y posee un RMR promedio de 57 y GSI de 52.

El siguiente viaducto de este tramo tiene una longitud de 113 m y va desde la progresiva 71+695 hasta la progresiva 71+895 que fundará sus estribos en rocas principalmente blandas formadas por esquistos cuarcíticos, intercaladas con filitas sericíticas. Los suelos son coluviales y se

observan bloques angulosos de cuarcita muy dura, fracturada de hasta 1 m de diámetro. El RMR promedio en estas rocas es de 43 y el GSI de 38.

Desde la progresiva 72+080 hasta la progresiva 72+335, se construirá un viaducto de 275m de largo y fundará sus bases en rocas principalmente blandas formadas por esquistos cuarcíticos, intercaladas con filitas sericíticas, cubiertos por suelos residuales con bloques angulosos de cuarcita muy dura, fracturada de hasta 1 m de diámetro. El RMR promedio en estas rocas es de 45 y el GSI de 40.

### **TRAMO 7: (Km 72+420 a Km 74+850)**

#### **Ubicación relativa**

Este tramo se encuentra ubicado entre la vía hacia el poblado de Betania en el sector Los Claveles, hasta llegar a la actual estación terminal Cúa. Se observa en los planos anexos 69, 70 y 71.

La tabla a continuación presenta la ubicación de los sondeos que se realizaron en esta zona:

**Tabla 6.8:** sondeos realizados en el tramo Km 72+420 a Km 74+850

Perforación	Coordenadas		Cota	Progresiva	Longitud
	Este	Norte	(metros)	(Km)	(m)
CT-56	511850	1121804	240	72+451	31
CT-57	512123	1121717	234	72+737	37
CT-64	513541	1122708	218	74+629	30
CT-65	513597	1122753	218	74+700	30
CT-66	513703	1122833	220	74+822	30



## **Generalidades: Topografía, Geología Estructural y Geodinámica Externa**

Se trata de una zona relativamente plana, muy intervenida, con algunos relieves bajos de cerros que atravesará la vía férrea a través de la construcción del Viaducto, que será el más largo de todo el tramo con 2430m de largo.

### **Características de los Tipos litológicos**

Desde la progresiva 72+425 hasta 72+825, se tiene una zona intervenida con material de relleno que posee un espesor promedio de 2 m infrayacente al cual predominan limos y arenas arcillosas.

En estos 200m se realizaron dos perforaciones, la primera CT-56 de 32m de profundidad presenta un relleno de 3m continuando con 5m de suelo residual formado por limos arenosos y humedades variables entre 8.15 y 13.37%, con una compacidad promedio en los primeros 4m dura y en los siguientes 4m compacidad media con un nivel suelto en el metro 7 y valores de  $N_{1(60)}$  entre 6 y 25 golpes.

A partir del metro 8 se encuentra la roca descompuesta, blanda, meteorizada (W4), compuesta por esquistos cuarzo - micáceos con humedades variables entre 1.05 y 2.32% y no presenta nivel freático.

La segunda perforación, CT-57 de 37m de profundidad presenta un relleno de 1m de espesor y el resto suelos clasificados hasta el metro 12 como arenas arcillosas con gravas (SC)g, con una cohesión entre 15 y 20  $\text{ton/m}^2$ , valores de  $N_{1(60)}$  entre 36 y 80 y de compacidad densa, luego hasta el metro 37 se clasificaron como arcillas de baja plasticidad con arenas s(CL), con un nivel de arcilla de alta plasticidad en el metro 21, en general presenta humedades variables entre 7.93 y 17.68%, consistencia que varía entre dura y rígida con valores de  $N_{1(60)}$  entre 23 y 37 golpes.

En la progresiva 72+825, la ruta atraviesa un pequeño cerro de 10m de altura aproximadamente, formado por filitas micáceas cuarzosas, muy meteorizadas y fracturadas, cubierta por un coluvio con bloques de rocas en una matriz areno gravosa en algunos sectores arcillosas.

A partir de la progresiva 73+ 170 el trazado entra nuevamente en una zona muy plana, formada por suelo aluvial compuesto por limos arenosos con fragmentos y bloques de rocas, hasta interceptar el río Tuy en la progresiva 73+735, y en sus cercanías una terraza aluvial formada por gravas y arenas, luego continua sobre la zona plana, pasando a pseudo paralela a una zona muy intervenida (Urb. Lecumberry) en 250m aproximadamente, hasta interceptar una quebrada embaulada en el Km 74+270.

Desde la progresiva 74+280, hasta el fin de la ruta en la Estación Terminal Cúa, el viaducto avanza sobre una zona muy intervenida debido a la presencia de un barrio consolidado (Barrio 19 de Abril), donde se realizaron las perforaciones CT-64, CT-65 y CT-66, en el primer metro se encuentra material de relleno en todas las perforaciones, para continuar con suelos predominantemente de arcillas de baja plasticidad.

Las tres perforaciones llegan hasta 30 metros de profundidad, e indican la presencia de un suelo muy homogéneo en esta zona, donde los suelos tienen en promedio valores de  $N_{1(60)}$  entre 20 y 50 golpes y humedad variable entre 6.57 y 26.82%, la compacidad en los primeros tres metros es suelta y hasta media, a partir del metro 4, la consistencia es rígida en general, hasta culminar los 30m.

## **CAPITULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **CONCLUSIONES**

Un 50% de la zona de estudio, esta cubierta por suelos de origen fluvial. En cuanto a las características geotécnicas de los mismos en su mayoría son suelos clasificados como Arena Limosa (SM), de compacidad media, a excepción de la zona cercana a Cúa, donde predominan las arcillas de baja plasticidad con arenas (CL) de consistencia dura.

El área de estudio está conformada principalmente por rocas metamórficas las cuales abarcan el 98% de las rocas aflorantes, siendo el 2% restante correspondiente a rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Tuy.

Las rocas metamórficas son en su mayoría rocas foliadas, específicamente Esquistos y filitas, las cuales se distribuyen en la zona central del área de estudio, correspondiente a los sectores ubicados en la carretera Cúa – Tácata (Capayita, Piñango y Buena Vista).

En la zona oeste (Tácata) y sureste del área de estudio (Cúa) se ubican cuerpos de rocas Meta-volcánicas, correspondientes al Complejo ofiolítico de Loma de Hierro.

La zona de estudio se encuentra afectada principalmente por un metamorfismo de muy bajo grado, perteneciente a las facies de los esquistos verdes, la cual generó la configuración actual de las rocas.

Desde el punto de Vista estructural, la zona de estudio se encuentra afectada por la Falla de Túcata y el sistema de fallas asociados a ella, siendo la dirección de foliación preferencial N 60°- 70° E con buzamientos muy variables producto de la deformación de la zona.

Se identificaron tres direcciones preferenciales de familias de diaclasas, D<sub>1</sub>: N 25°-40° E 70°-75° S, D<sub>2</sub>: N 25°-30° W 60°-70° S y D<sub>3</sub>: N 70°-75° E 45°-50° N.

Los procesos de geodinámica superficial más abundantes en la zona de estudio corresponden a los de tipo erosivo (zonas de cárcavas y surcos) asociados en su mayoría a las rocas de textura filítica.

La dinámica superficial de la zona se encuentra en gran medida afectada por la modificación de la topografía y la vegetación por la acción del hombre, lo que activa y acelera la producción de procesos erosivos y movimientos de masa en general.

En general el comportamiento geomecánico en la zona de estudio es notablemente homogéneo con una calidad de roca media, tomando valores máximos en las áreas cercanas al pueblo de Túcata.

Como aporte adicional a esta investigación se realizó el cálculo de la capacidad de carga para un grupo de pilotes en el viaducto que conecta con la actual Estación ferroviaria Cúa este y el Análisis cinemático de estabilidad en dos taludes del área de estudio.

Los resultados obtenidos en la capacidad de carga admisible, varia entre 200 y 500 ton/m<sup>2</sup>, y el material arcilloso, confirma la recomendación de usar fundaciones profundas (pilotes) para dicho viaducto.

Los ensayos de aguas realizados muestran que los niveles de cloruros y sulfatos de las muestras recolectadas se encuentran en los parámetros aceptables de acuerdo a la norma COVENIN, en función de no convertirse en agresivas para las obras en concreto.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar ensayos especiales adicionales tanto en roca como en suelos, principalmente donde se realizaran obras de construcción, con la finalidad de completar y mejorar la caracterización geotécnica de este informe.

2. Evaluar las condiciones litológicas y los procesos de geodinámica externa que afectan a la zona de desarrollo del proyecto, para realizar una correcta y adecuada planificación del mantenimiento de la vía férrea lo cual se traducirá definitivamente en un mejor funcionamiento.

3. Se recomienda revisar y reorientar la ruta seleccionada ya que no se considera óptima, ya que coloca la ruta en zonas donde se deberán desarrollar cortes en trincheras y cortes a media ladera en lugar de túneles. Dadas las condiciones de meteorización y el tipo de rocas se estima que a largo plazo los costos asociados al mantenimiento de la vía elevarán los gastos asociados a dicha infraestructura, además del aumento considerable de los costos ambientales.

4. Aprovechar los materiales pétreos calcáreos, que se estiman recolectar en la construcción del túnel entre las progresivas 68+581 y 69+553, como árido para ser usado en la construcción de otras obras.

5. Evaluar los afloramientos en las zonas cercanas al pueblo de Túcata específicamente en el margen derecho del río Guare, para ser aprovechado como Balasto. (tomar muestras representativas para hacer ensayo de desgaste Los ángeles).

6. Evaluar los problemas geotécnicos que se pueden presentar, para las obras de estabilización de taludes de corte, ante un eventual aumento del caudal, en las zonas de socavamiento producidas por el río Tuy, que se encuentran cartografiadas en los 17 planos geológicos – geotécnicos y secciones longitudinales, del Anexo 11 de este informe.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDEMARD, F. (1984). Evaluación geológica de la cuenca del Tuy para fines de investigaciones neotectónicas. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo, inédito.
- AUDEMARD, F. et al. (2000). Map and Database of Quaternary Faults in Venezuela and its Offshore Regions. U.S.G.S. y FUNVISIS. Caracas.
- AUDEMARD, F. DE SANTIS, F. y SINGER, A. (1995). Sistema de falla de La Victoria, Venezuela norcentral: Trazas activas, complejidades estructurales, cinemática y sismicidad asociada. IX Congreso Latinoamericano de Geología, FUNVISIS. Caracas.
- BECHARA, L. y MATOS, H. (2006). Estudio geológico y caracterización geomecánica de la zona comprendida entre Charallave y Paracotos, estado. Miranda. U.C.V., Caracas.
- DE MARCO, P. (1995). Determinación de la Resistencia mecánica de las rocas mediante ensayos de laboratorio. Trabajo de ascenso. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas. 37p.
- DE MARCO, P. (2004). Guía de estudios de la cátedra de mecánica de rocas. Universidad Central de Venezuela. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Minas. Inédito. Caracas.
- GONZÁLEZ DE JUANA, C., ITURRALDE AROZENA, J.M. Y PICARD, X. (1980).

Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ediciones FONINVES, Tomos I y II.

HERNÁNDEZ, M. Y MARTÍNEZ, R. (2008). Análisis de los Tucutunemo, edo. Aragua progresivas 0+000 – 0+200. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado, para optar al título de Ingeniero Geólogo, inédito

KAYE, M. (1947). Fisiografía y geología del área Qda. “Las Minas”, región de Los Teques. Acta Venezolana. 2(1-4): 47-82.

LOYO, B. (1983). La evolución geomorfológica de la Cordillera de la Costa al sur de la Falla de la Victoria. Seminario de Investigación Aplicada I, Cátedra de Geomorfología, Departamento de Geología, U.C.V. Inédito.

LOYO, B. (1986). Estudio tecto-estratigráfico de la cuenca del Tuy, edo. Miranda, Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado, para optar al título de Ingeniero Geólogo, inédito.

URBANI, F. RODRÍGUEZ, J. (2004). Atlas Geológico de la Cordillera de la Costa Venezuela. U.C.V., Caracas.

VAN BERKEL, D. (1988). Estudio geológico del área Tácata – Altagracia de la Montaña, estado. Miranda. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Geólogo, inédito.

ZAMBRANO, A. (1970). Estudio fisiográfico de la cuenca del río Tuy. Bol. Geol. Caracas, 11(21): 3-206.



## **REFERENCIAS ELECTRÓNICAS**

CÁCERES, V. (S/F). Aplicación de la Mecánica de Rocas en el Diseño de Túneles (según Barton y Bieniawski). Consultada el 26 de octubre de 2009 [www.arqhys.com/contenidos/mecanica-tuneles.html](http://www.arqhys.com/contenidos/mecanica-tuneles.html).

Código Geológico de Venezuela. Consultada el 25 de septiembre de 2009, <http://www.pdvsa.com/lexico/>.

**[ANEXOS]**

## LCT1

Prog Aprox: 72 + 258

Coordenadas: E730081 , N1122117

Estructura asociada: Estribo Este del viaducto V40. / Perf. CT-55.

Descripción: Suelo residual arenoso limoso con abundantes fragmentos de cuarzo. Espesor mínimo de 3 a 4 m. Se observa Qda. Con poco poder erosivo. Vista de este a oeste del estribo.



## LCT2

Prog Aprox: 72+210

Coordenadas: E730802, N1122036

Estructura asociada: viaducto V40

Descripción: Bloques de aproximadamente 2,5 x 3 m. De Cuarzita esquistosa de grano fino. Color gris.





## LCT3

Prog Aprox: 72+190

Estructura asociada: viaducto V40

Descripción: Zona de deslizamiento. Diferentes vistas

Coordenadas: E730765, N1121993



## LCT4

Prog Aprox: 72+ 180

Estructura asociada: viaducto V40

Descripción: Bloque angular de Cuarzita en quebrada. Coluvión

Coordenadas: E730697 , N1121983





## LCT5

Prog Aprox: 72 + 180

Estructura asociada: viaducto V40

Descripción: Coluvión en ladera

Coordenadas: E730725, N1122050



## LCT6

Prog Aprox: 72+140

Estructura asociada: corte de ladera.

Descripción: Corte de ladera de 2m de altura. Roca blanda muy foliada. Cuarzita micácea foliada con "capas" de 1 a 3 cm. Cubierta de polvo blanquecino de composición calcárea (reacciona con ácido clorhídrico)

Coordenadas: E 730706, N1122128



## LCT8

Prog Aprox: 71+950

Estructura asociada:

Descripción: Suelo residual con capa vegetal 2 a 3 m de espesor. Vista de escuela.

Coordenadas: E 730580 / N 1122352





## LCT9

Prog Aprox: 71+930

Estructura asociada: Terraplén

Descripción: Vista aguas arriba

Coordenadas: E730522, N1122260



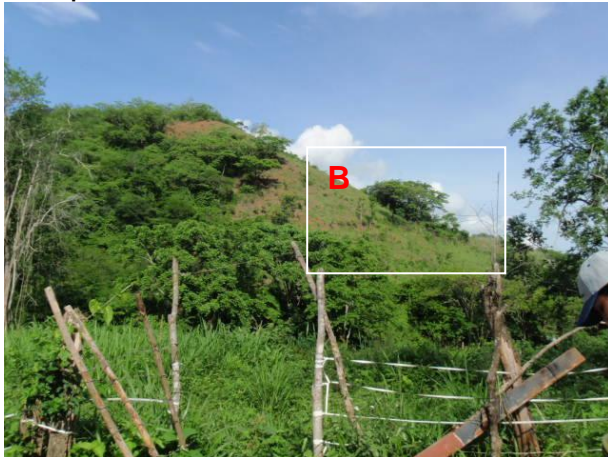
## LCT10

Prog Aprox: 71+780

Estructura asociada: Viaducto 39

Descripción: Vista de talud de corte de media ladera. Suelo residual en pendiente de 30°. Se considera inestable.

Coordenadas: E 730408 / N 1122301



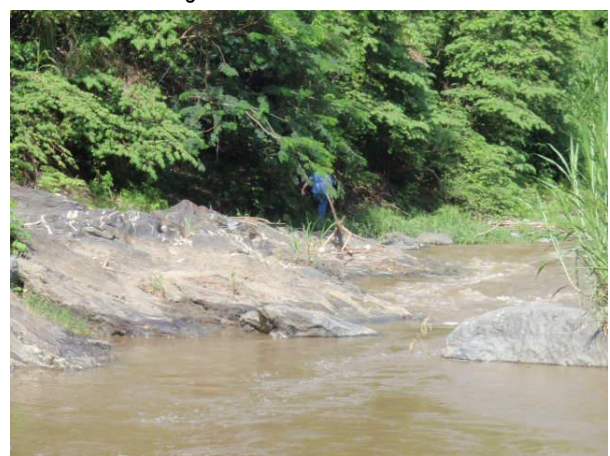
## LCT11

Prog Aprox: 71+015

Estructura asociada: Viaducto N° 38

Descripción: Socavación del Río Tuy. Afloramiento en la margen derecha. Vista aguas arriba

Coordenadas: E 729750 / N 1122663





**Descripción:** Socavación del Río Tuy. Afloramiento en la margen derecha. Vista aguas arriba



**Descripción:** Socavación del Río Tuy. Afloramiento en la margen derecha. Vista aguas abajo



**Descripción:** Socavación del Río Tuy. Afloramiento en la margen derecha. Pliegue isoclinal (C<sub>1</sub>) y diaclasas abiertas (C<sub>2</sub>), rellenas de cuarzo.



## LCT12

**Prog Aprox:** 71+062

**Coordenadas:** E 729826 / N 1122665

**Estructura asociada:** viaducto N° 38

**Descripción:** Afloramiento de cuarcita de 3 m de espesor. Roca dura fresca.





## LCT13

Prog Aprox: 71+100

Coordenadas: E 729823 / N 1122620

Estructura asociada: Viaducto N° 38

Descripción: Talud de corte. Deslizamiento de suelo residual, foto de estribo este del viaducto.



## LCT14

Prog Aprox: 70+140

Coordenadas: 729067, 1123241

Estructura asociada: Viaducto N° 38

Descripción: Intercalación de cuarcita y filita sericítica.



## LCT15

Prog Aprox: 70+310

Coordenadas: E 729226 / N 1123132

Estructura asociada: Viaducto N° 38

Descripción: Terraza aluvial de 3 m de espesor. Suelo arenoso algo cementado con fragmentos angulosos de roca y bloques de 30 cm de diámetro





## LCT16

**Prog Aprox:** 70+350

**Coordenadas:** E 729381 / N 1123161

**Estructura asociada:** : Viaducto V 38

**Descripción:** Ubicación de la perforación CT - 24ª. Área de aluvión



## LCT17

**Prog Aprox:** 69+500

**Coordenadas:** E 728726 / N 1123161

**Estructura:** Portal del túnel 11, Viaducto V37

**Descripción:** Afloramiento de roca dura fracturada. Intercalaciones de cuarcita esquistosa muy calcárea con calizas masivas de 10 a 15 cm de espesor. (20% caliza, 80% cuarcita)



**Descripción:** Mega boudin de caliza de 2 m de espesor.



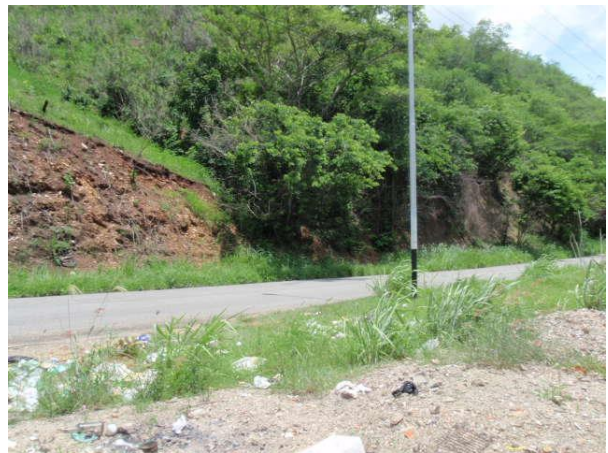
## LCT18

**Prog Aprox:** 69+616

**Estructura:** , Viaducto V37

**Descripción:** Vistas de viaducto y portal del tunel

**Coordenadas:** N 728731 / 1123621





## Pto 19

Prog Aprox: 74+624

Coordenadas: E 7322672 / N 1123026

Estructura asociada: Viaducto V42

Descripción: talud inestable, de 4 a 5 m de altura, con suelo residual areno limoso color rojizo, capa de caliche de 2 m de ancho, hacia el este se observa una capa de conglomerados de granos subredondeados de cuarzo, con matriz areno limosa, y una capa de 10 cm. de espesor de posible materia orgánica de color negro, muy bien demarcada.







## Pto 20

Prog Aprox: 74+350

Coordenadas: E 732546 / N 1122748

Estructura asociada: corte y relleno

Descripción: grava en matriz areno limosa con fragmentos de cuarzo.









## Pto 21

Prog Aprox: 74 + 560

Coordenadas: E 732727 / N 1122869

Estructura asociada: Viaducto V42

Descripción: suelo residual con capa de 20 cm de roca calcarea muy meteorizada, casi descompuesta.



## Pto 22

Prog Aprox: 72+811

Coordenadas: E 731290 / N 1121802

Estructura asociada: viaducto V 41

Descripción: talud de limo arcilloso, color gris con ocre y material calcáreo no homogéneo.





Prog Aprox: 67+850  
Estructura asociada: Viaducto V36

**Pto 28**

Coordenadas: E 727223 / N 1124497



**Descripción:**



## Pto 29

**Prog Aprox: 67+900**

**Estructura asociada: viaducto V36**

**Descripción: aluvion**

**Coordenadas: E 727258 / N 1124551**



## Pto 30

**Prog Aprox: 67+900**

**Estructura asociada: Viaducto V36**

**Descripción: secuencia vertical grano decreciente hacia la base**

**Coordenadas: E 727260 / N 1124583**





## Pto 32

Prog Aprox: 67+630

Estructura asociada: Viaducto V36

Descripción: Roca meteorizada muy fracturada, esquisto cuarzo micáceo

Coordenadas: E 726985 / N 1124521





### Pto 33

Prog Aprox: 67+600

Estructura asociada: Terraplen

Descripción:

Coordenadas: E 726979 / N 1124586





## Pto 36

**Prog Aprox:**

**Coordenadas:** E 728248 / N 1124558

**Estructura asociada:**

**Descripción:** Calicata que muestra perfil de de capa vegetal, marrón oscuro de 0.30 m, en superficie, con contenido de arcilla representado por las huellas de desecación. Infrayacente arena fina arcillosa de color ocre.



## Pto 37

**Prog Aprox:**

**Coordenadas:** E 728115 / N 1124324

**Estructura:**

**Descripción:** Coluvio residual. Bloque de "caliza".



## Pto 38

**Prog Aprox:**

**Coordenadas:** E 728114 / N 1124306

**Estructura:**

**Descripción:**





## Pto 40

Prog Aprox:  
Estructura:  
Descripción:

Coordenadas: E 722448 / N 1126245



## Pto 41

Prog Aprox:  
Estructura:  
Descripción:

Coordenadas: E 722447 / N 1126328



## Pto 42

Prog Aprox:  
Estructura:  
Descripción:

Coordenadas: E 722129 / N 1126505





## Pto 43

Coordenadas: E 721552 / 1126770

Prog Aprox:  
Estructura:  
Descripción:

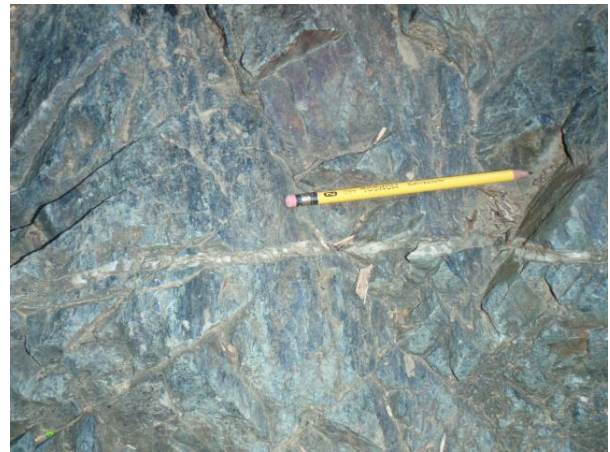


## Pto 44

Coordenadas:

Prog Aprox:  
Estructura:  
Descripción:





Prog Aprox:  
Estructura:  
Descripción:

## Pto 45

Coordenadas: E 718756 / N 1128150





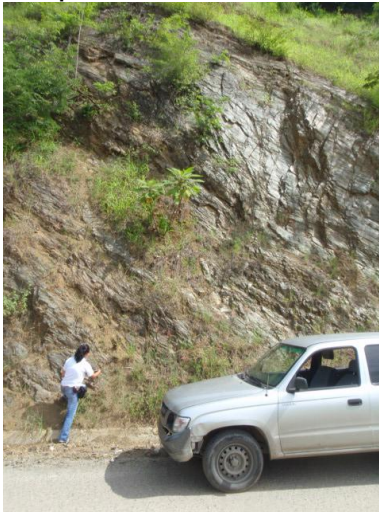
## Pto 47

Coordenadas: E 718541 / N 1128402

Prog Aprox:

Estructura:

Descripción:



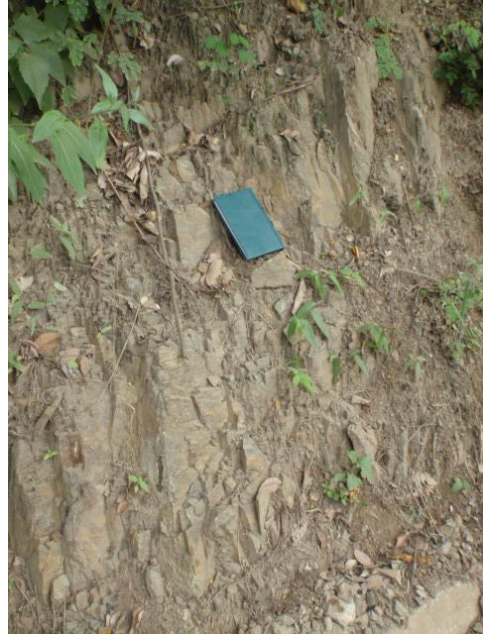
## Pto 48

Coordenadas: E 718440 / N 1128402

Prog Aprox:

Estructura:

Descripción:



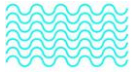
### Pto 49

Coordenadas: E 718390 / N 1128299

Prog Aprox:  
Estructura:  
Descripción:











Ingenieros  
De Santis, C.A.

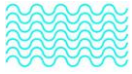
Evaluación Geológica, escala 1:5.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

Ubicación: Rutas Internas Táchata  
Fecha: 07/05/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Orientación (foto)	Observaciones
	N	E			
PP55	1128288	719378		N 10 W	Roca medianamente meteorizada, se observan abundantes diaclasas, color gris oscuro y marrón (Esquistos de Tinapú)  Muestra: (P55)
PP56	A 50 m de PP55			N 50 W	Roca fracturada muy meteorizada de color marrón oscuro, (Esquistos de Tinapú)
PP57	1128300	718831		N 15 E	Roca foliada ligeramente meteorizada (Esquistos de Tinapú)  Muestra: (P57)
PP59	1128588	718921		N 20 E	Roca desintegrada, se observan unos pequeños planos de diaclasas. Color rojizo. (Esquistos de Tinapú)







Ingenieros  
De Santis, C.A.

Evaluación Geológica, escala 1:5.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

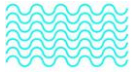
Ubicación: Rutas Internas Táchata  
Fecha: 07/05/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Orientación (foto)	Observaciones
	N	E			
PP60	1128403	718566		N 60 E	Roca color gris verdoso, con vetas de calcita, muy fracturada, con deslizamiento pequeño de bloques. (Esquistos de Tinapú)  Muestra: (P60)
				N 20 W	
PP61	1128383	718389		N 30 E	Roca dura, con meteorización moderada y presencia de agua (Esquistos de Tinapú)  Muestra: (P61)
PP62	1127913	718407		N 40 W	Portal de túnel, roca foliada con replegamiento en algunas zonas, presenta deslizamiento pequeño (Complejo ofiolítico de Loma de Hierro)  Muestra: (P62)









Ingenieros  
De Santis, C.A.

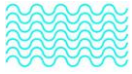
Evaluación Geológica, escala 1:5.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

Ubicación: Rutas Internas Tácata  
Fecha: 07/05/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Orientación (foto)	Observaciones
	N	E			
PP63	1127609	718384		N 60 E	Espesor de suelo de 1.5 m aproximadamente. (Complejo Ofiolítico de Loma de Hierro)
PP65	1127659	718208		S 80 W	Se observa contacto de falla y tres tipos de litología, una color morado, foliada, otra de color gris, posiblemente meta ígnea, con vacuolas, y por último, una de color gris compacta. En este punto coinciden varias formaciones Metalada de Tiara, Complejo ofiolítico de Loma de Hierro y Filitas de Paracotos.
				N-S	
PP67	1126376	718041		N 69 E	Se observa el afloramiento con una posible intrusión, de color gris claro. Complejo ofiolítico y Filita de Paracotos.





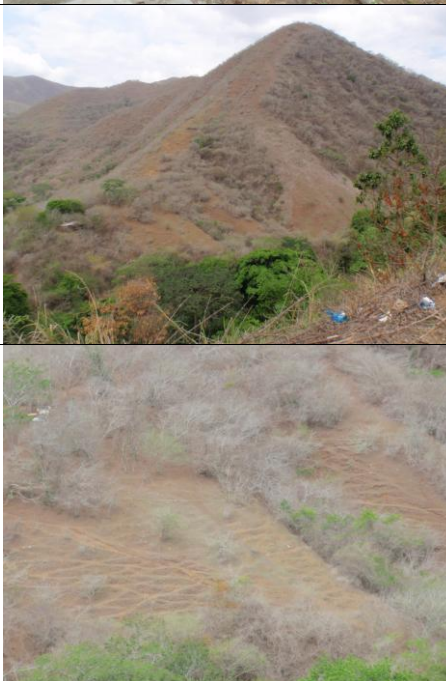
Ingenieros  
De Santis, C.A.

Evaluación Geológica, escala 1:5.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

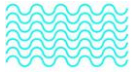
Ubicación: Rutas Internas Tácata  
Fecha: 07/05/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Orientación (foto)	Observaciones
	N	E			
PP67	1126376	718041		S 40 E	
PP68	1128822	718778		S 35 W	Se observa roca de color marrón claro a gris (Gnéis de La Aguadita)
PP68	1128822	718778		N 70 E	Se observa el efecto de la geodinámica externa








Ingenieros  
De Santis, C.A.

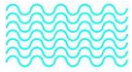
Evaluación Geológica, escala 1:5.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

Ubicación: Rutas Internas Táchata  
Fecha: 07/05/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Orientación (foto)	Observaciones
	N	E			
PP70	1128929	718562		S 60 E	Se observa roca de color marrón rojizo, bastante meteorizada (Gnéis de La Aguadita)
				N 40 W	
PP73	1130183	717639		N-S	Roca de color gris claro (Gnéis tonalítico de Curiepe)







Ingenieros  
De Santis, C.A.

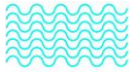
Evaluación Geológica, escala 1:1.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

Ubicación: CUA-APARAY  
Fecha: 06/08/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Progresiva	Observaciones
	N	E			
LCT 19	N1123026	E732267		74+624	se observa una capa de conglomerados de granos subredondeados de cuarzo, con matriz areno limosa , y una capa de 10 cm. de espesor de materia orgánica de color negro, muy bien demarcada.
LCT20	N1122748	E 732546		74+350	: grava en matriz areno limosa con fragmentos de cuarzo
LCT21	N 1122869	E 732727		74 + 560	Detalle material calcáreo (caliche).
LCT21	N 1122869	E 732727		74 + 560	suelo residual con capa de 20 cm de roca calcárea muy meteorizado, casi descompuesta






Ingenieros  
De Santis, C.A.

Evaluación Geológica, escala 1:1.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

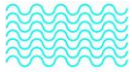
Ubicación: CUA-APARAY  
Fecha: 06/08/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Progresiva	Observaciones
	N	E			
LCT22	N 1121802	E 731290		72+811	talud de limo arcilloso, color gris con ocre y material calcáreo no homogéneo
LCT29	N 1124551	E 727258		72+140	Aluvión, QUEBRADA BUENA VISTA ( detalle)
LCT32	N 1124521	E 726985		67+630	Roca meteorizada muy fracturada, esquisto cuarzo micáceo









Ingenieros  
De Santis, C.A.

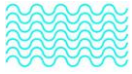
Evaluación Geológica, escala 1:1.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

Ubicación: CUA- TACATA  
Fecha: 20-21/08/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Progresiva	Observaciones
	N	E			
LCT36	N 1124558	E 728248		69+100	Calicata que muestra perfil de de capa vegetal, marrón oscuro de 0.30 m, en superficie, con contenido de arcilla representado por las huellas de desecación. Infrayacente arena fina arcillosa de color ocre..
LCT38	N 1124306	E 728114		68+700	Coluvio residual. Y Bloques de "caliza".
LCT40	N 1126245	E 722448		62+600	Esquisto cuarzo micaceo, alta oxidación, suelo rojizo y roca muy descompuesta..
LCT41	N 1126328	E 722447		62+700	Bloques de mármoles intercalados con esquistos





Ingenieros  
De Santis, C.A.

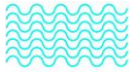
Evaluación Geológica, escala 1:1.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

Ubicación: CUA- TACATA  
Fecha: 20-21/08/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Progresiva	Observaciones
	N	E			
LCT42	N 1126505	E 722129		62+250	Rocas metamórficas, (Filitas y esquistos calcáreos) muy plegadas Carretera Cúa-Tácata
LCT44	E 718770	N 1128150		58+600	Margen izquierdo río Guare, rocas meta volcánicas, correspondientes, al Complejo ofiolítico de Loma de Hierro







Ingenieros  
De Santis, C.A.

Evaluación Geológica, escala 1:1.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

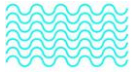
Ubicación: CUA-APARAY  
Fecha: 06/08/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Progresiva	Observaciones
	N	E			
LCT1	N1122117	E730081		72 + 258	Suelo residual areno limoso con abundante fragmentos de cuarzo. Espesor mínimo de 3 a 4 m. Se observa Qda. Con poco poder erosivo. Vista de este a oeste del estribo.
LCT2	N1122036	E730802		72+210	Bloques de aproximadamente 2,5 x 3 m. De Cuarzita esquistosa de grano fino. Color gris
LCT3	N1121993	E730765		72+190	Zona de deslizamiento.
LCT4	N1121983	E730697		72+ 180	Bloque angular de Cuarzita en quebrada. Coluvión









Ingenieros  
De Santis, C.A.

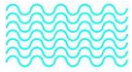
Evaluación Geológica, escala 1:1.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

Ubicación: CUA-APARAY  
Fecha: 06/08/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Progresiva	Observaciones
	N	E			
LCT5	N1122050	E730725		72 + 180	Coluvión en ladera
LCT6	N1122128	E 730706		72+140	Corte de ladera de 2m de altura. Roca blanda muy foliada. Cuarcita micácea foliada con "capas" de 1 a 3 cm. Cubierta de polvo blanquecino de composición calcárea (reacciona con ácido clorhídrico)
LCT8	N1122352	E 730580		71+950	Suelo residual con capa vegetal 2 a 3 m de espesor. Vista de escuela
LCT9	N1122260	E730522		71+930	Roca en posible Vista aguas arriba, terraplen







Ingenieros  
De Santis, C.A.

Evaluación Geológica, escala 1:1.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

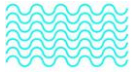
Ubicación: CUA-APARAY  
Fecha: 06/08/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Progresiva	Observaciones
	N	E			
LCT10	N1122301	E 730408		71+780	Vista de talud de corte de media ladera. Suelo residual en pendiente de 30°. Se considera inestable
LCT11	N1122663	E 729750		71+015	Socavación del Río Tuy. Afloramiento en la margen derecha. Vista aguas arriba)
LCT11	N1122663	E 729750		71+015	Río Tuy. Afloramiento en margen derecha. Pliegue isoclinal y diaclasas abiertas, rellenas de cuarzo.
LCT12	N1122620	E 729826		71+062	Afloramiento de cuarcita de 3 m de espesor. Roca dura fresca









Ingenieros  
De Santis, C.A.

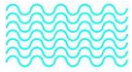
Evaluación Geológica, escala 1:1.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

Ubicación: CUA-APARAY  
Fecha: 06/08/2009



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

Punto	Coordenadas UTM		Foto	Progresiva	Observaciones
	N	E			
LCT13	N1122620	E 729823		71+100	Color meteorizado: pardo medio a gris, color fresco gris oscuro, roca muy dura (Esquistos de Tinapú)  Muestra: M106
LCT14	N1123241	E729067		70+140	Intercalación de cuarcita y filita sericítica
LCT15	N1123132	E 729226		70+310	Socavación del Río Tuy. Afloramiento en la margen derecha. Vista aguas arriba) Terraza aluvial de 3 m de espesor. Suelo arenoso algo cementado con fragmentos angulosos de roca y bloques de 30 cm de diámetro
LCT16	N1123161	E 729381		70+350	Ubicación de perforación. Área de aluvión.



Ingenieros  
De Santis, C.A.

Evaluación Geológica, escala 1:1.000, del Tramo Ferroviario  
de 75 Km entre La Encrucijada y Cúa,  
Estados Aragua y Miranda

*Ubicación: CUA-APARAY*  
*Fecha: 06/08/2009*



CREEC  
China Railway  
Eryuan Engineering  
Group de  
Venezuela, C.A.

LCT17	N1123161	E728726		71+062	Afloramiento de roca dura fracturada. Intercalaciones de cuarcita esquistosa muy calcárea con calizas masivas de 10 a 15 cm de espesor. (20% caliza, 80% cuarcita)
-------	----------	---------	--	--------	--



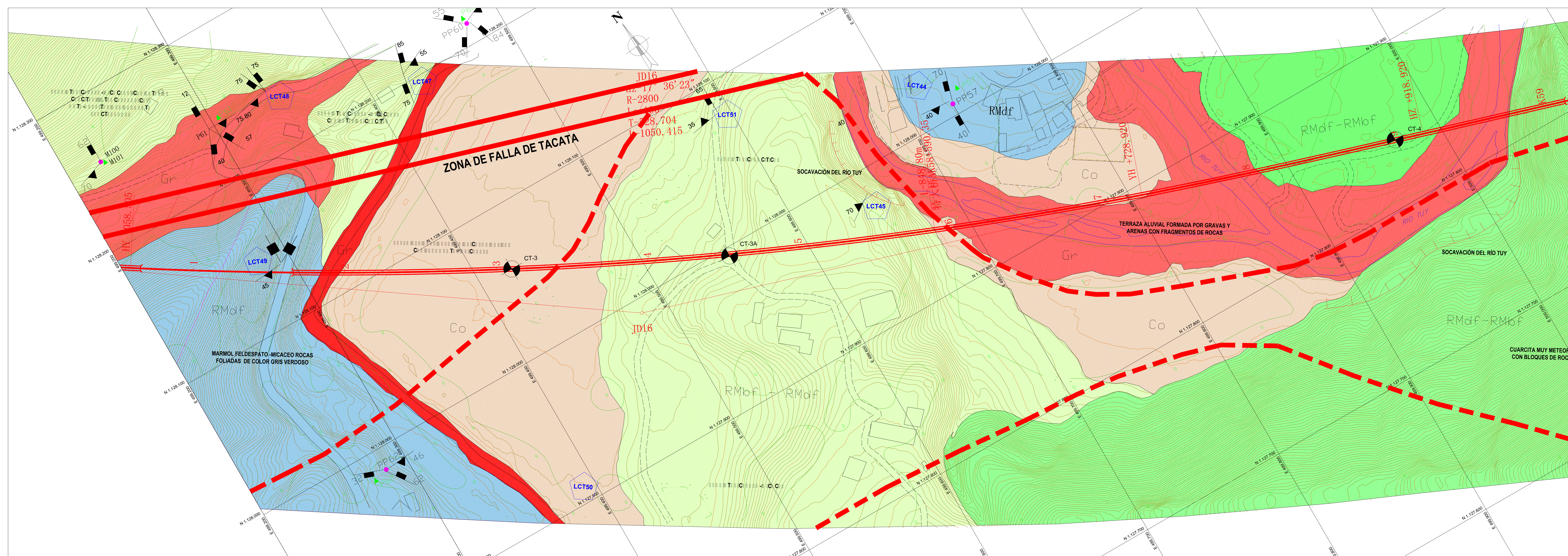


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΕΝΔΕΥΟΔΟΟΠΟΥ Ε  
 ΟΥΝΟΣΟΟΟΥΣΟ ΟΕ ΡΕΑΥ/ΔΟΥ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

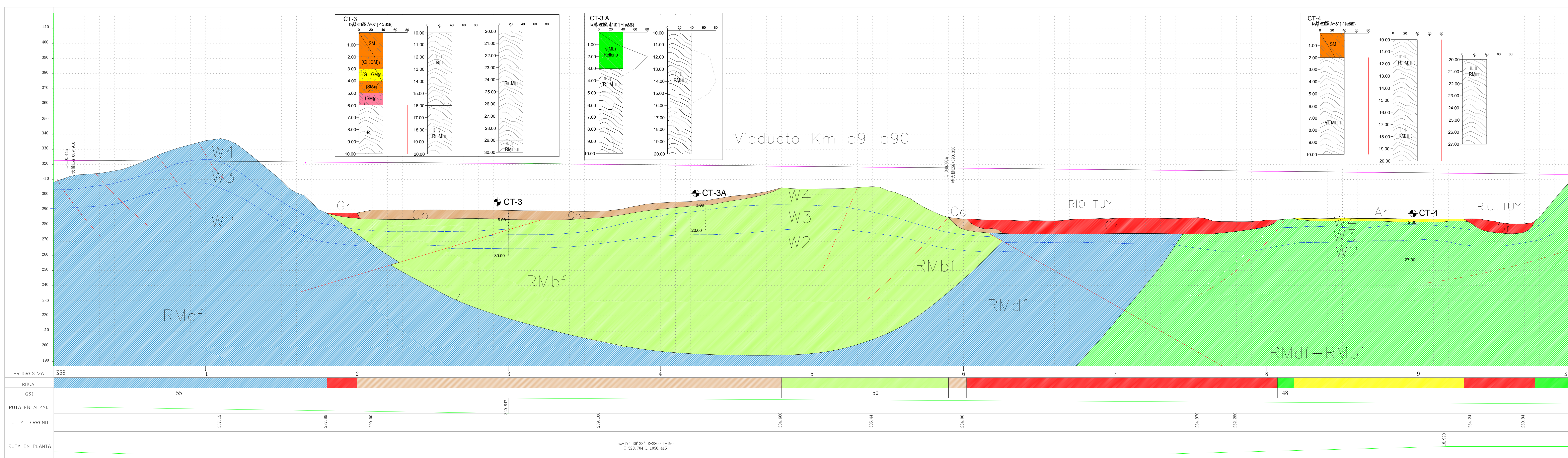
REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADÉMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADÉMICO: DIAZ, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO	LA ENCRUCIJADA - CUA	PROGRESIVA	Km. 58+000 al Km. 59+000
FECHA	ESCALA	PLANO N°	HOJA N°
MARZO 2010	1:2000	ICPLGEOGRLO000000	59/71



**LEYENDA GEOLOGICA**

	RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
	PLANO DE FOLIACION VERTICAL
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
	DIACLASA VERTICAL
	TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
	TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
	TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
	TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
	ZONA DE BRECHA DE FALLA
	CONTACTO GEOLOGICO
	ZONA DE DESLIZAMIENTOS
	ZONA DE FUERTE EROSION Y CARVEADO
	SITIO DE SONDEO A MAQUINA
	MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
	SECCION FINA
	PERFIL DE METEORIZACION
	PUNTOS DE OBSERVACION



**ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES**

	ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
	LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
	GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.

**MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS**

	MATERIALES DE RELLENO
	MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)

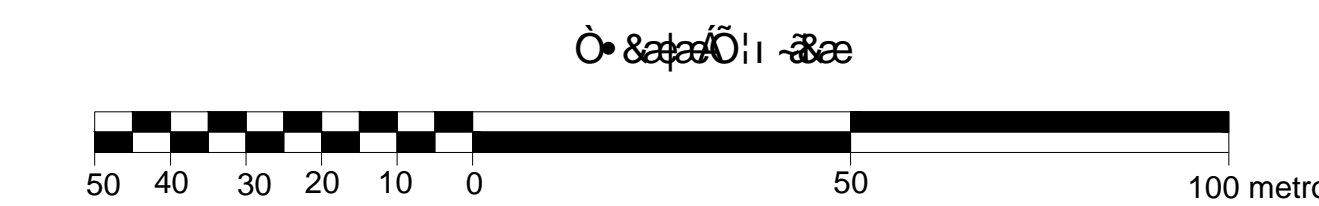
**ROCAS**

	ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA. REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
	ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA. REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES.
	ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA. REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.

**SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL**

	Túnel (PERFIL)
	Túnel (PLANTA)
	Viaducto (PERFIL)
	Viaducto (PLANTA)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)









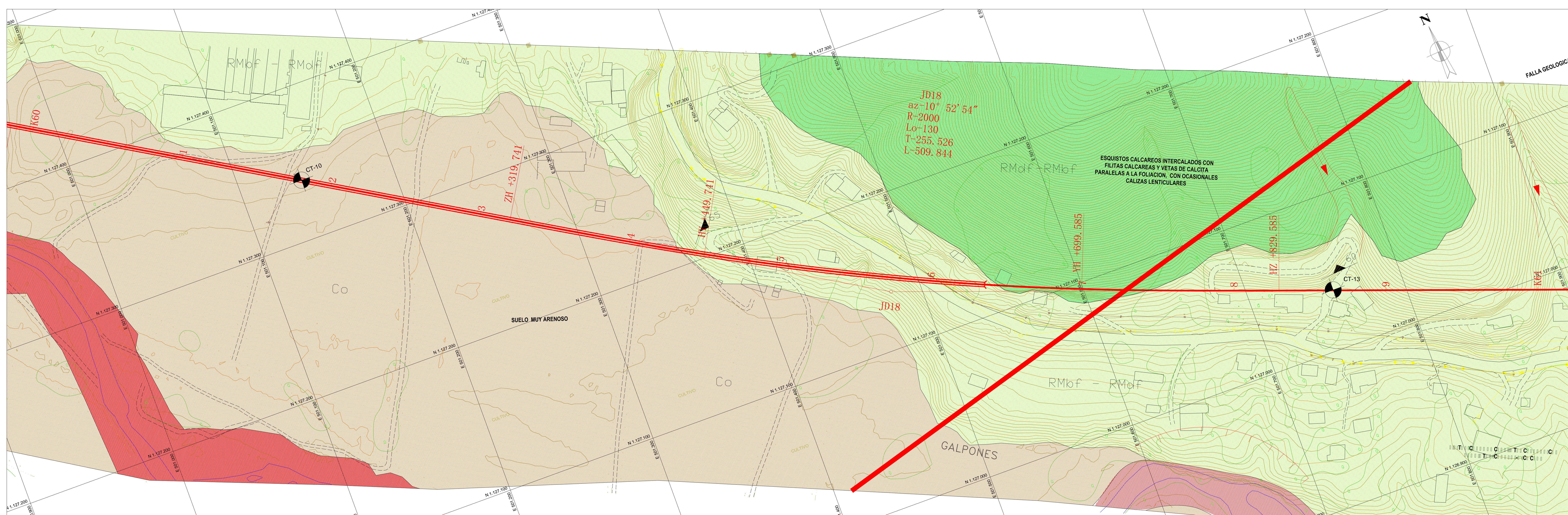


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΔΩΣ ΒΟΛΟΤΟΠΟΥ ΟΕ  
 ΟΥΝΟΣΑΘΟΟΥΣΟ ΟΕ ΑΕΛΑΪΟΥΣΟ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

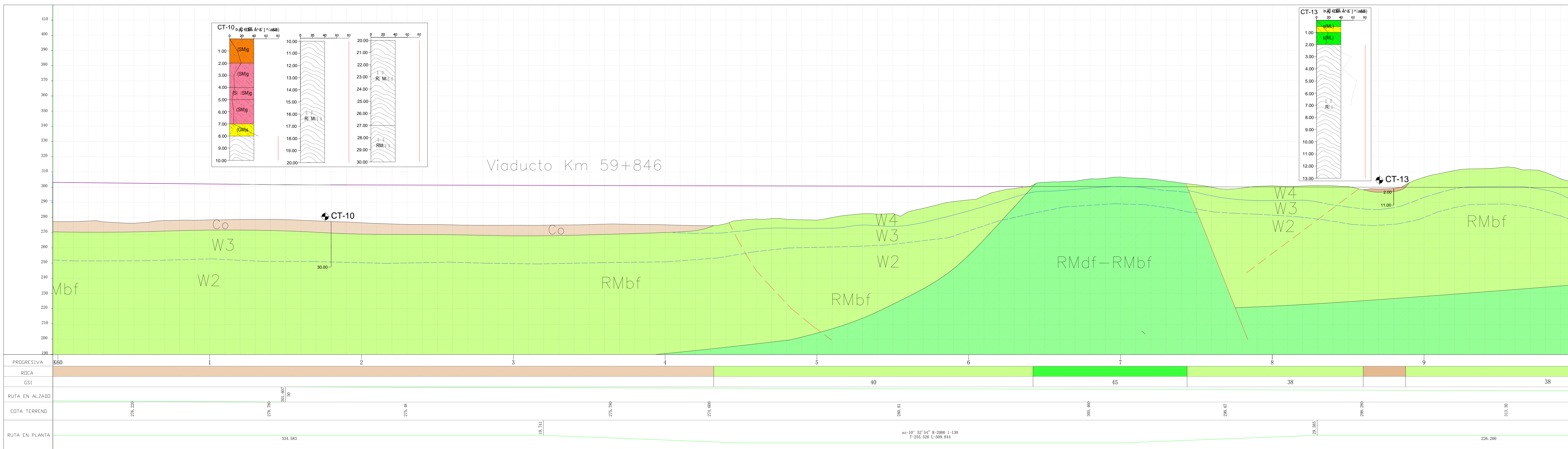
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 60+000 al Km. 61+000  
 ESCALA 1:2000 PLANO Nº 57/71  
 FECHA MARZO 2010 I C P L G E O G R L O 0 0 0 0 0 0

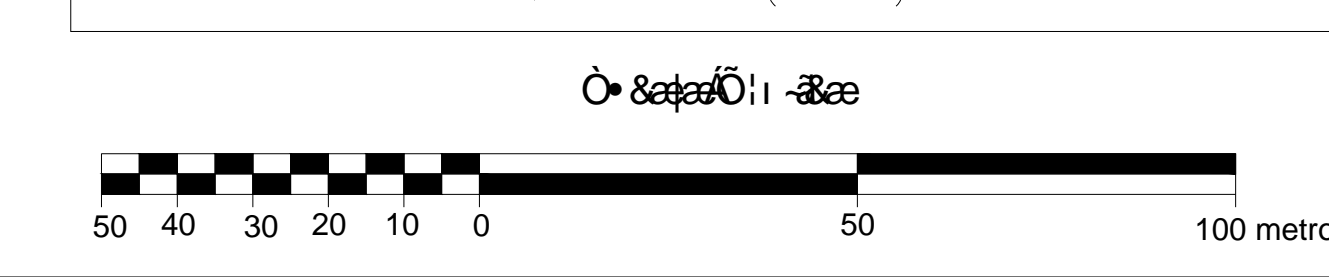


LEYENDA GEOLOGICA	
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
	PLANO DE FOLIACION VERTICAL
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
	DIACLASA VERTICAL
	TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
	TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
	TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
	TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
	ZONA DE BRECHA DE FALLA
	CONTACTO GEOLOGICO
	ZONA DE DESLIZAMIENTOS
	ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
	SITIO DE SONDEO A MAQUINA
	MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
	SECCION FINA
	PERFIL DE METEORIZACION



ALUIONES Y SUELOS RESIDUALES	
	ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
	LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
	GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.
MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS	
	MATERIALES DE RELLENO
	MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)
ROCAS	
	ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
	ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
	ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.
SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL	
	EJE DE PROYECTO
	Tonel (PLANTA)
	Viaducto (PLANTA)
	Tonel (PERFIL)
	Viaducto (PERFIL)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





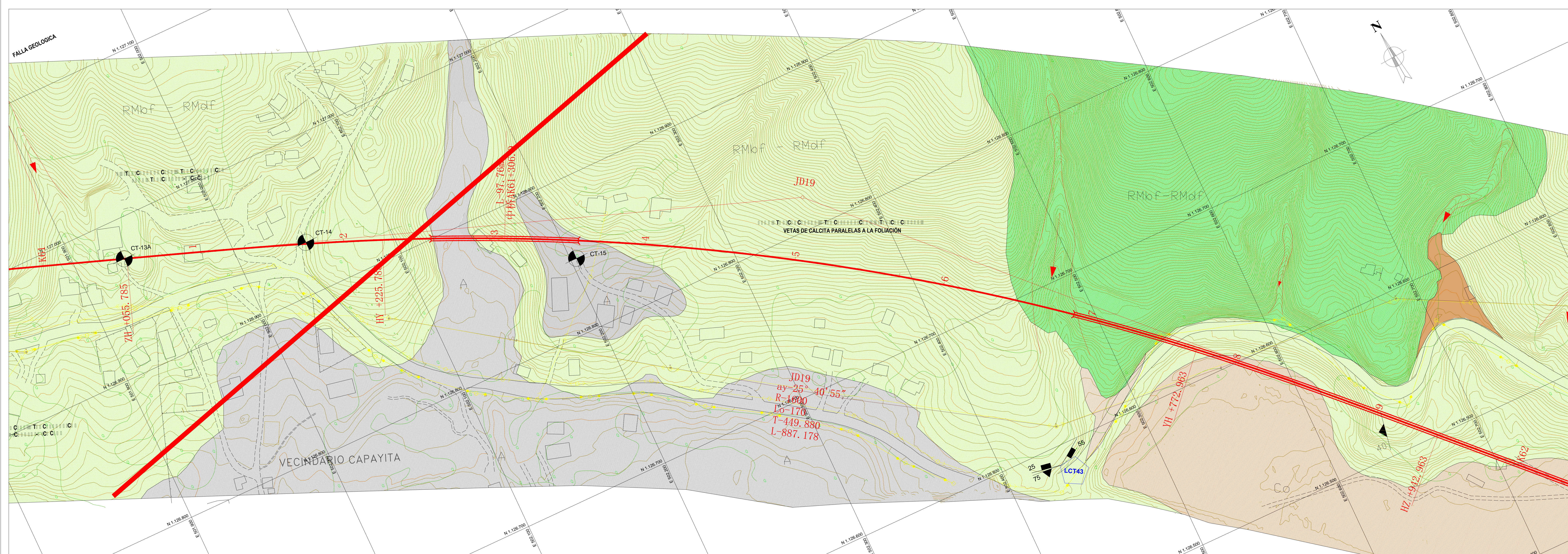


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y PETRÓLEO  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

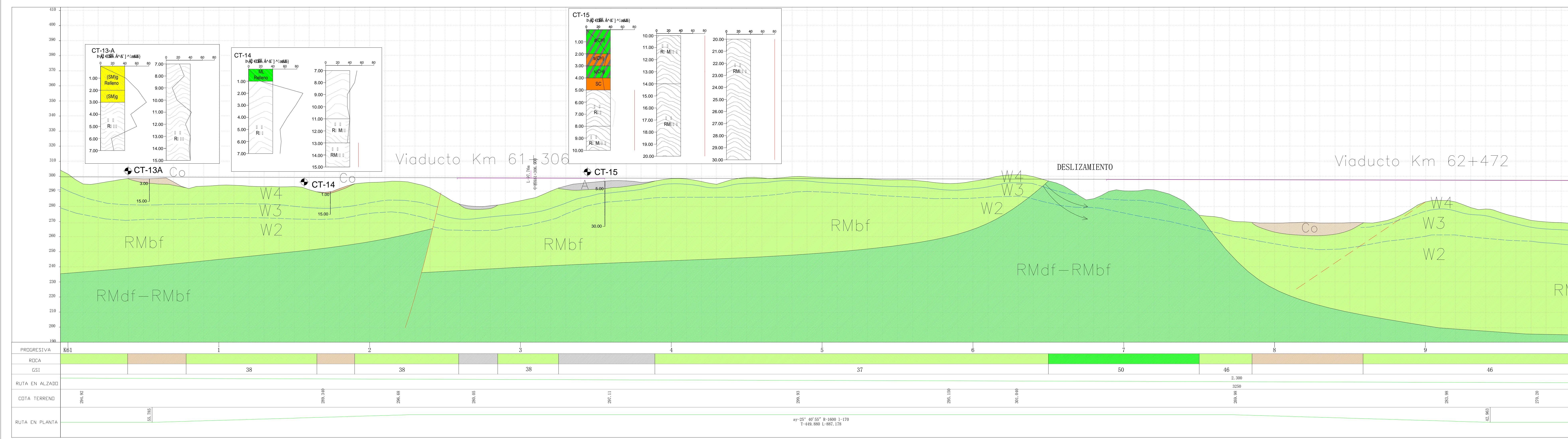
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

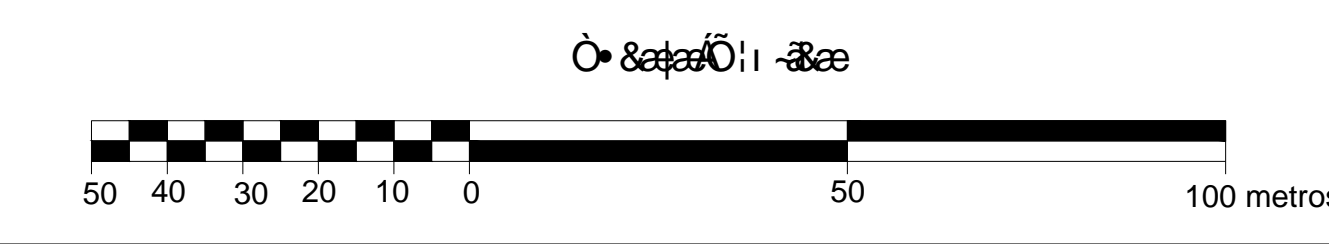
TRAMO FERROVIARIO: LA ENCRUCIJADA - CÚA  
 PROGRESIVA: Km. 61+000 al Km. 62+000  
 ESCALA: 1:2000  
 FECHA: MARZO 2010  
 PLANO N°: 58/71



- LEYENDA GEOLOGICA**
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
  - PLANO DE FOLIACION VERTICAL
  - RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
  - DIACLASA VERTICAL
  - TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
  - ZONA DE BRECHA DE FALLA
  - CONTACTO GEOLOGICO
  - ZONA DE DESLIZAMIENTOS
  - ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
  - SITIO DE SONDEO A MAQUINA
  - MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
  - SECCION FINA
  - PERFIL DE METEORIZACION



- ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES**
- ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
  - LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
  - GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.
- MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS**
- MATERIALES DE RELLENO
  - MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)
- ROCAS**
- ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
  - ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
  - ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.
- SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL**
- EJE DE PROYECTO
  - Tónel (PLANTA)
  - Viaducto (PLANTA)
  - Tónel (PERFIL)
  - Viaducto (PERFIL)
- NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





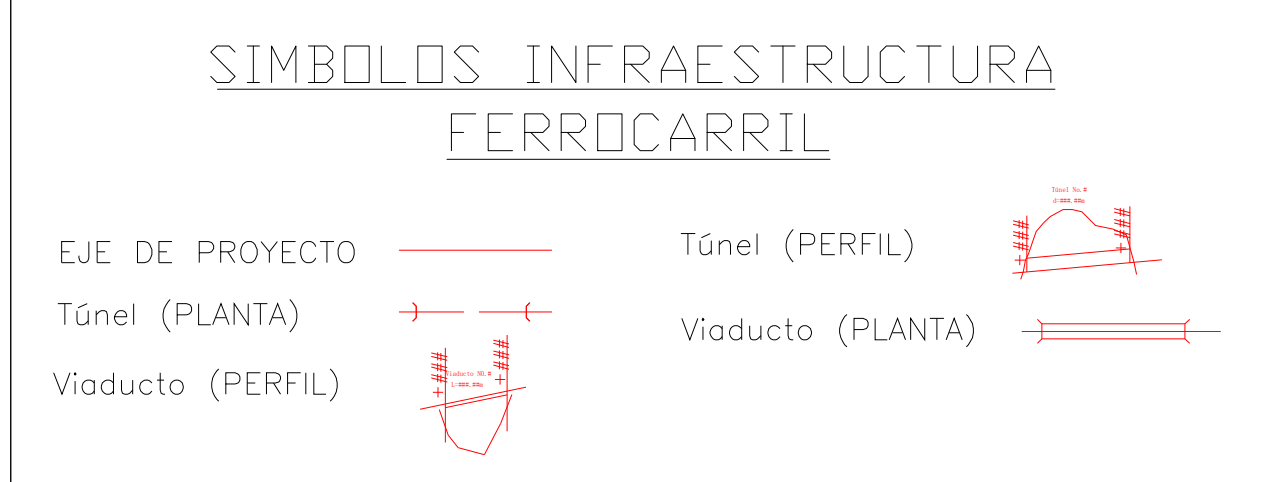
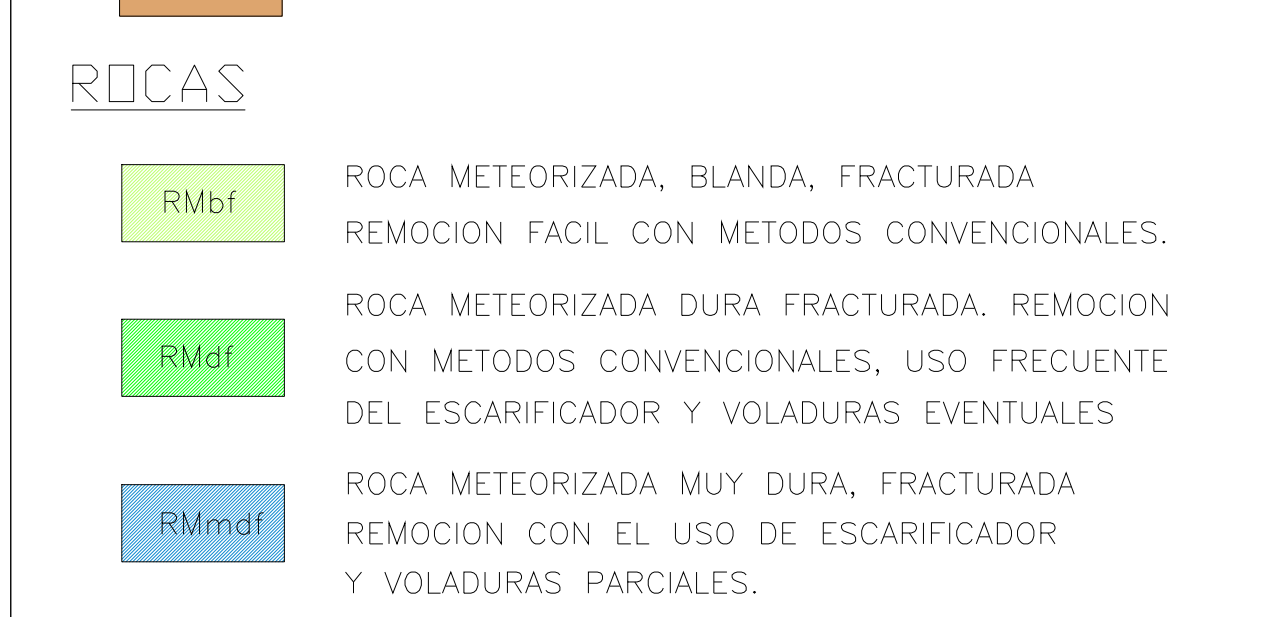
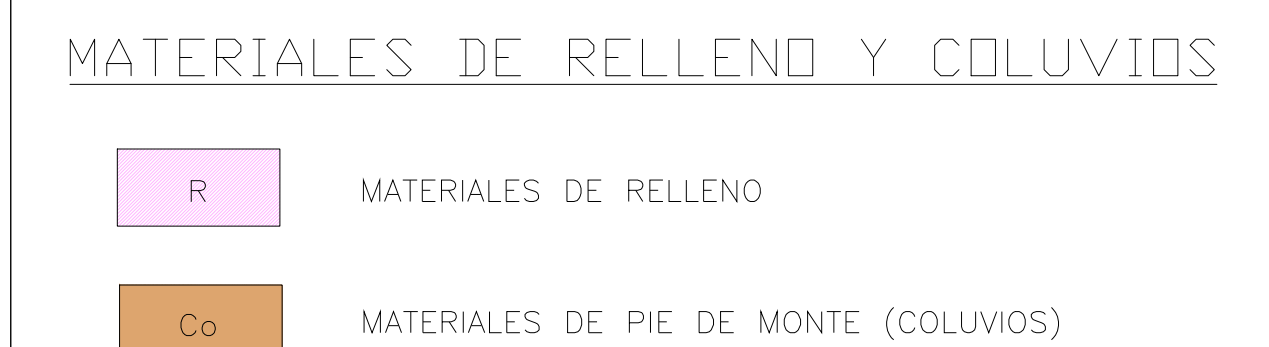
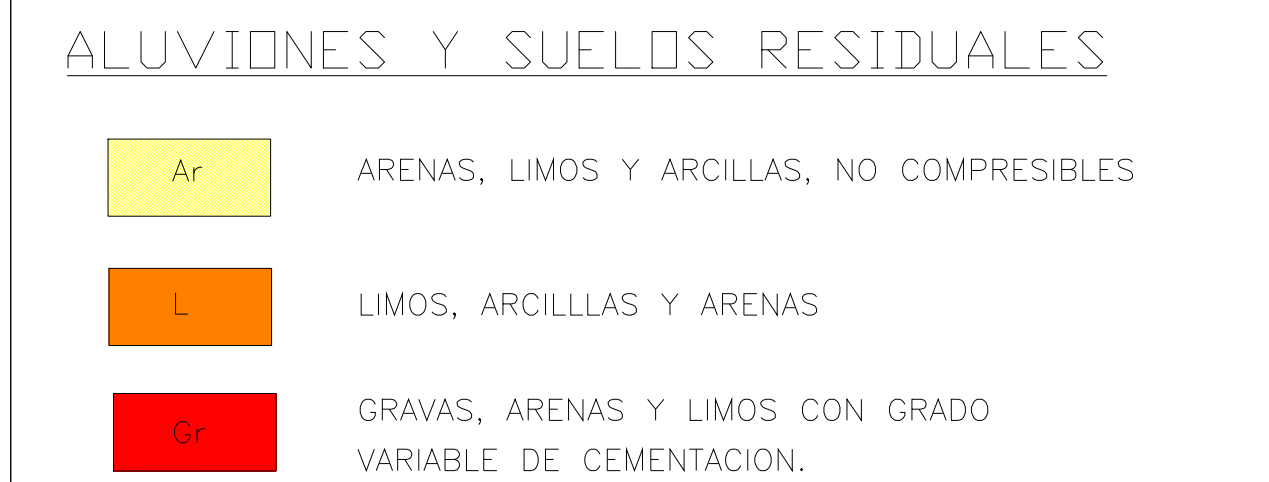
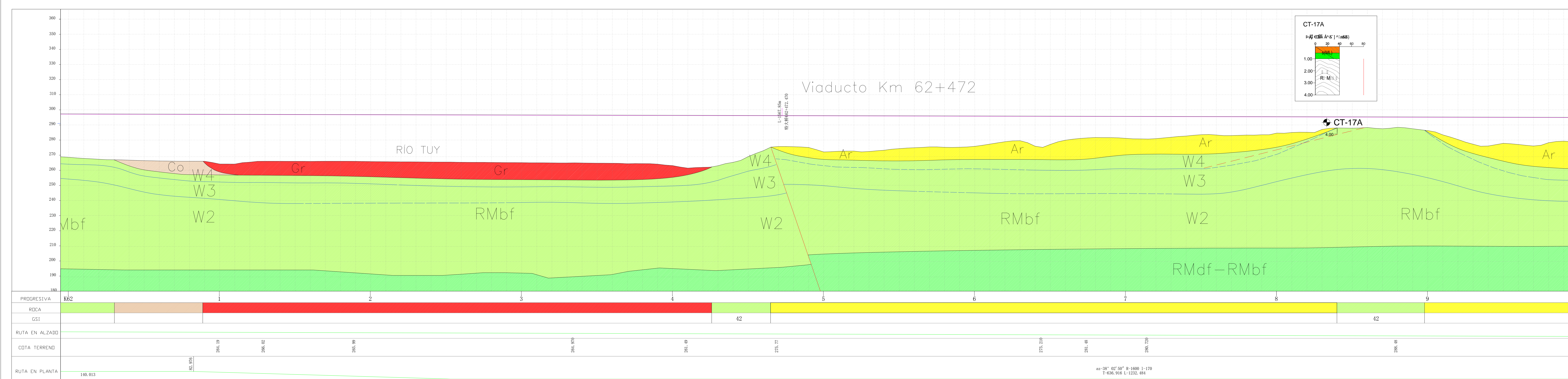
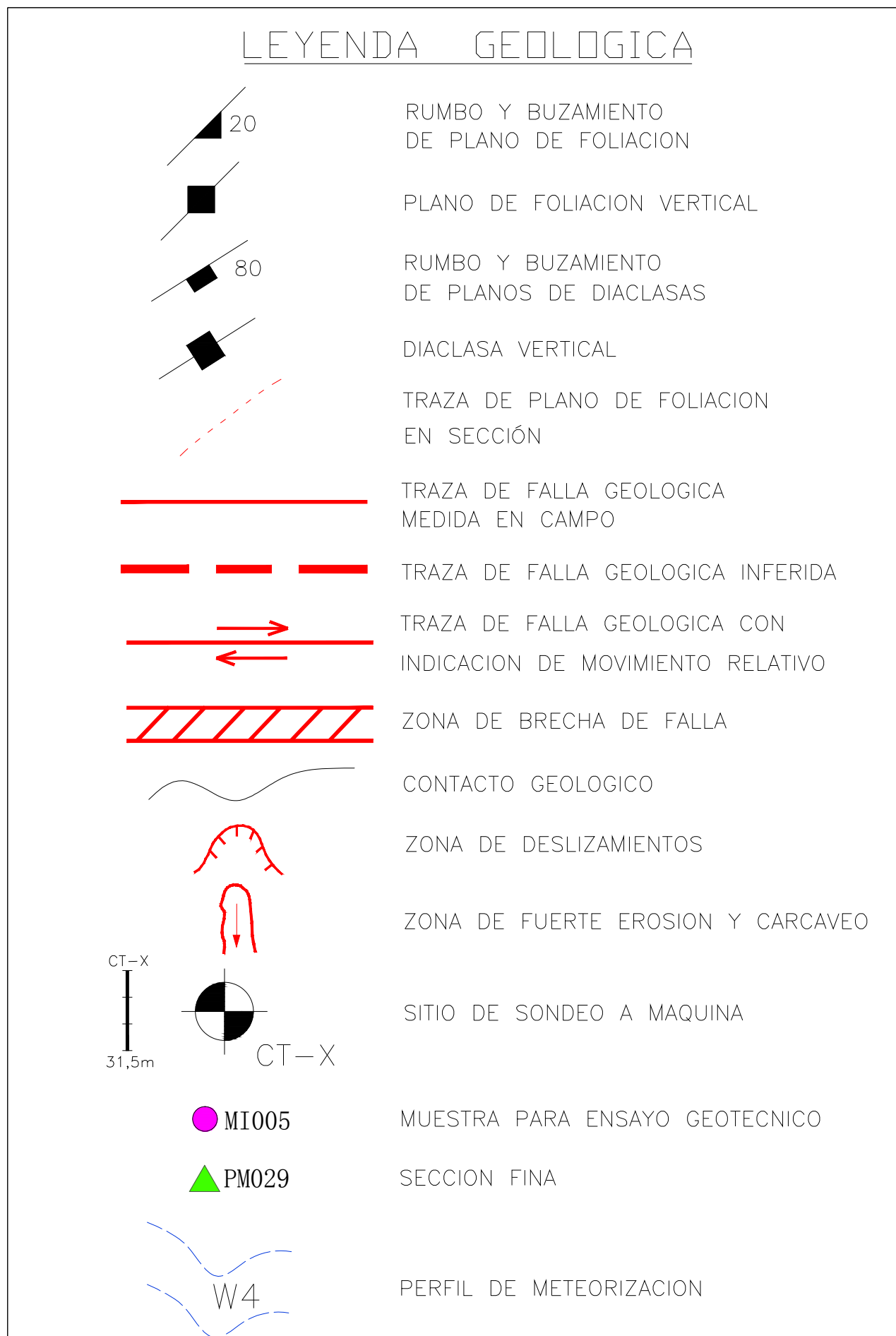
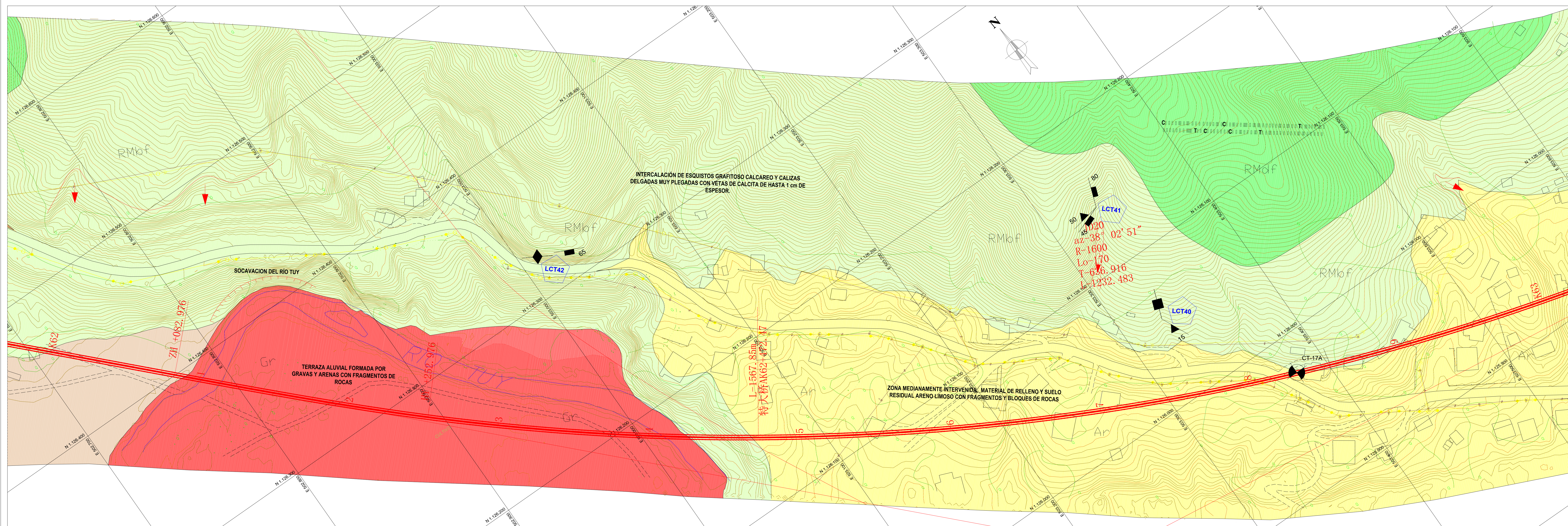


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΔΩΣ/ΟΔΟΛΟΓΙΑ/ΟΔΟΤΕΧΝΙΑ  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΡΓΕΝΤΙΝΗΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

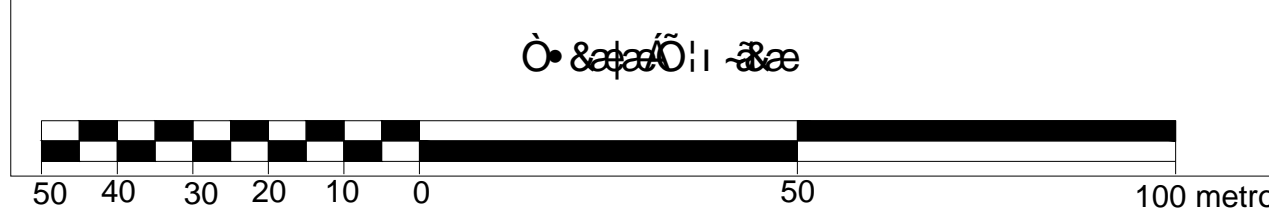
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 62+000 al Km. 63+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº I C P L G E O G R L 0 0 0 0 0 0 0 0 HOJA Nº 59/71



NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)









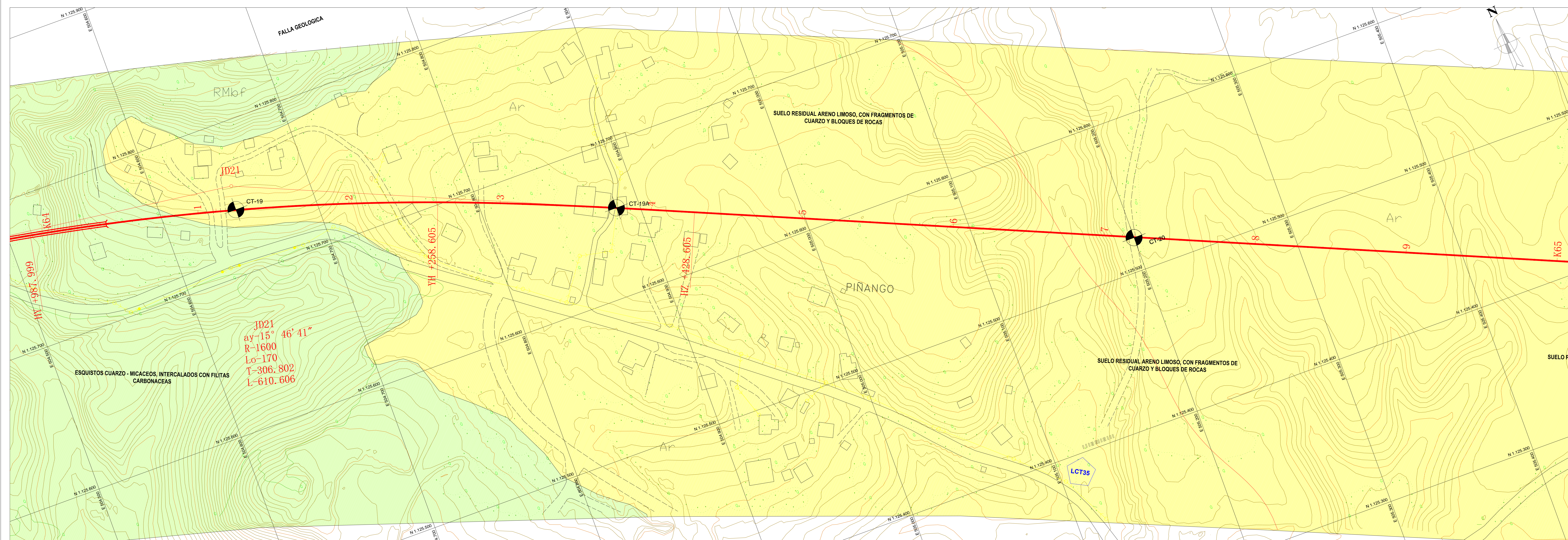


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CUA PROGRESIVA Km. 64+000 al Km. 65+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº 61/71  
 I C P L G E O G R L 0 0 0 0 0 0



- LEYENDA GEOLOGICA**
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
  - PLANO DE FOLIACION VERTICAL
  - RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
  - DIACLASA VERTICAL
  - TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
  - ZONA DE BRECHA DE FALLA
  - CONTACTO GEOLOGICO
  - ZONA DE DESLIZAMIENTOS
  - ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
  - SITIO DE SONDEO A MAQUINA
  - MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
  - SECCION FINA
  - PERFIL DE METEORIZACION

**ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES**

- ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
- LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
- GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.

**MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS**

- MATERIALES DE RELLENO
- MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)

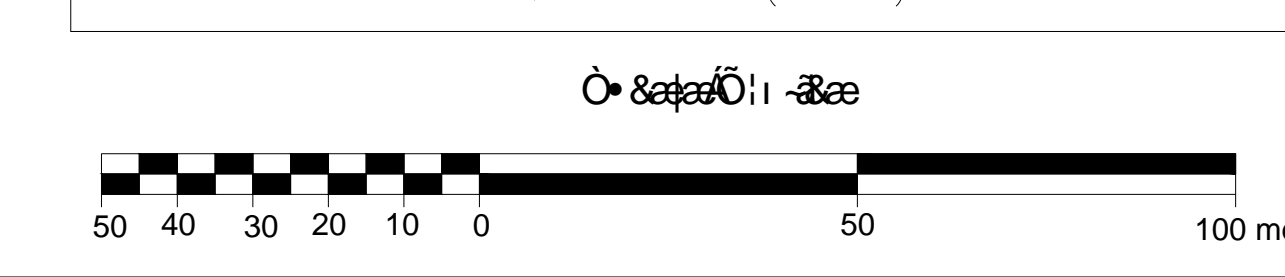
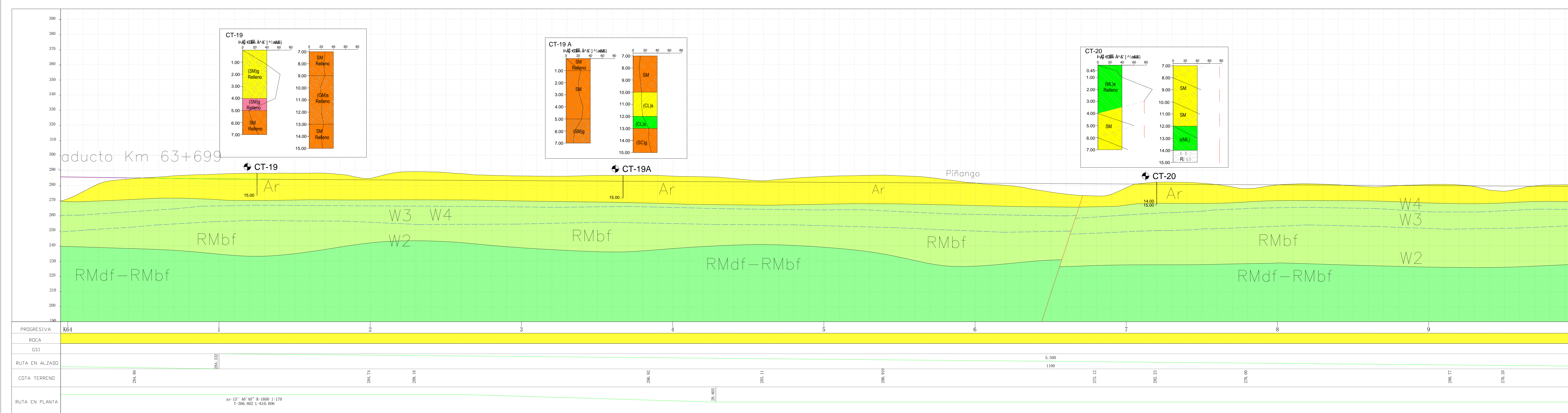
**ROCAS**

- ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
- ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
- ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.

**SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL**

- EJE DE PROYECTO
- Tínel (PLANTA)
- Viaducto (PLANTA)
- Tínel (PERFIL)
- Viaducto (PERFIL)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





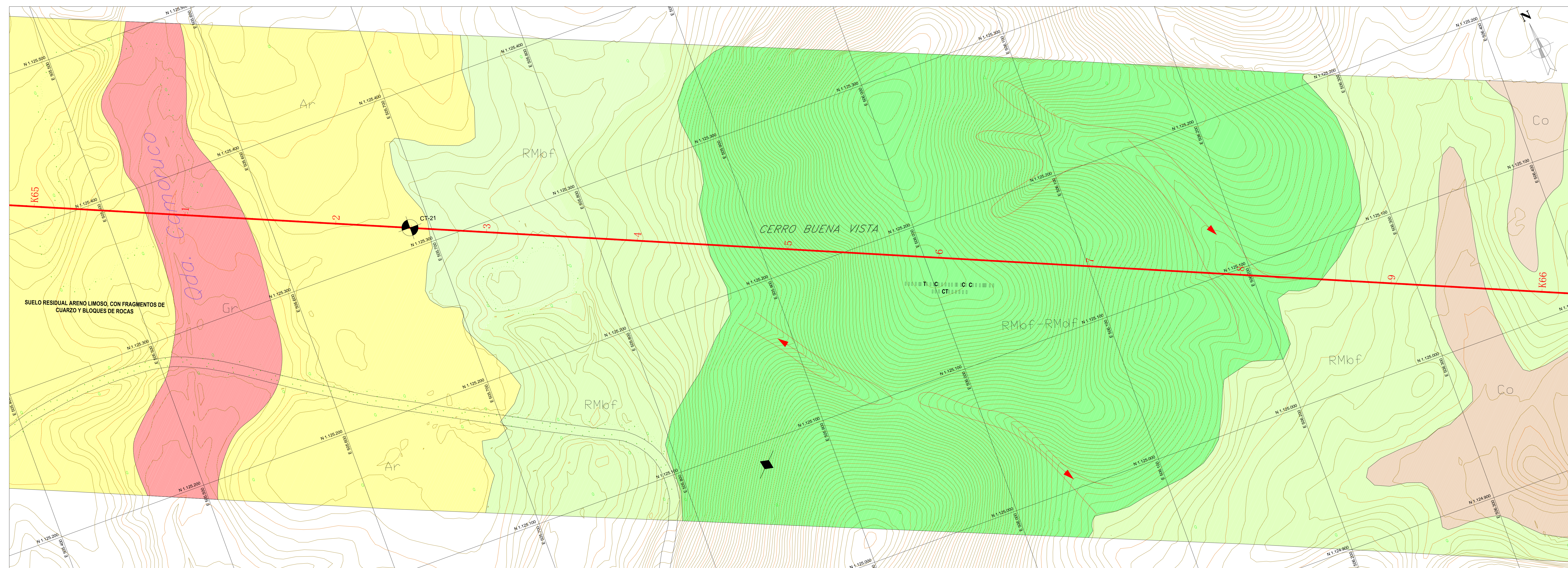


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΗΣ ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CUA PROGRESIVA Km. 65+000 al Km. 66+000  
 ESCALA 1:2000 PLANO N° 62/71  
 FECHA MARZO 2010 I C P L G E O G R L O 0 0 0 0 0 0



**LEYENDA GEOLOGICA**

- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
- PLANO DE FOLIACION VERTICAL
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
- DIACLASA VERTICAL
- TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
- ZONA DE BRECHA DE FALLA
- CONTACTO GEOLOGICO
- ZONA DE DESLIZAMIENTOS
- ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
- SITIO DE SONDEO A MAQUINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
- SECCION FINA
- PERFIL DE METEORIZACION

**ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES**

- Ar ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
- L LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
- Gr GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.

**MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS**

- R MATERIALES DE RELLENO
- Co MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)

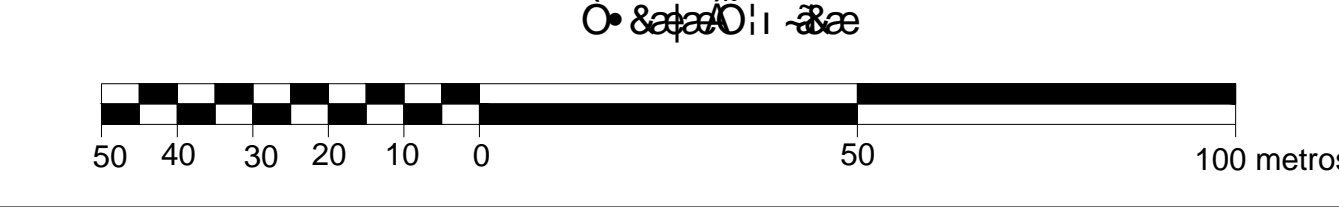
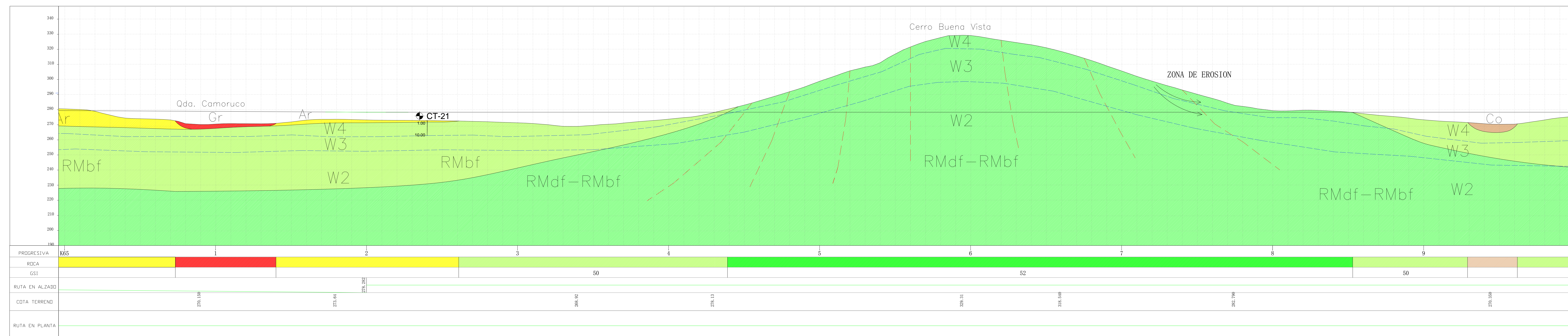
**ROCAS**

- RMbf ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
- RMdf ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
- RMmdf ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.

**SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERRICARRIL**

- EJE DE PROYECTO
- Tñel (PLANTA)
- Viaducto (PLANTA)
- Tñel (PERFIL)
- Viaducto (PERFIL)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





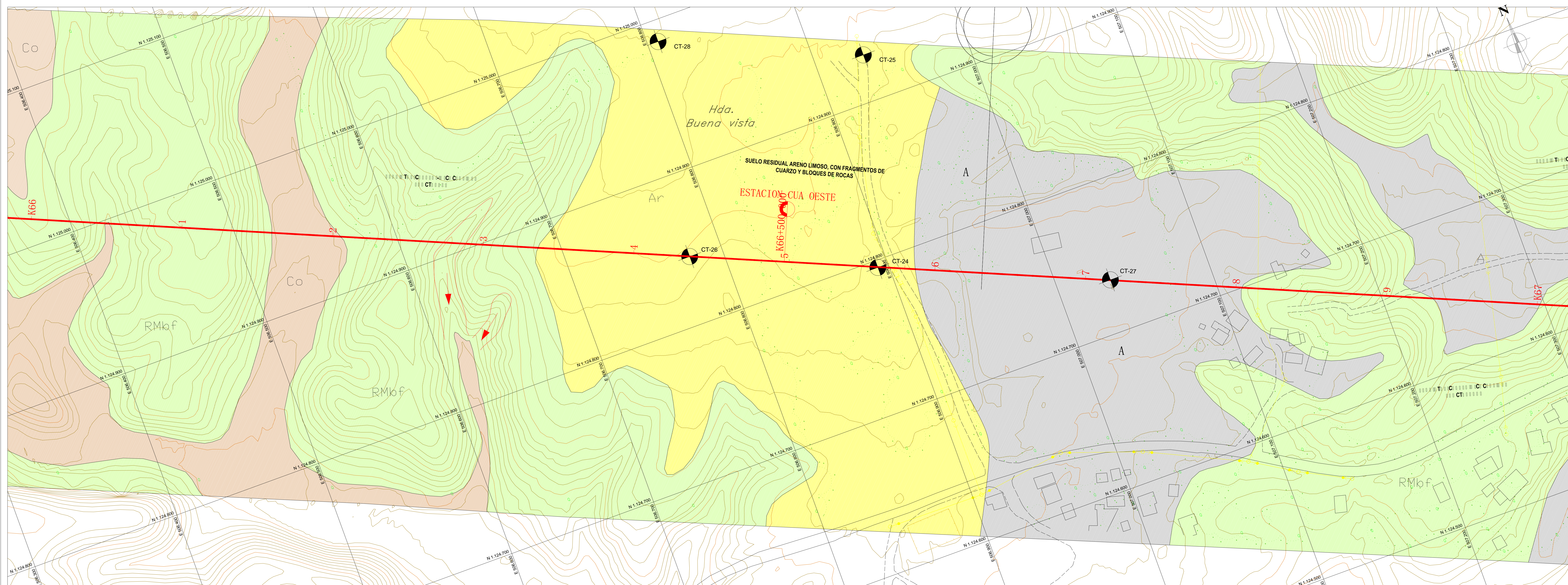


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΗΣ ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 66+000 al Km. 67+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº 63/71



### LEYENDA GEOLOGICA

- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
- PLANO DE FOLIACION VERTICAL
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
- DIACLASA VERTICAL
- TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
- ZONA DE BRECHA DE FALLA
- CONTACTO GEOLOGICO
- ZONA DE DESLIZAMIENTOS
- ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
- SITIO DE SONDEO A MAQUINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO M1005
- SECCION FINA PM029
- PERFIL DE METEORIZACION W4

### ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES

- ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
- LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
- GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.

### MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS

- MATERIALES DE RELLENO
- MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)

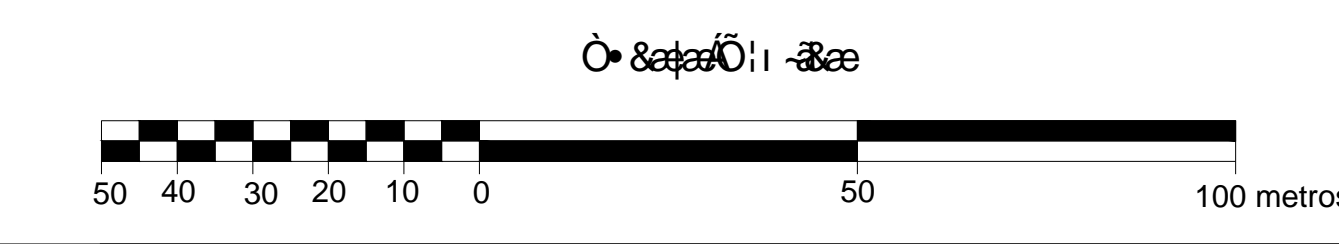
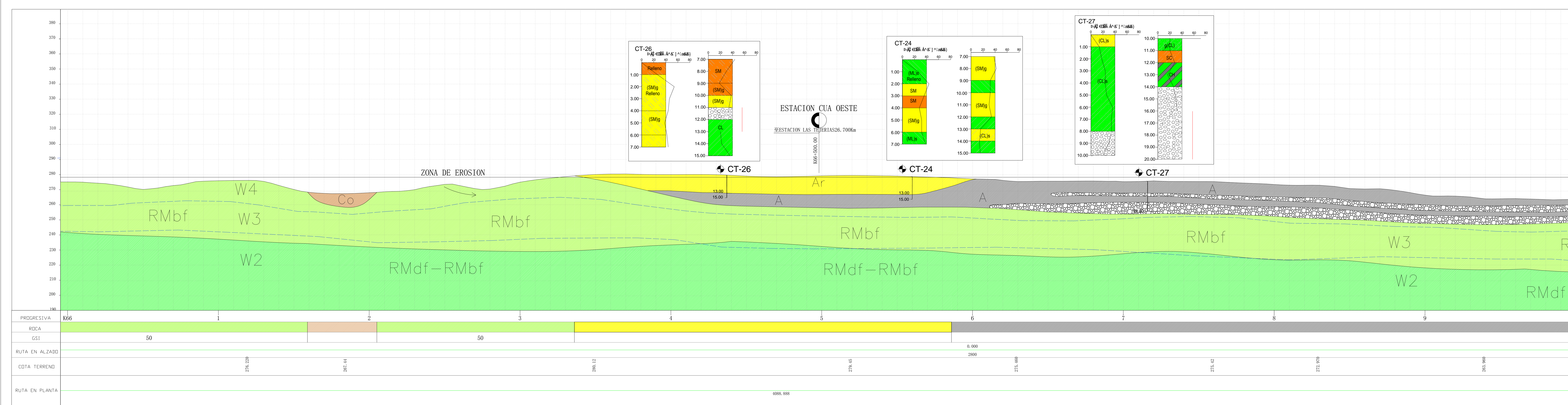
### ROCAS

- ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
- ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
- ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.

### SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL

- EJE DE PROYECTO
- Tñel (PLANTA)
- Viaducto (PERFIL)
- Tñel (PERFIL)
- Viaducto (PLANTA)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)







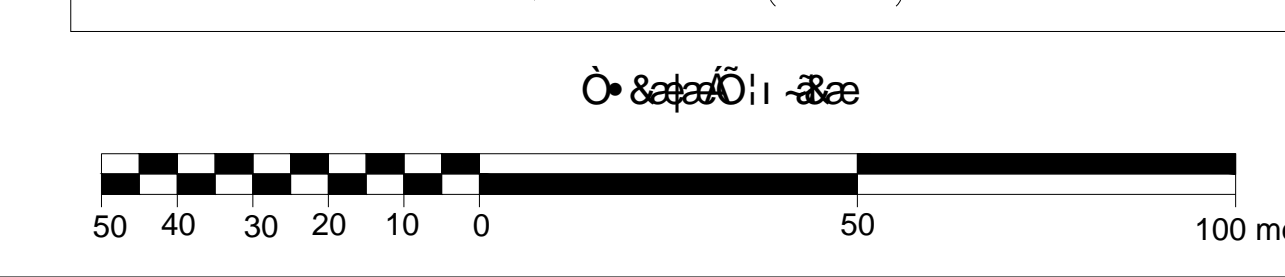
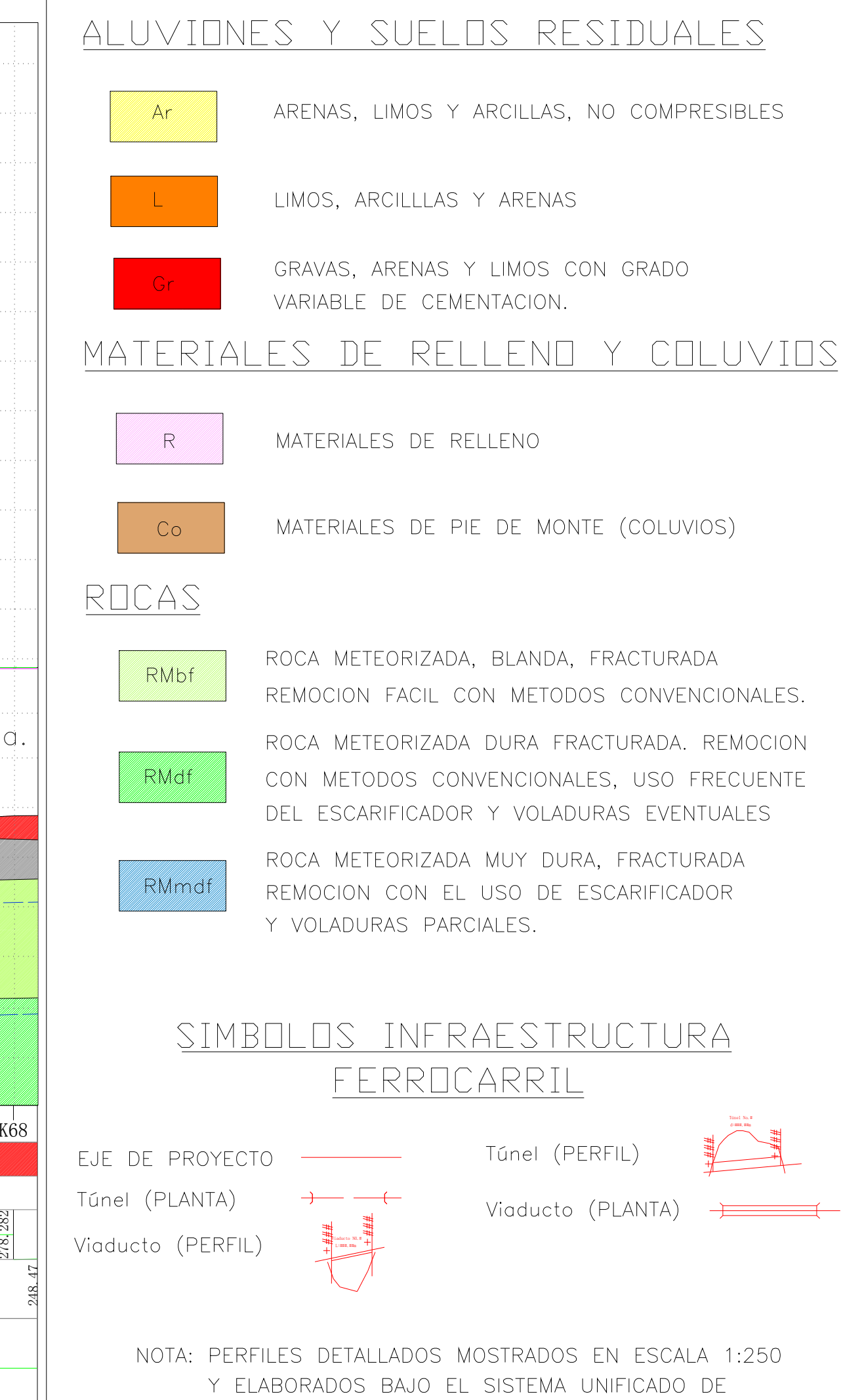
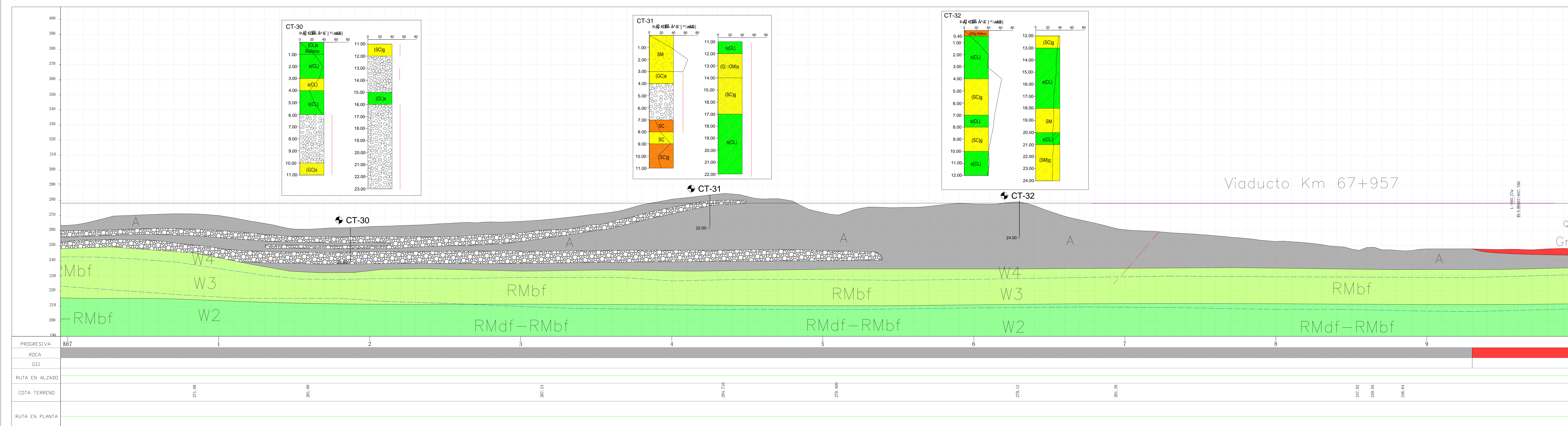
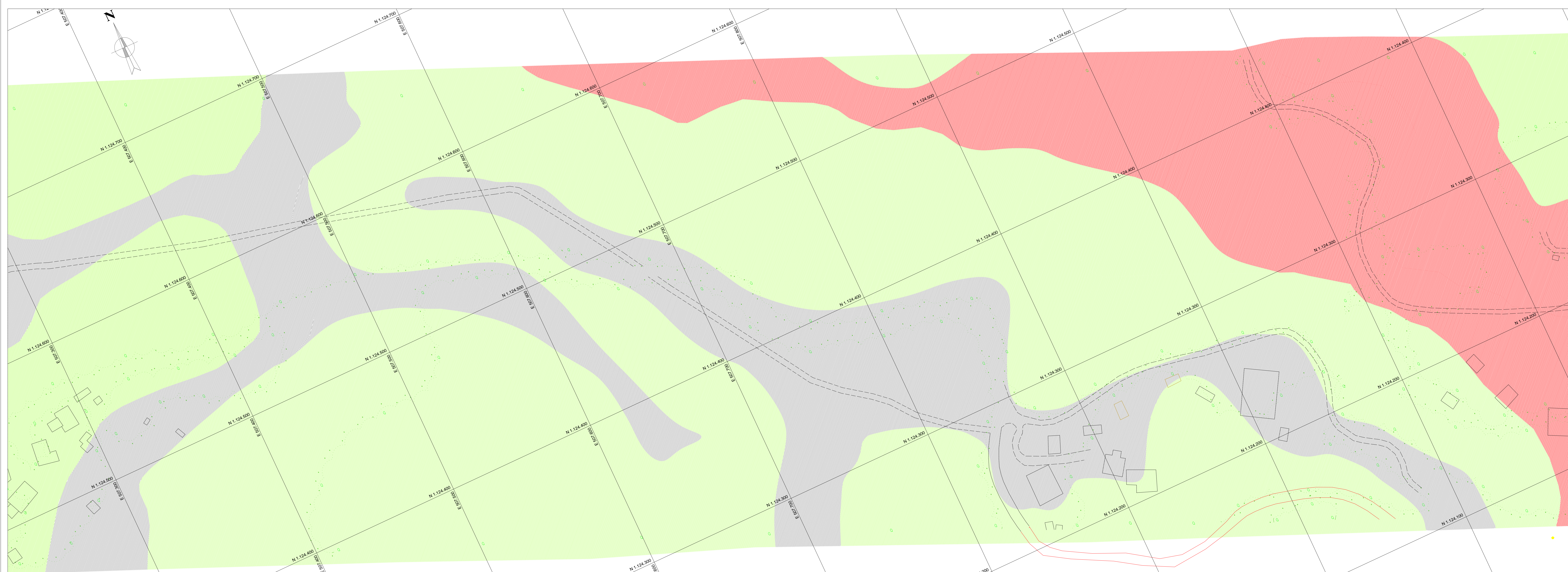
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y PETRÓLEO  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CUA PROGRESIVA Km. 67+000 al Km. 68+000

FECHA: MARZO 2010 ESCALA: 1:2000 PLANO N°: I C P L G E O G R L 0 0 0 0 0 0 0 0 HOJA N°: 64/71













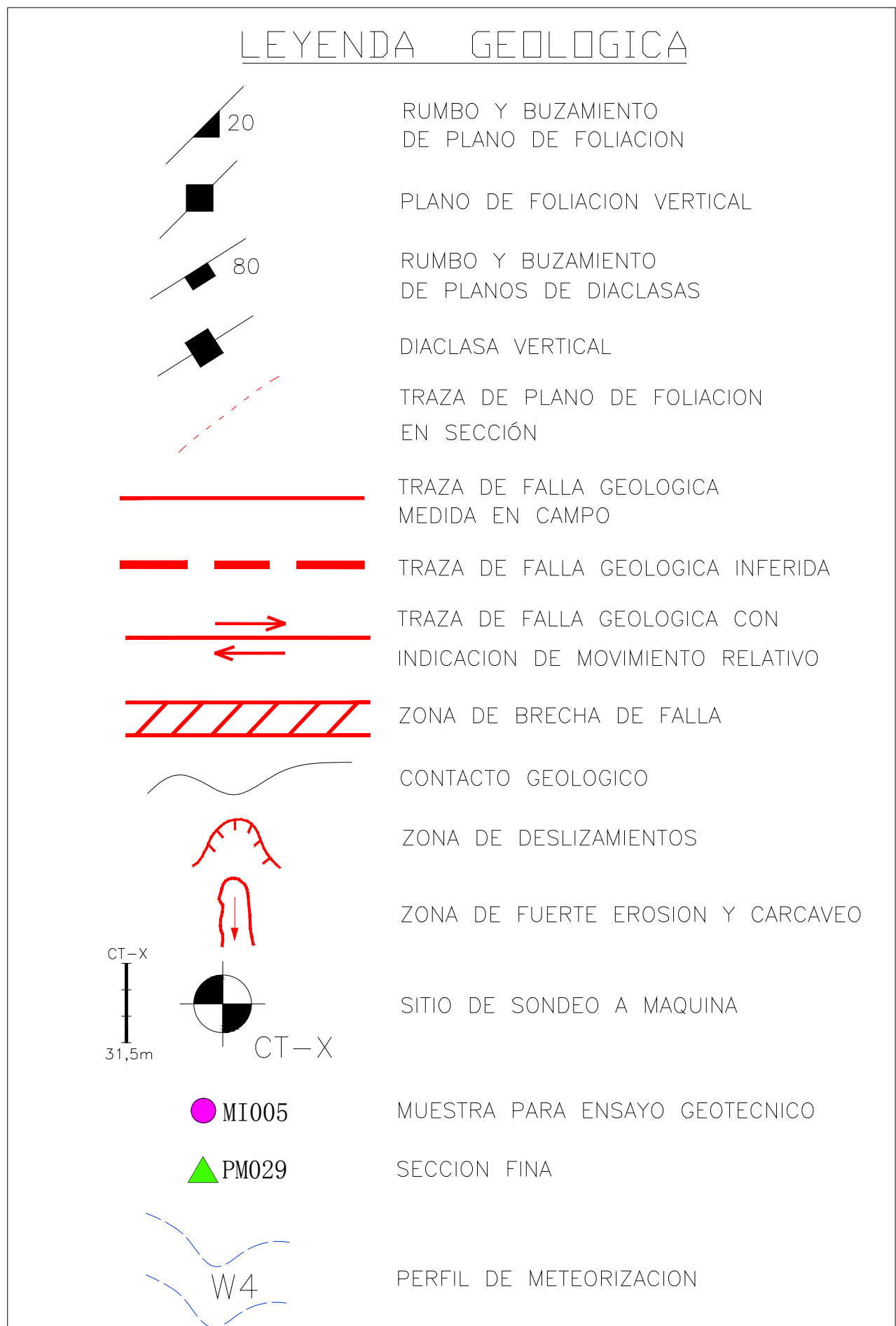
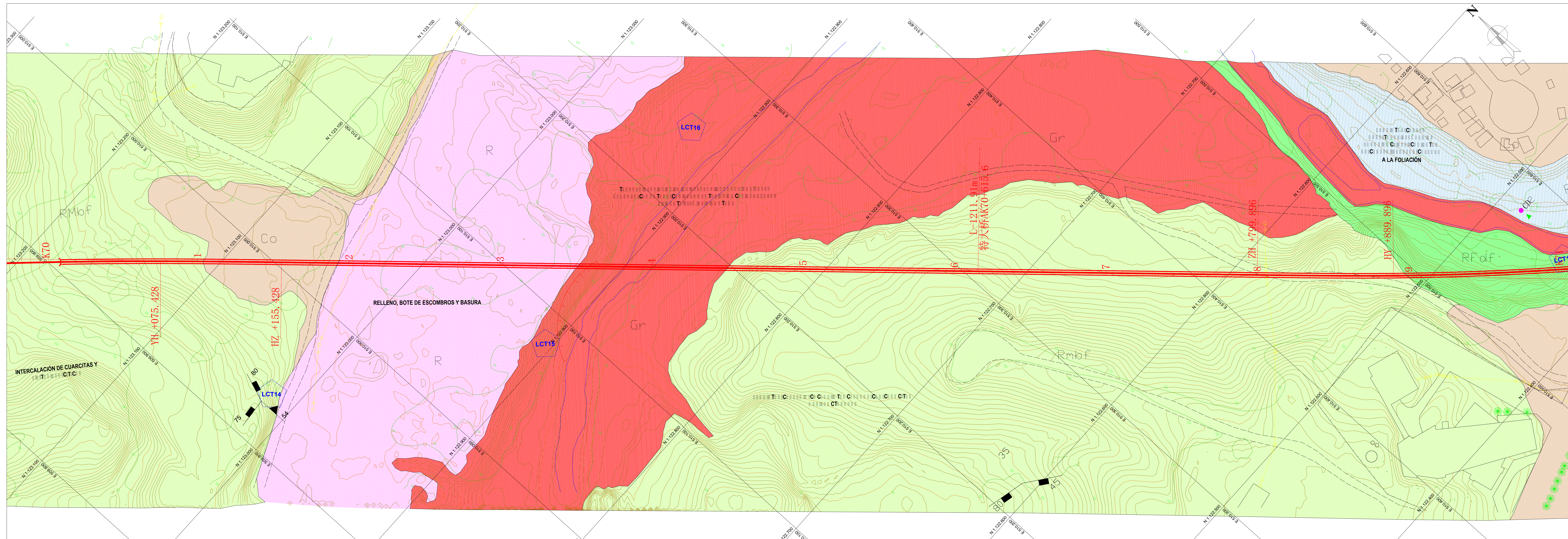


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

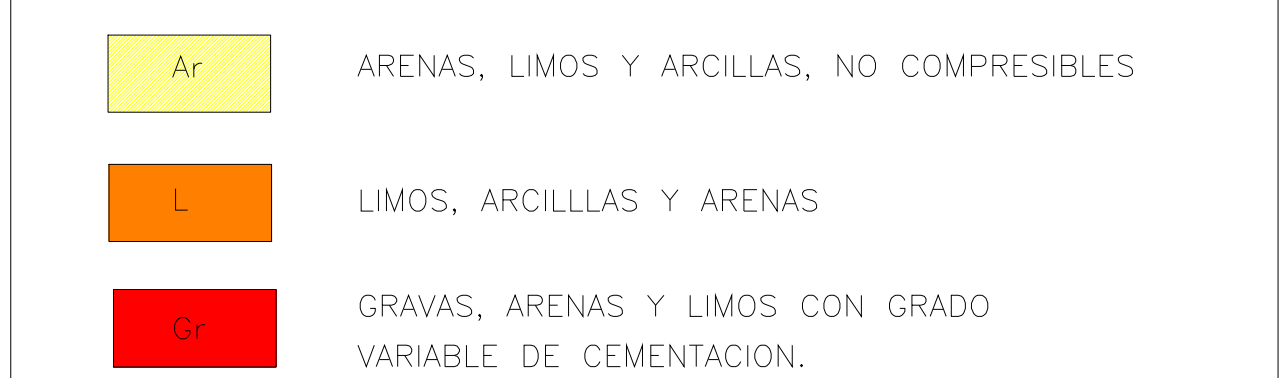
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

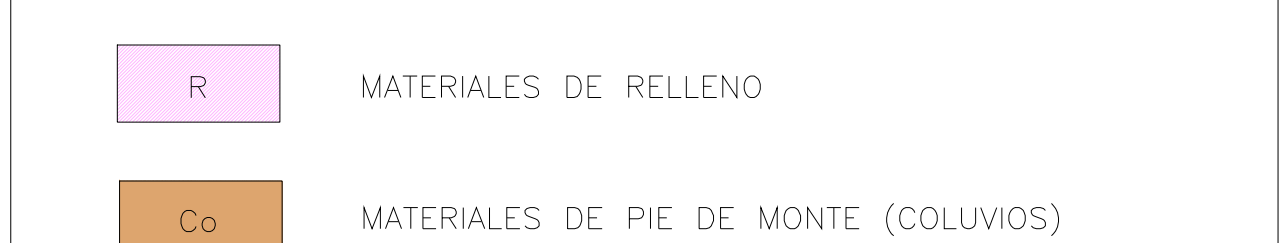
TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUJADA - CUA PROGRESIVA Km. 70+000 al Km. 71+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº I C P L G E O G R L O 0 0 0 0 0 0 HOJA Nº 67/71



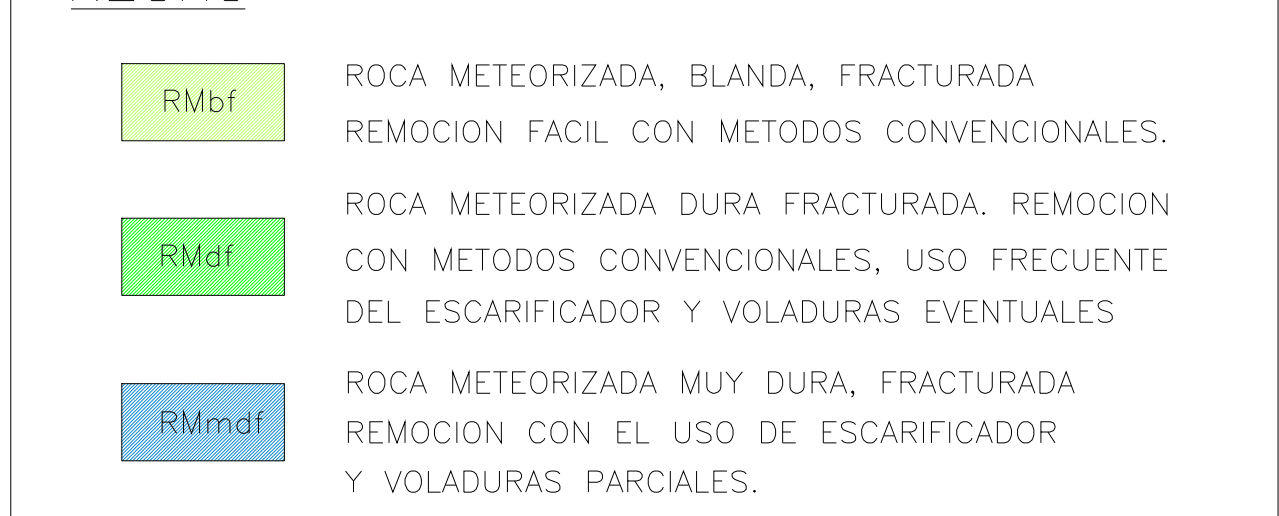
ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES



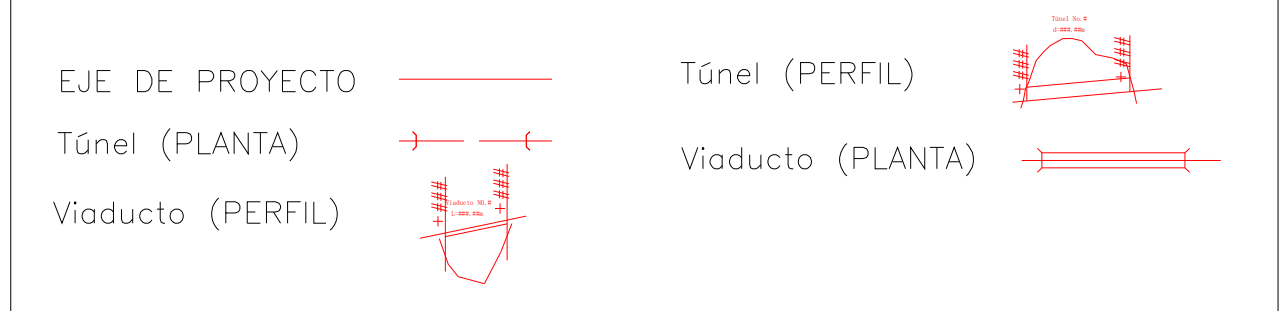
MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS



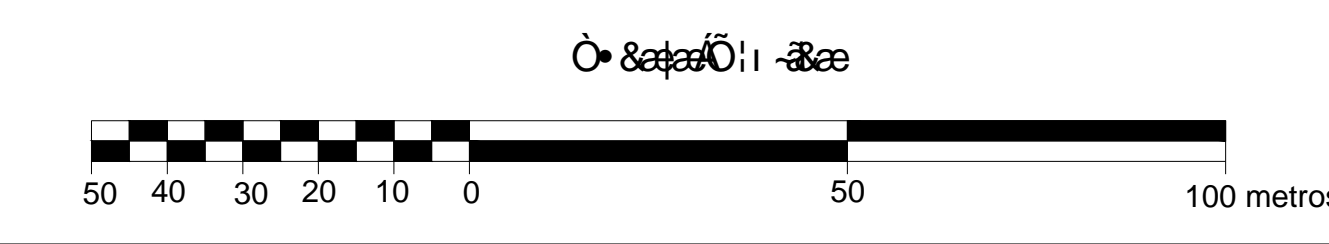
ROCAS



SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL



NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





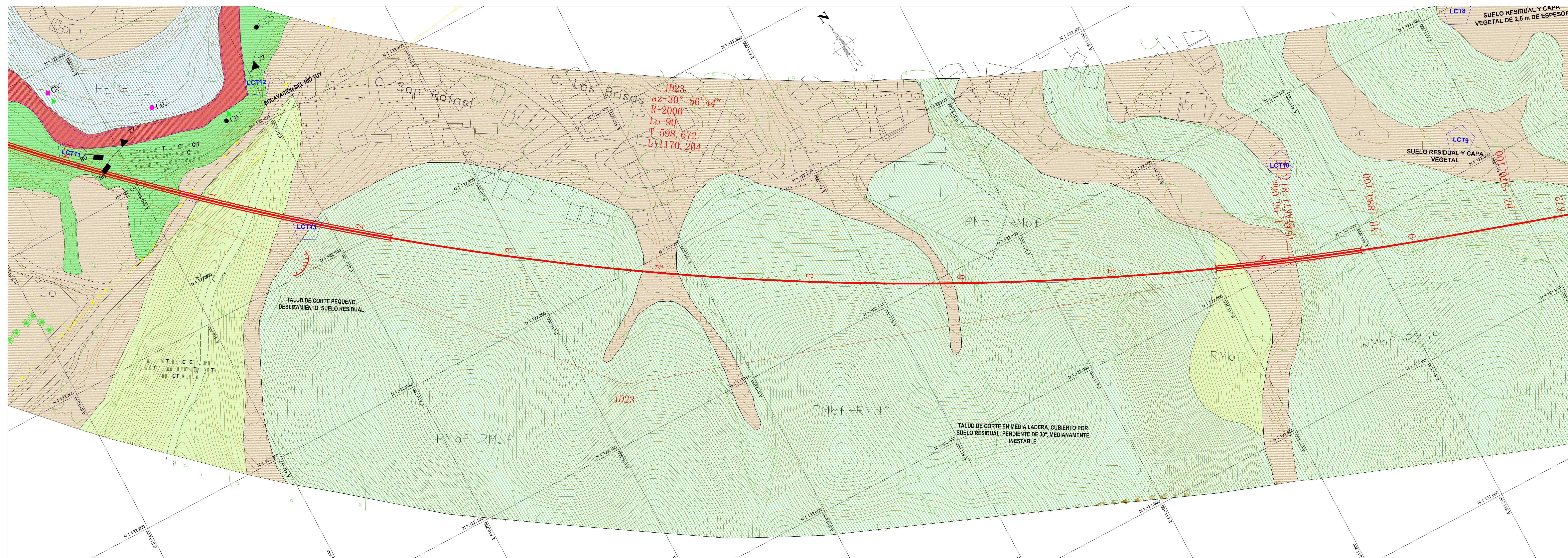


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

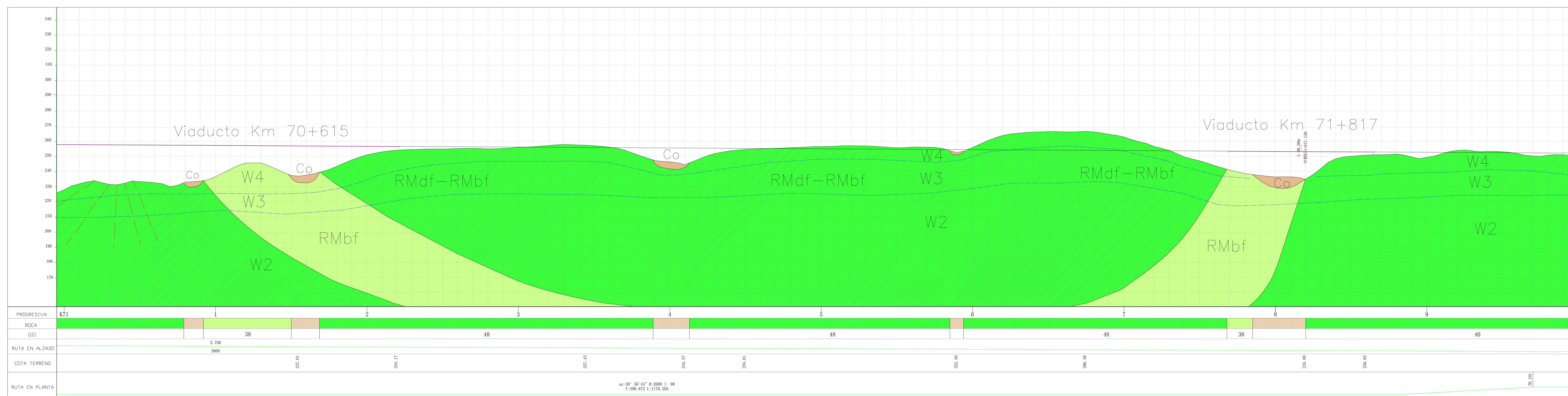
REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 71+000 al Km. 72+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº I C P L G E O G R L 0 0 0 0 0 0 0 0 HOJA Nº 68/71



**LEYENDA GEOLOGICA**

- 20 RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
- 80 PLANO DE FOLIACION VERTICAL
- 80 RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
- 80 DIACLASA VERTICAL
- TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
- ZONA DE BRECHA DE FALLA
- CONTACTO GEOLOGICO
- ZONA DE DESLIZAMIENTOS
- ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
- SITIO DE SONDEO A MAQUINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
- SECCION FINA
- PERFIL DE METEORIZACION



**ALUVIDOS Y SUELOS RESIDUALES**

- Ar ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
- L LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
- G GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.

**MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS**

- R MATERIALES DE RELLENO
- Co MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)

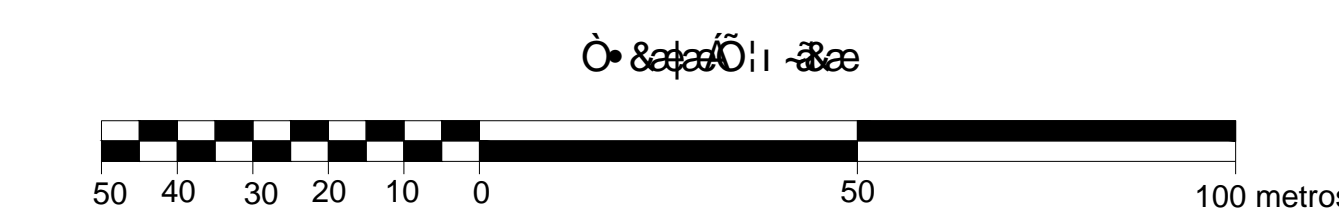
**ROCAS**

- RMbf ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
- RMdf ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
- RMdfm ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.

**SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL**

- EJE DE PROYECTO
- Tonel (PLANTA)
- Viaducto (PERFIL)
- Tonel (PERFIL)
- Viaducto (PLANTA)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S)





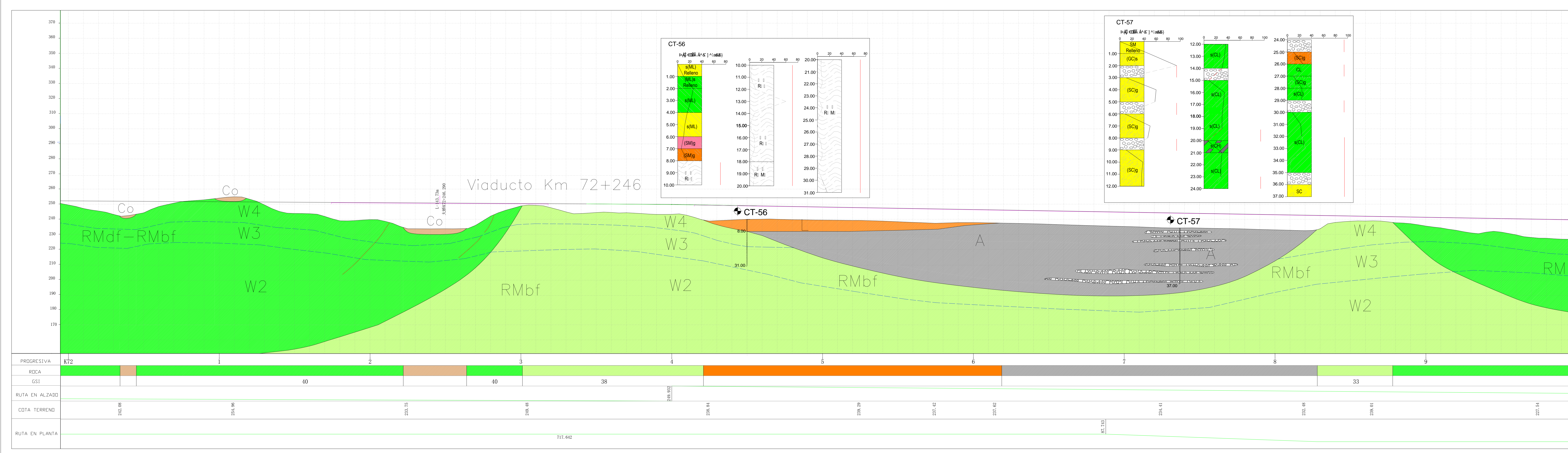
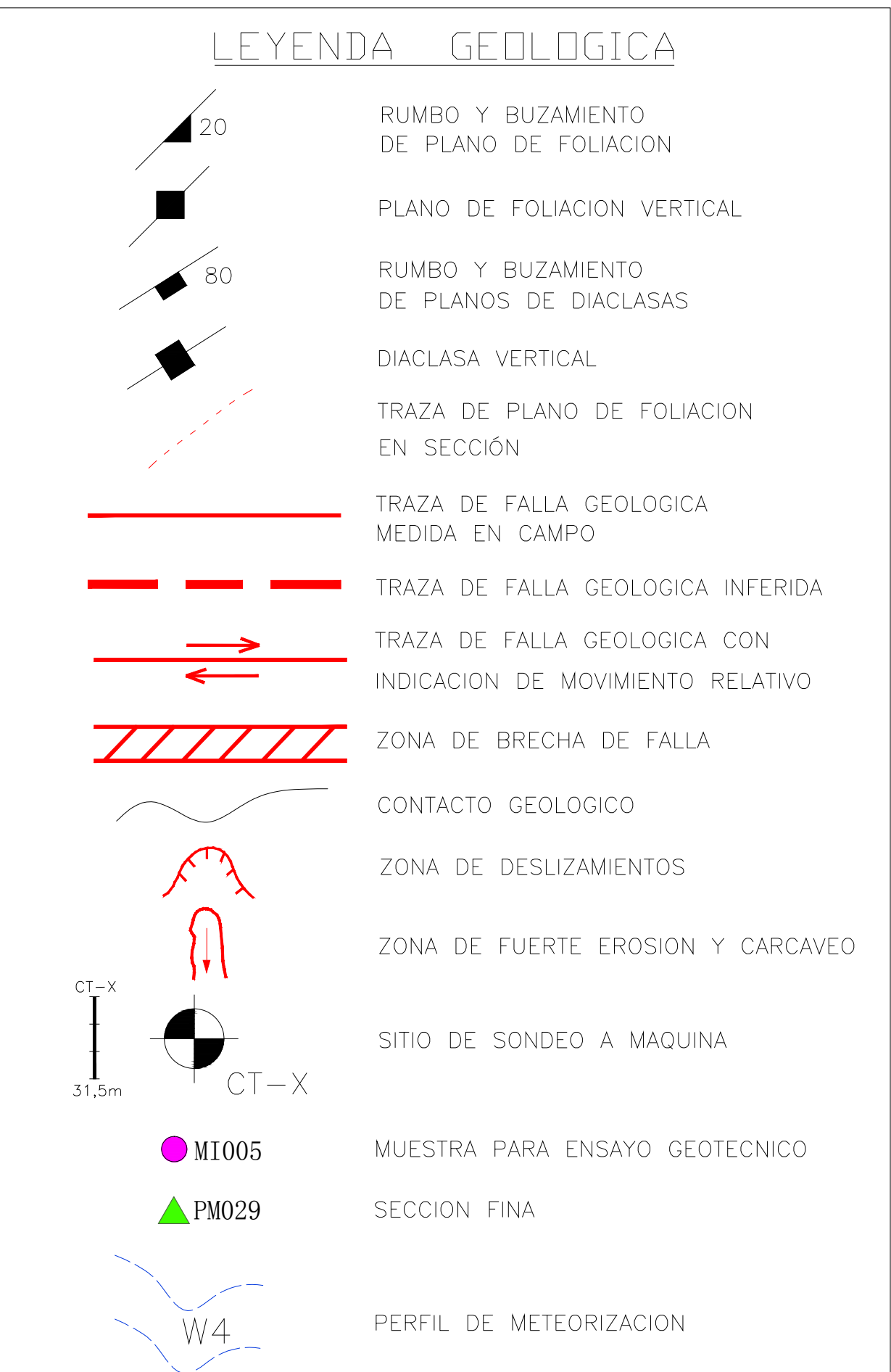
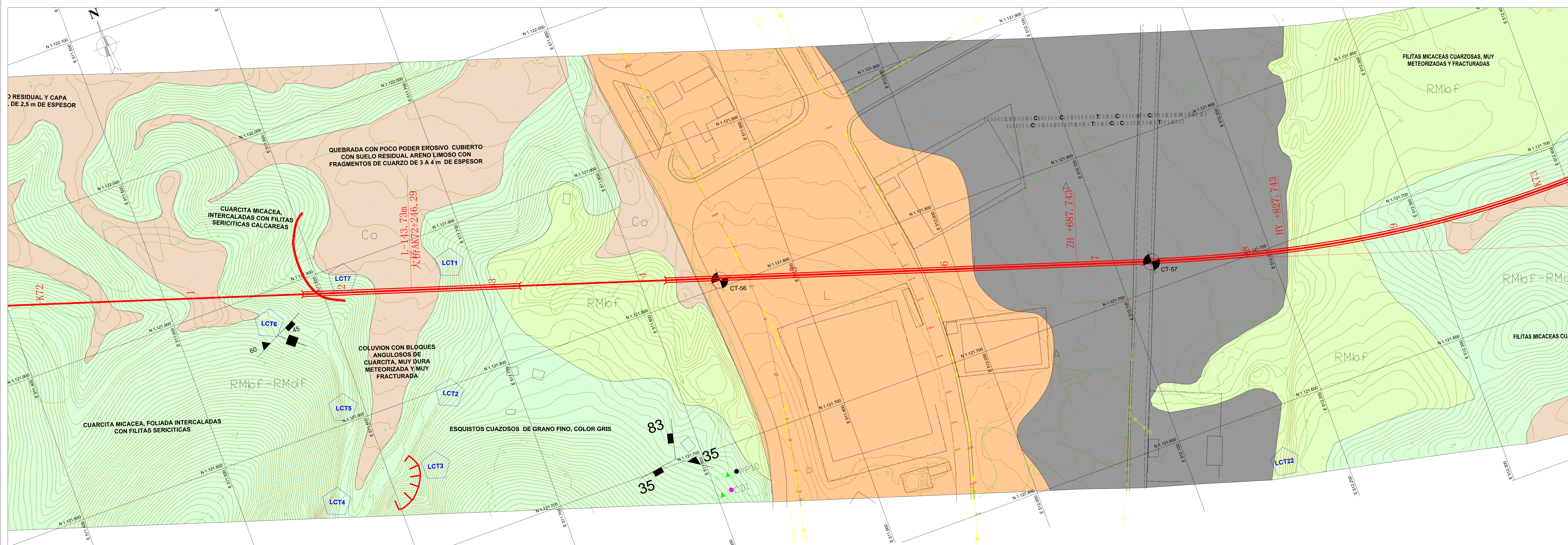


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΗΣ ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

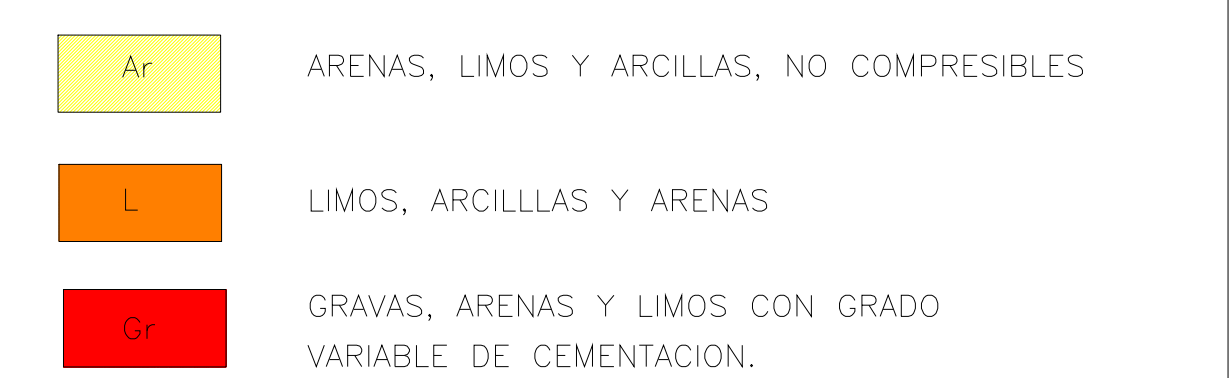
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

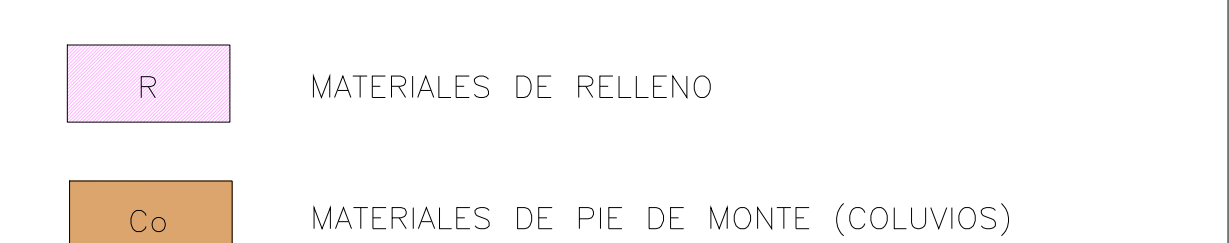
TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 72+000 al Km. 73+000  
 ESCALA PLANO Y SECCION 1:2000 HOJA N.º 69/71



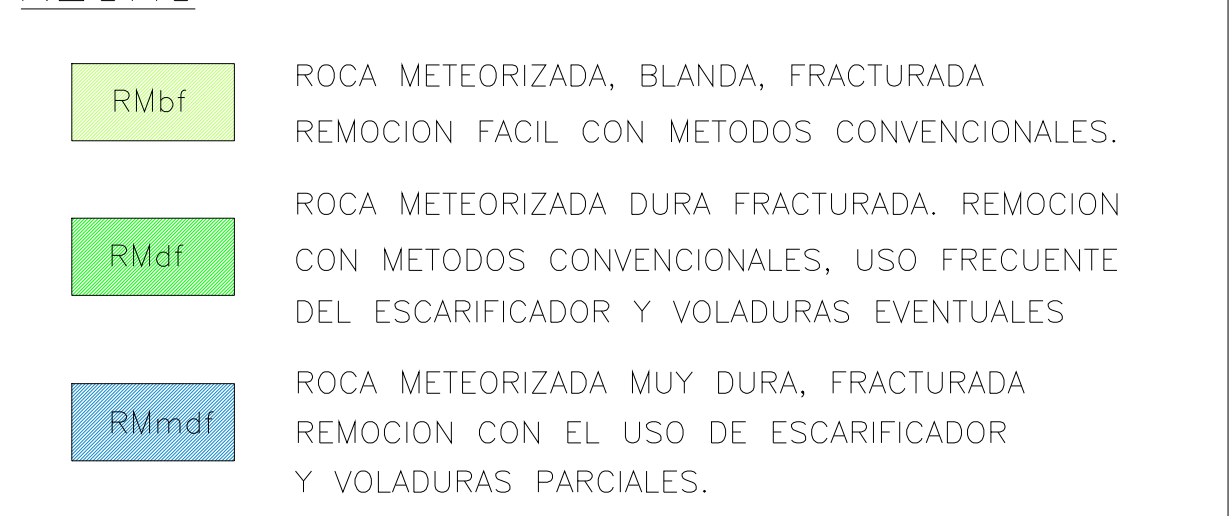
ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES



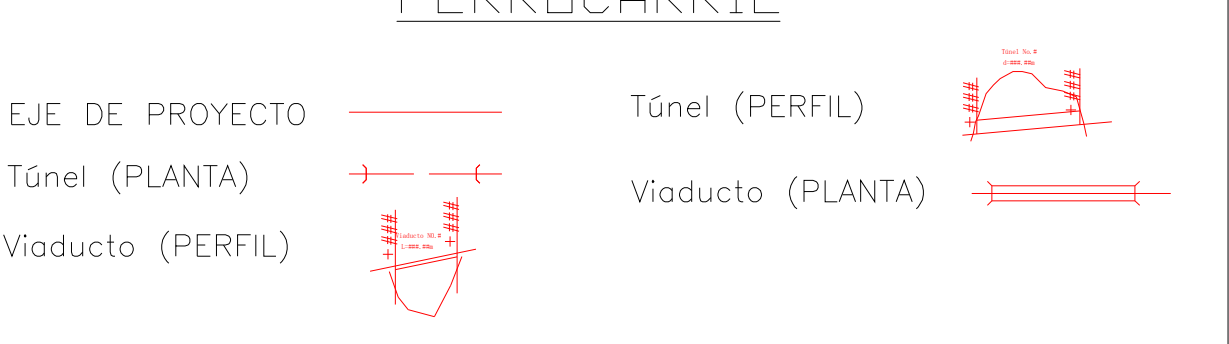
MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS



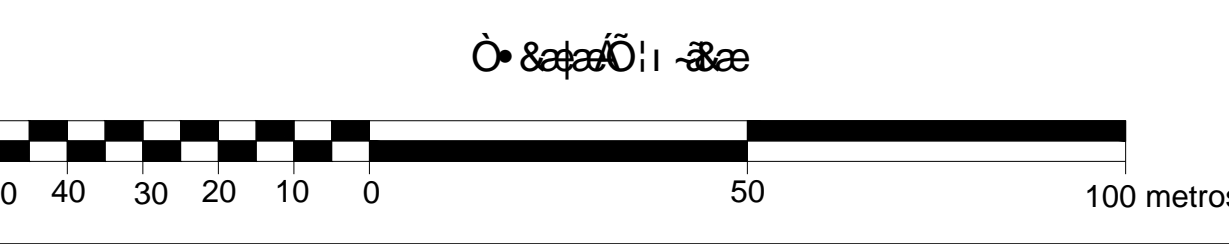
ROCAS



SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL



NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)





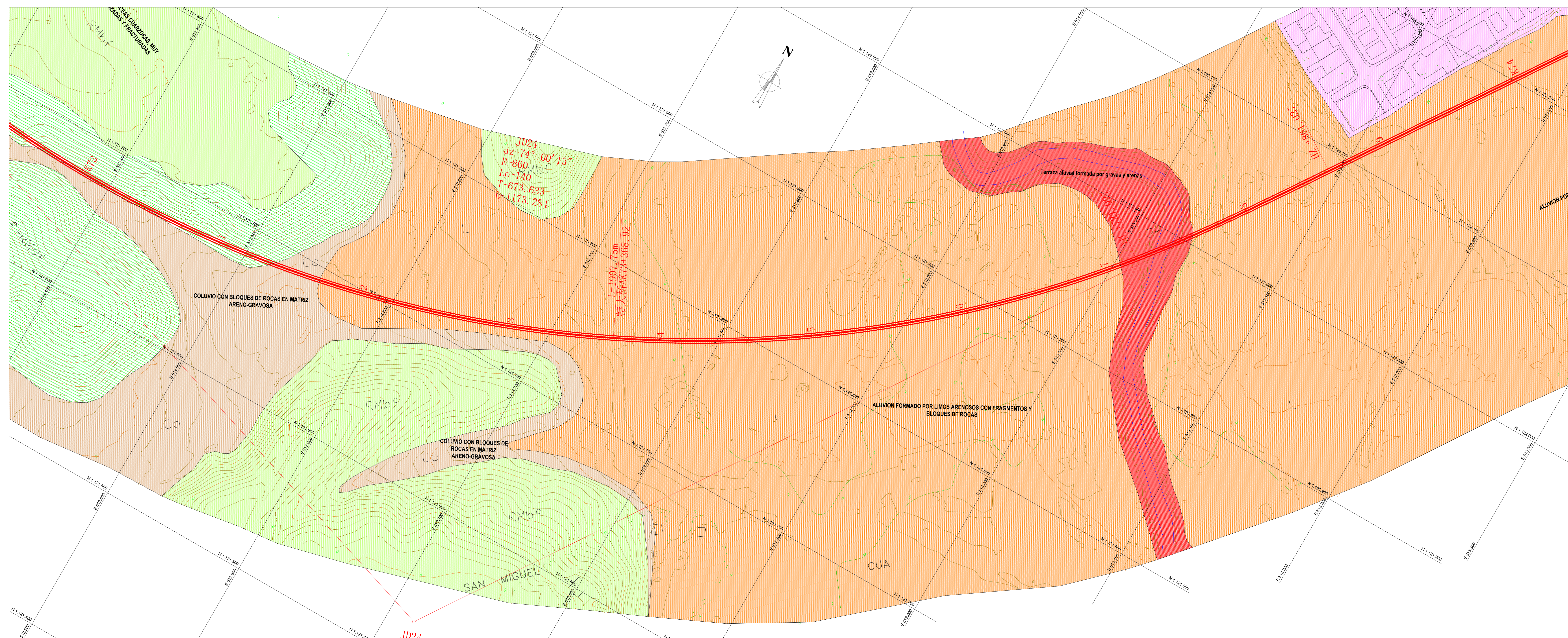


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΗΣ ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CUA PROGRESIVA Km. 73+000 al Km. 74+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº 70/71



### LEYENDA GEOLOGICA

- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
- PLANO DE FOLIACION VERTICAL
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
- DIACLASA VERTICAL
- TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
- ZONA DE BRECHA DE FALLA
- CONTACTO GEOLOGICO
- ZONA DE DESLIZAMIENTOS
- ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
- SITIO DE SONDEO A MAQUINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO SECCION FINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO SECCION FINA
- PERFIL DE METEORIZACION

### ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES

- ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
- LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
- GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.

### MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS

- MATERIALES DE RELLENO
- MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)

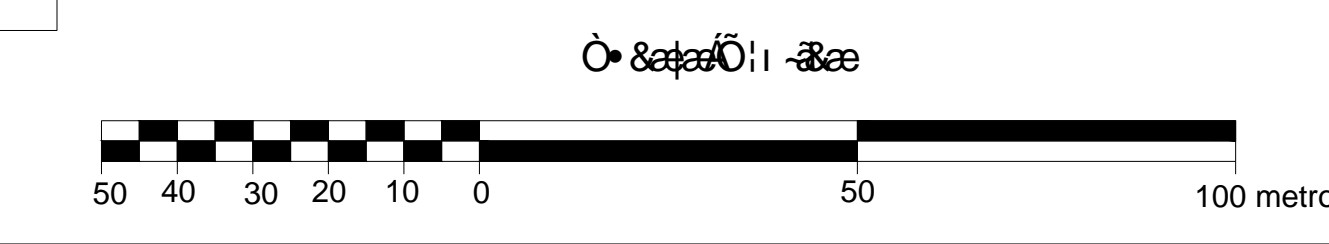
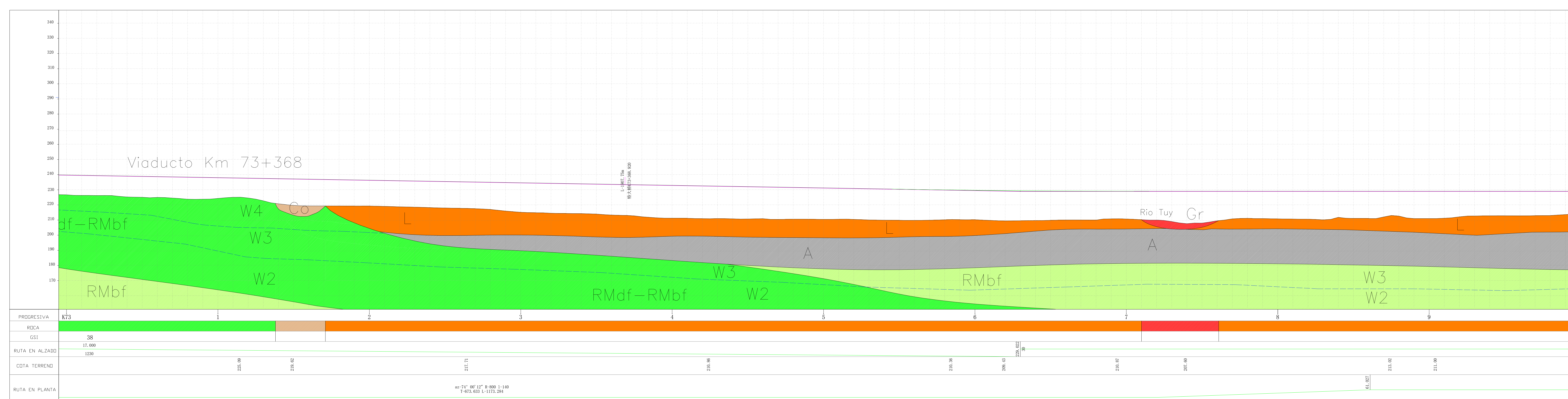
### ROCAS

- ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
- ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
- ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.

### SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL

- EJE DE PROYECTO
- Tñel (PLANTA)
- Viaducto (PERFIL)
- Tñel (PERFIL)
- Viaducto (PLANTA)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)





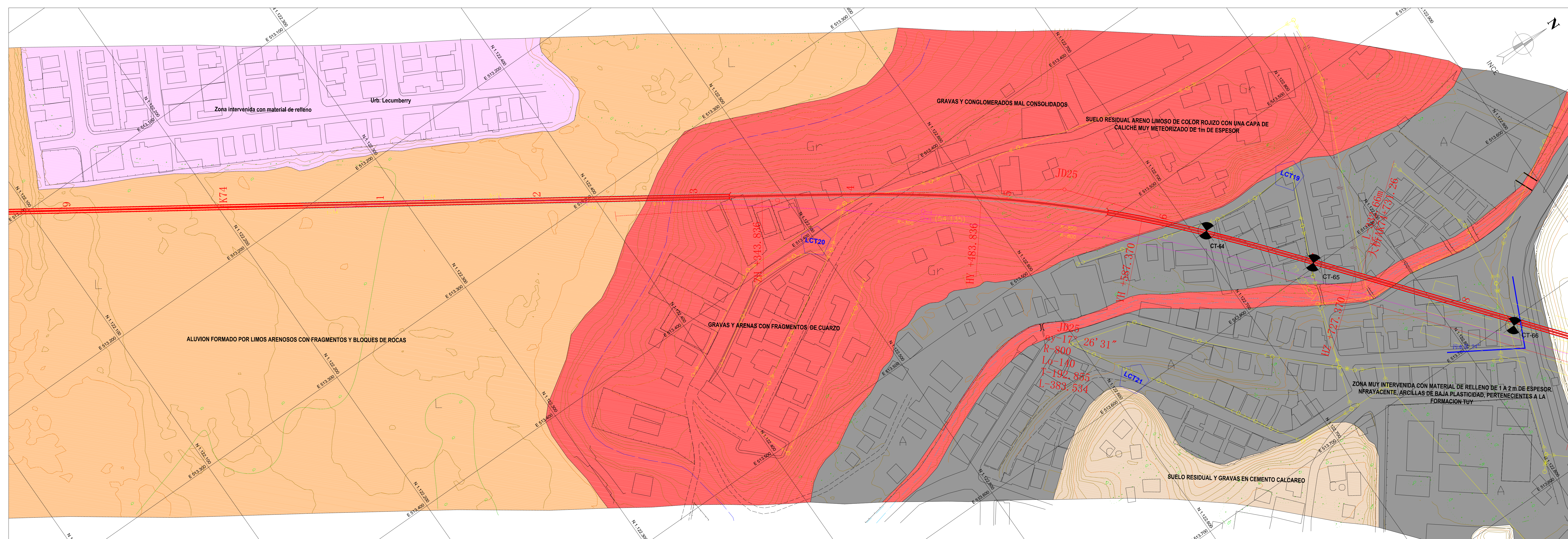


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΗΣ ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINERO, ARMANDO

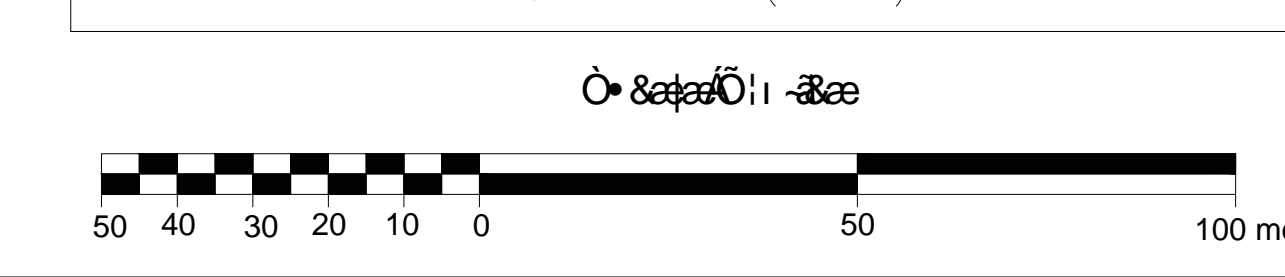
TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA	PROGRESIVA Km. 74+000 al Km. 74+850
FECHA MARZO 2010	ESCALA 1:2000
PLANO N° I C P L G E O G R L 0 0 0 0 0 0	HOU N° 71/71



- LEYENDA GEOLOGICA**
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
  - PLANO DE FOLIACION VERTICAL
  - RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
  - DIACLASA VERTICAL
  - TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
  - ZONA DE BRECHA DE FALLA
  - CONTACTO GEOLOGICO
  - ZONA DE DESLIZAMIENTOS
  - ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
  - SITIO DE SONDEO A MAQUINA
  - MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
  - SECCION FINA
  - PERFIL DE METEORIZACION



- ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES**
- ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
  - LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
  - GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.
- MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS**
- MATERIALES DE RELLENO
  - MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)
- ROCAS**
- ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
  - ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
  - ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.
- SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL**
- EJE DE PROYECTO
  - TÚNEL (PLANTA)
  - VIADUCTO (PERFIL)
  - TÚNEL (PERFIL)
  - VIADUCTO (PLANTA)
- NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)









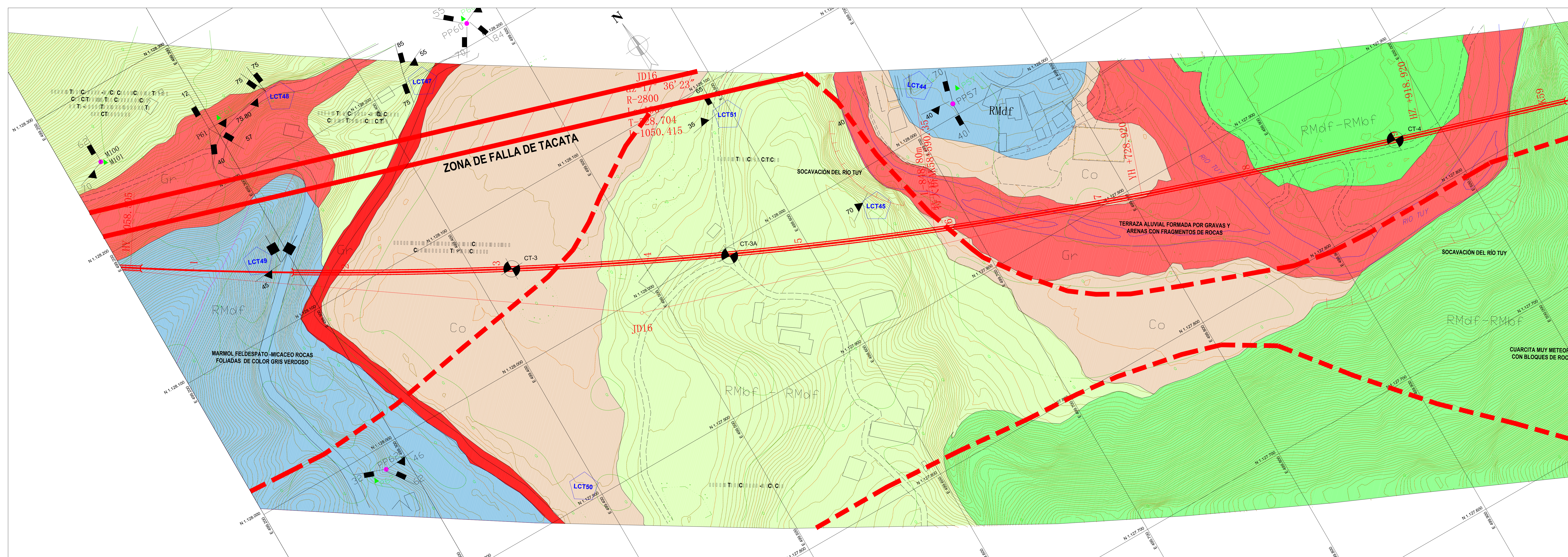


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΕΝΔΕΥΟΔΟΟΠΟΥ Ε  
 ΟΥΝΟΣΟΟΟΥΣΟ ΟΕ ΡΕΑΥ/ΔΟΥ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

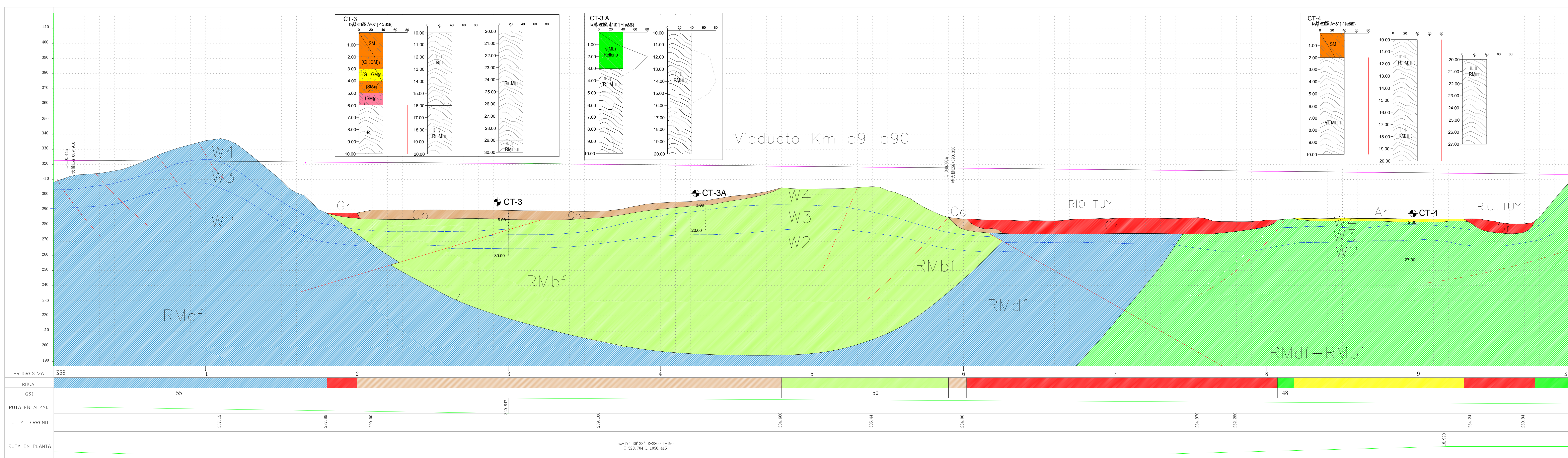
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADÉMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADÉMICO: DIAZ, ARMANDO

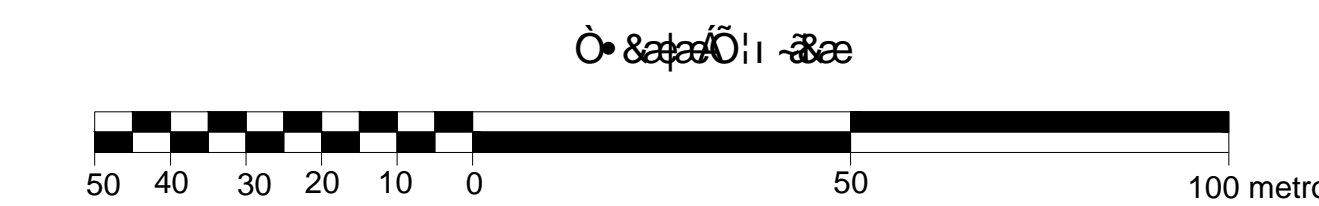
TRAMO FERROVIARIO	LA ENCRUCIJADA - CUA	PROGRESIVA	Km. 58+000 al Km. 59+000
FECHA	ESCALA	PLANO N°	HOJA N°
MARZO 2010	1:2000	ICPLGEOGRLO000000	59/71



- LEYENDA GEOLOGICA**
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
  - PLANO DE FOLIACION VERTICAL
  - RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
  - DIACLASA VERTICAL
  - TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
  - ZONA DE BRECHA DE FALLA
  - CONTACTO GEOLOGICO
  - ZONA DE DESLIZAMIENTOS
  - ZONA DE FUERTE EROSION Y CARVEADO
  - SITIO DE SONDEO A MAQUINA
  - MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO M1005
  - SECCION FINA PM029
  - PERFIL DE METEORIZACION W4
  - PUNTOS DE OBSERVACION LCT49



- ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES**
- ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
  - LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
  - GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.
- MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS**
- MATERIALES DE RELLENO
  - MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)
- ROCAS**
- ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA. REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
  - ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA. REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
  - ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA. REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.
- SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL**
- Túnel (PERFIL)
  - Túnel (PLANTA)
  - Viaducto (PERFIL)
  - Viaducto (PLANTA)
- NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)









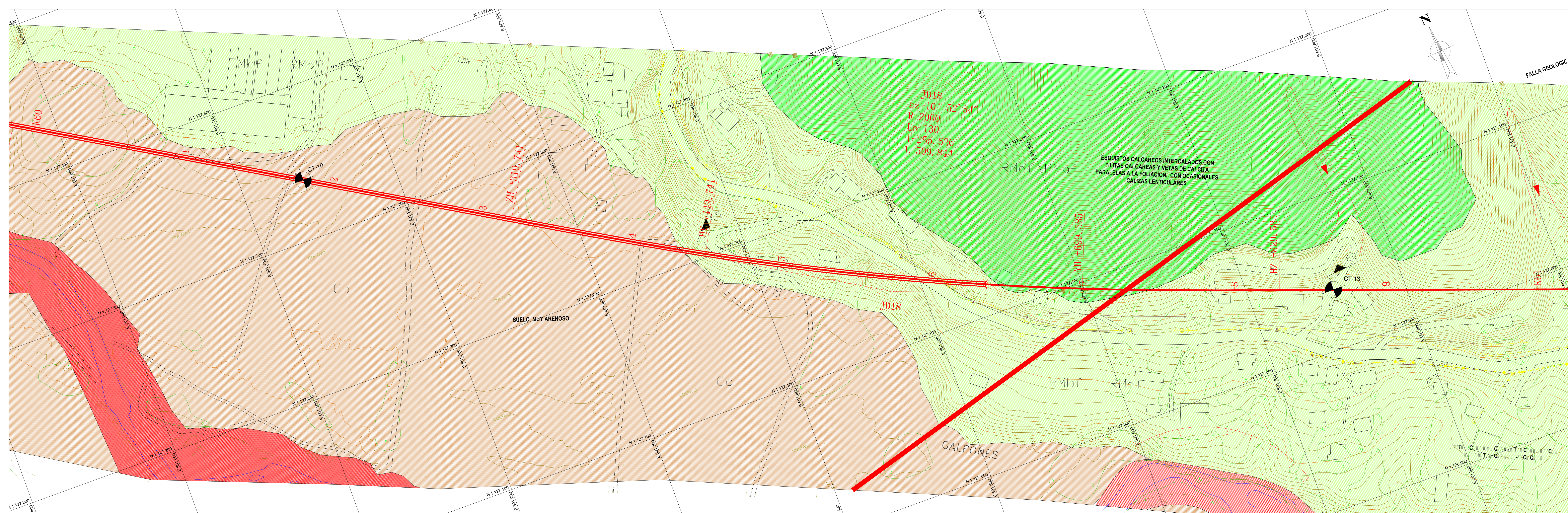


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΔΟΣ ΔΕΛΦΩΝ ΟΔΟΣ ΟΡΕΩΝ  
 ΟΔΟΣ ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΥ ΟΔΟΣ ΑΓΙΟΥ ΑΝΤΩΝΙΟΥ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

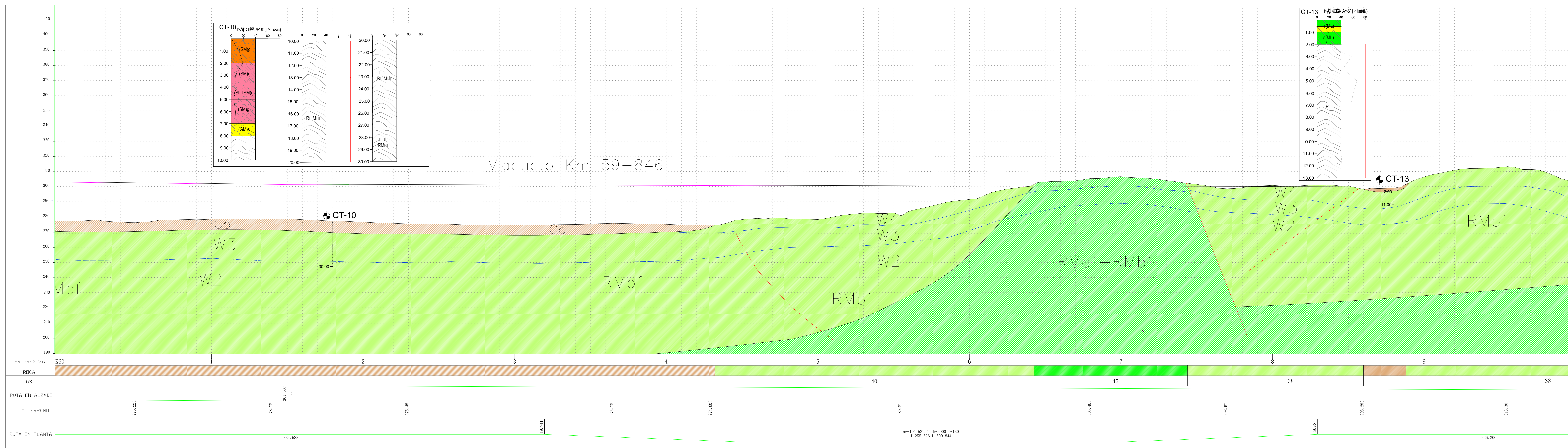
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 60+000 al Km. 61+000  
 ESCALA 1:2000 PLANO Nº 57/71  
 FECHA MARZO 2010 I C P L G E O G R L 0 0 0 0 0 0 0 0

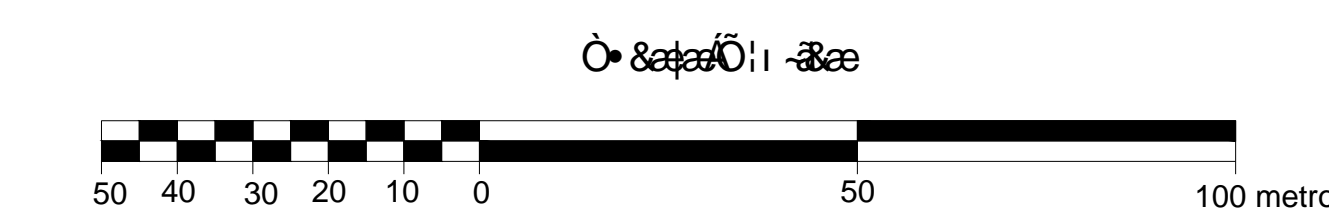


LEYENDA GEOLOGICA	
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
	PLANO DE FOLIACION VERTICAL
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
	DIACLASA VERTICAL
	TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
	TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
	TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
	TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
	ZONA DE BRECHA DE FALLA
	CONTACTO GEOLOGICO
	ZONA DE DESLIZAMIENTOS
	ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
	SITIO DE SONDEO A MAQUINA
	MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
	SECCION FINA
	PERFIL DE METEORIZACION



ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES	
	ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
	LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
	GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.
MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS	
	MATERIALES DE RELLENO
	MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)
ROCAS	
	ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
	ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
	ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.
SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL	
	EJE DE PROYECTO
	Tónel (PLANTA)
	Viaducto (PLANTA)
	Tónel (PERFIL)
	Viaducto (PERFIL)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





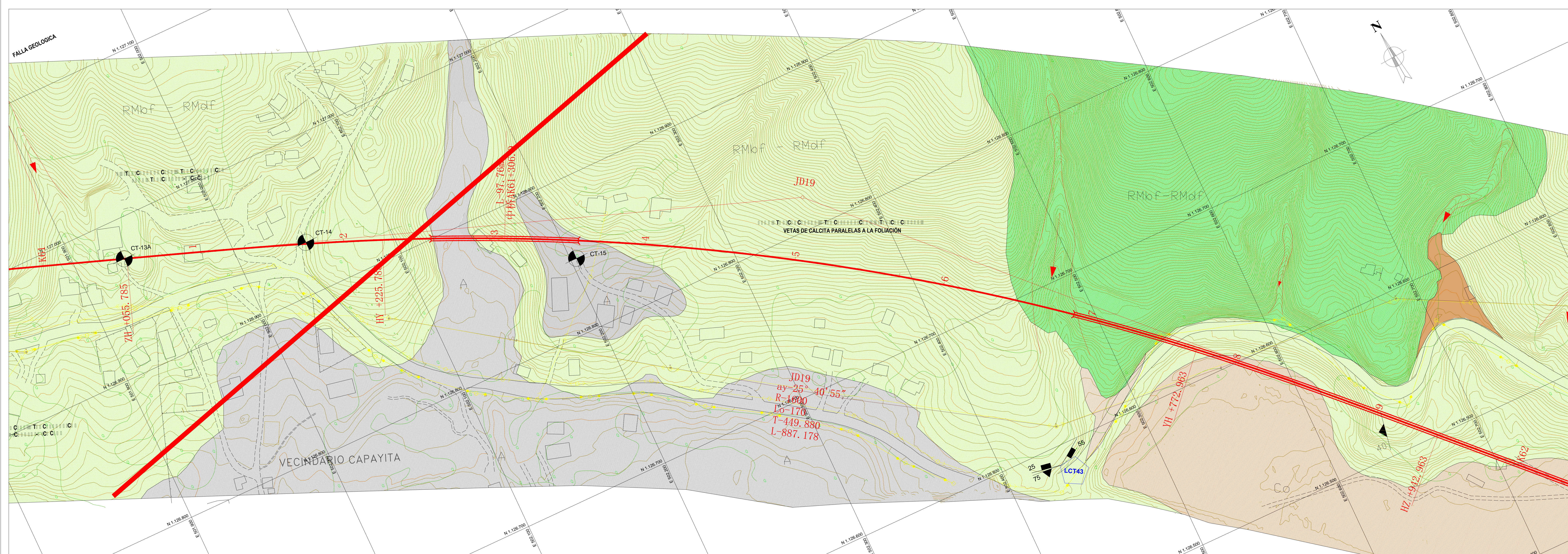


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y PETRÓLEO  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

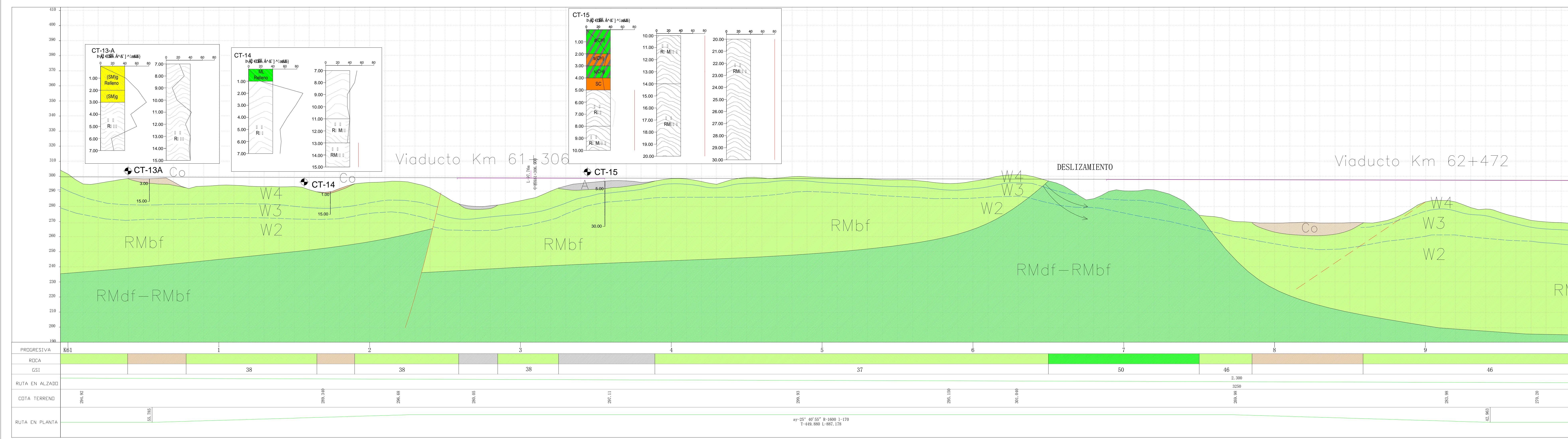
REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 61+000 al Km. 62+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº 58/71



### LEYENDA GEOLOGICA

- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
- PLANO DE FOLIACION VERTICAL
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
- DIACLASA VERTICAL
- TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
- ZONA DE BRECHA DE FALLA
- CONTACTO GEOLOGICO
- ZONA DE DESLIZAMIENTOS
- ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
- SITIO DE SONDEO A MAQUINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO M1005
- SECCION FINA PM029
- PERFIL DE METEORIZACION W4



### ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES

- ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
- LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
- GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.

### MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS

- MATERIALES DE RELLENO
- MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)

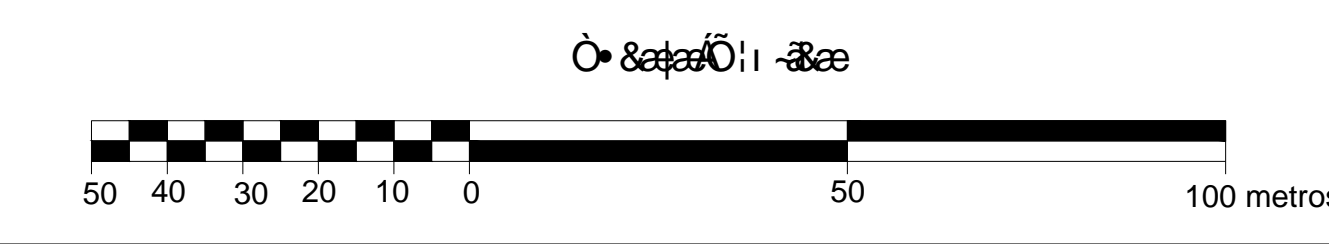
### ROCAS

- ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
- ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
- ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.

### SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL

- EJE DE PROYECTO
- Tónel (PLANTA)
- Viaducto (PERFIL)
- Tónel (PERFIL)
- Viaducto (PLANTA)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





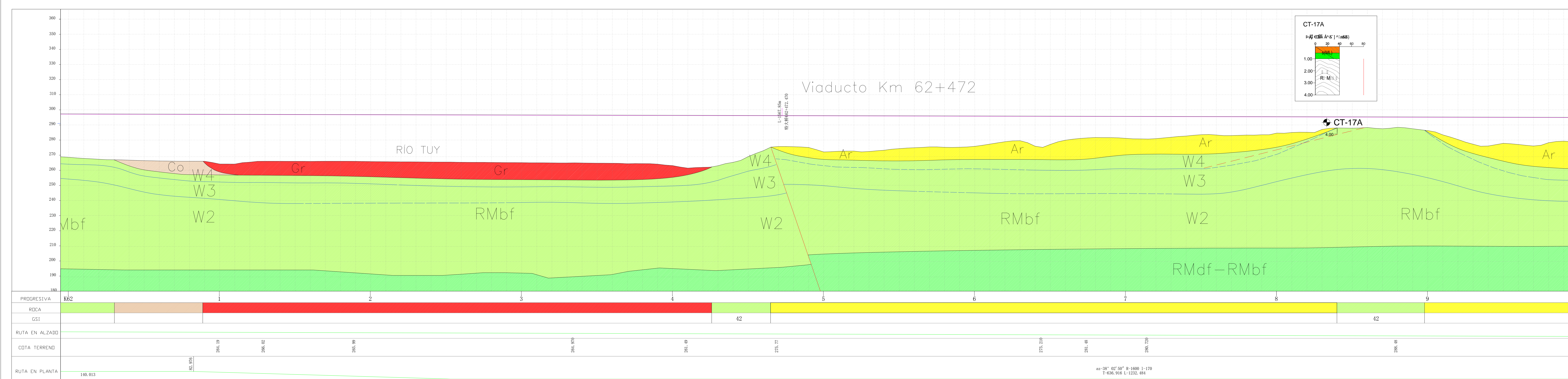
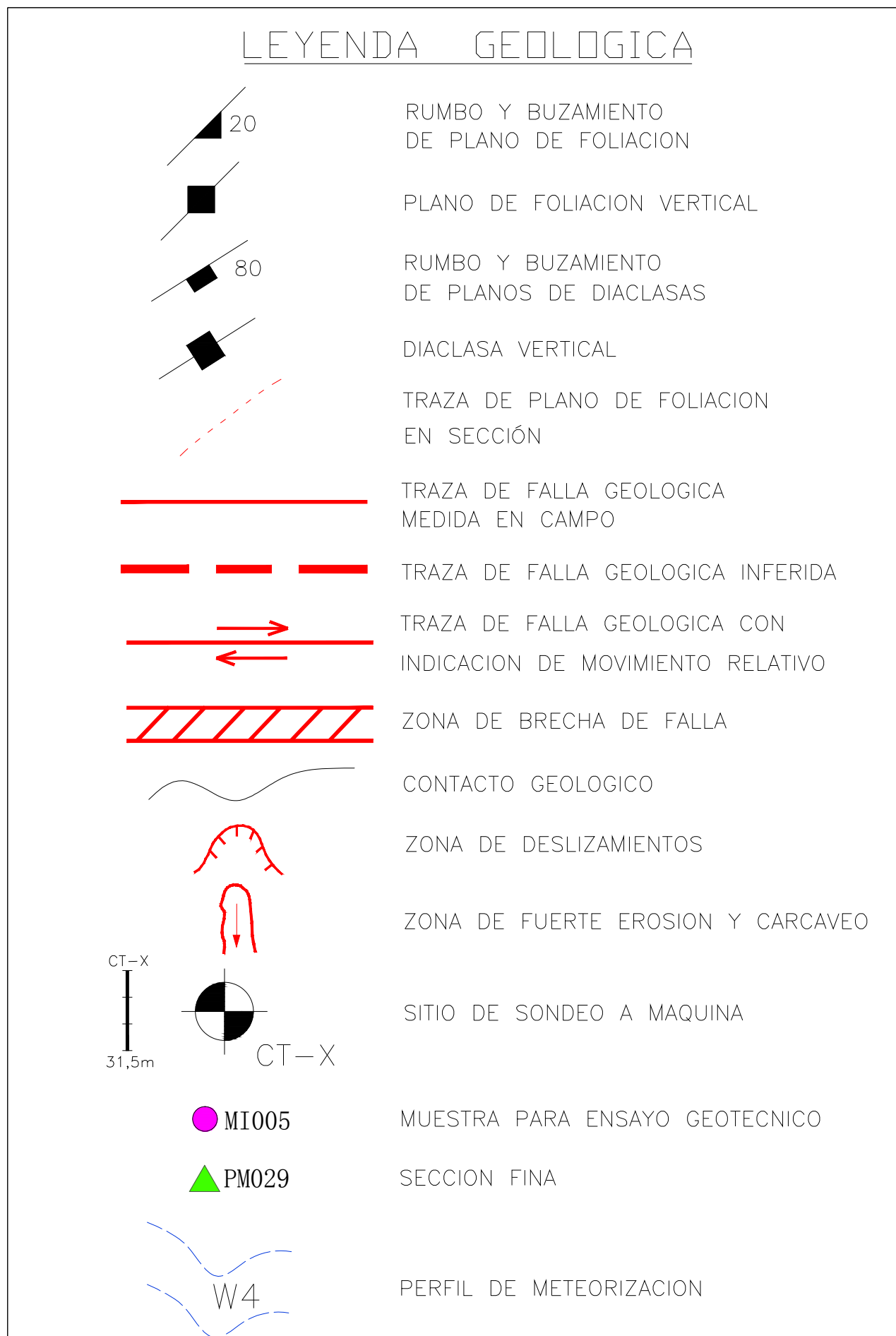
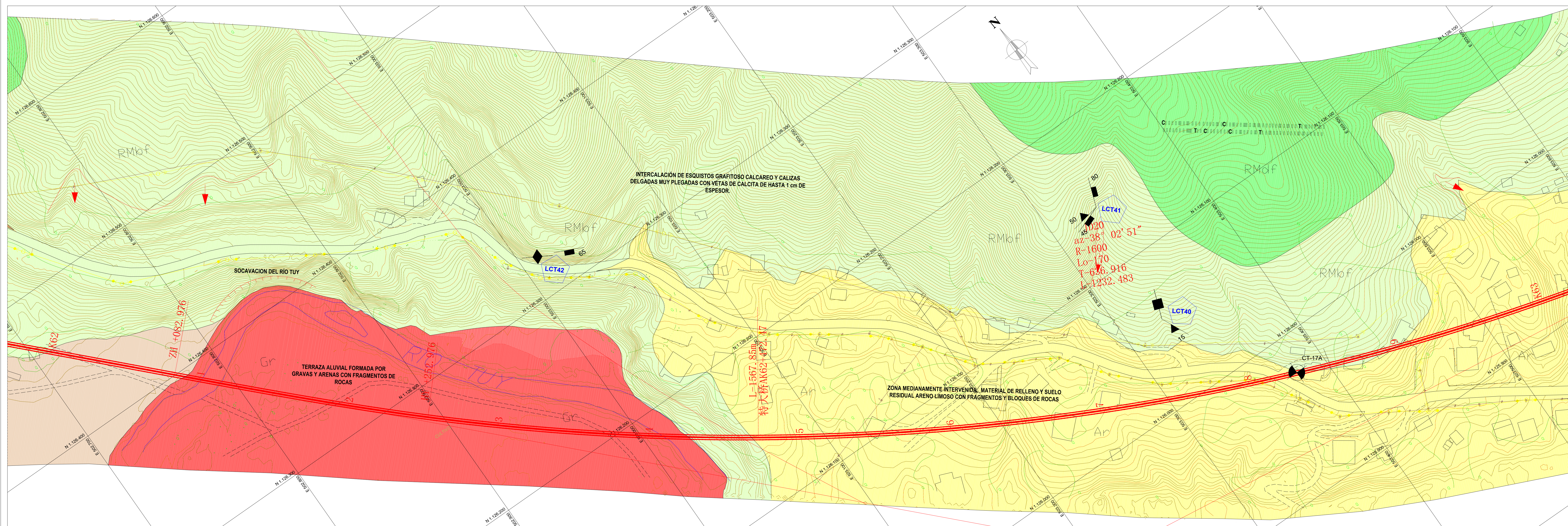


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΔΩΣ/ΟΔΟΛΟΓΙΟ/ΟΔΟΤΕ  
 ΟΥΝΩΣΑΘΗΝΟΝΣΙΟ ΟΕΤ ΟΕΛ/Α/ΘΟΥΟΠΟ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 62+000 al Km. 63+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO N° I C P L G E O G R L 0 0 0 0 0 0 0 0 HOJA N° 59/71



NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)











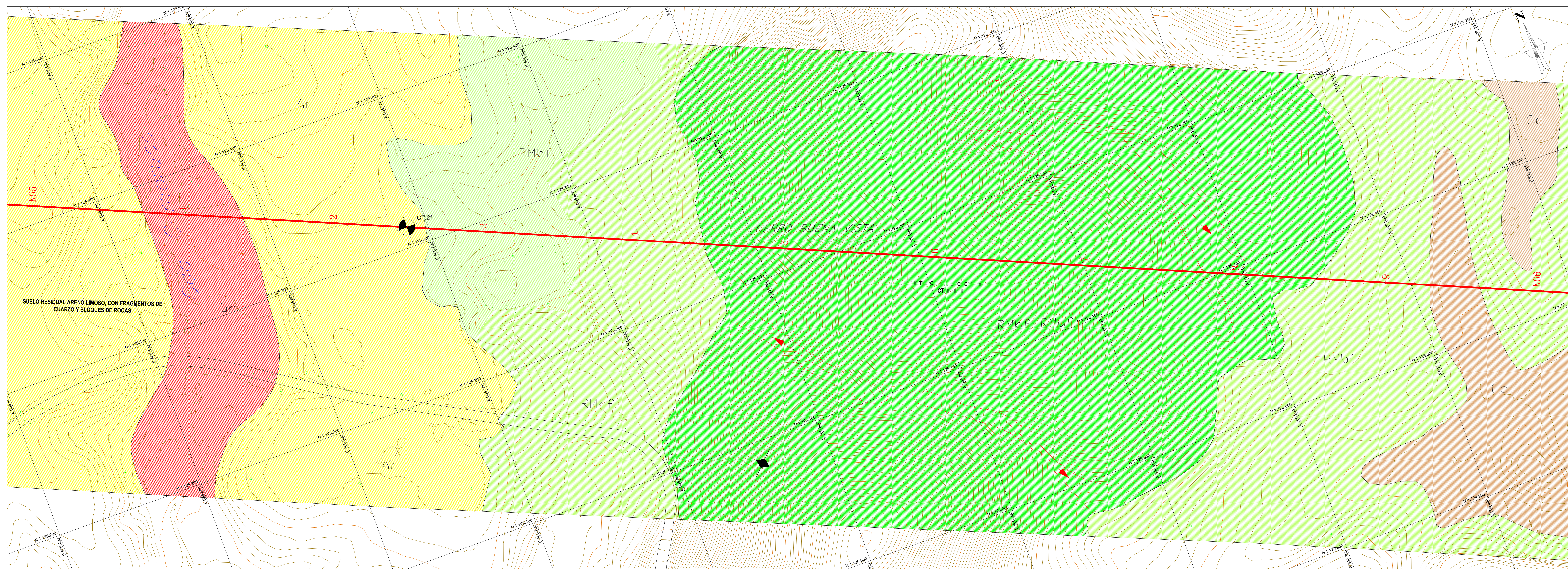


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΗΣ ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CUA PROGRESIVA Km. 65+000 al Km. 66+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº 62/71



### LEYENDA GEOLOGICA

- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
- PLANO DE FOLIACION VERTICAL
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
- DIACLASA VERTICAL
- TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
- ZONA DE BRECHA DE FALLA
- CONTACTO GEOLOGICO
- ZONA DE DESLIZAMIENTOS
- ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
- SITIO DE SONDEO A MAQUINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
- SECCION FINA
- PERFIL DE METEORIZACION

### ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES

- Ar ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
- L LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
- G GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.

### MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS

- R MATERIALES DE RELLENO
- Co MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)

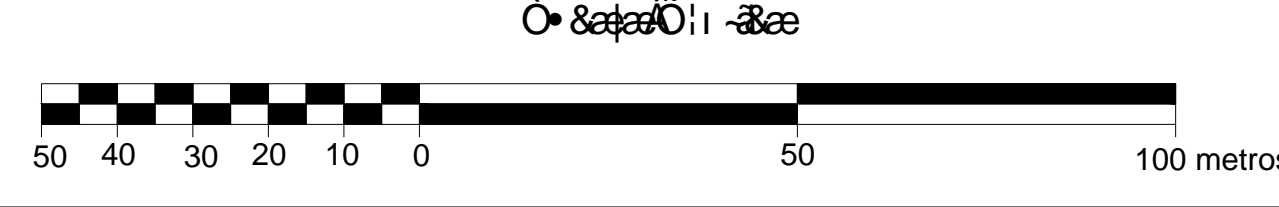
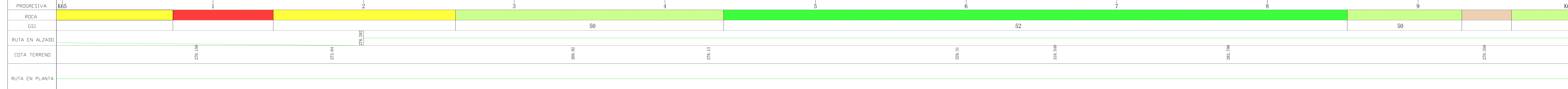
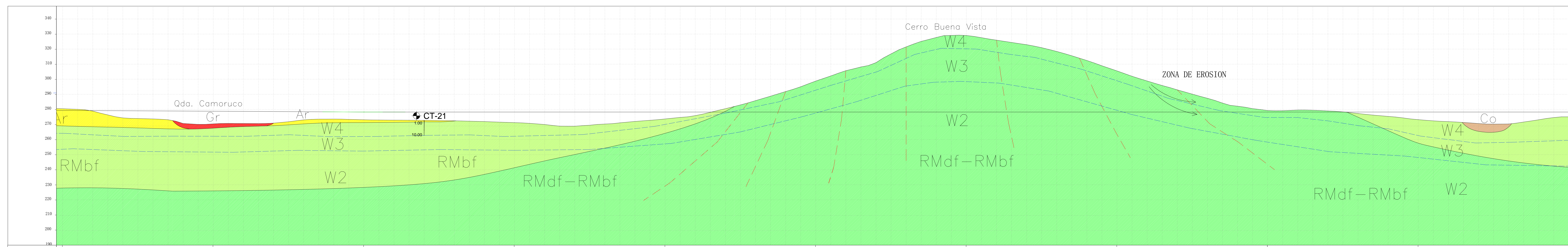
### ROCAS

- RMbf ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
- RMdf ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
- RMmdf ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.

### SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERRICARRIL

- EJE DE PROYECTO
- Túnel (PLANTA)
- Viaducto (PLANTA)
- Túnel (PERFIL)
- Viaducto (PERFIL)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





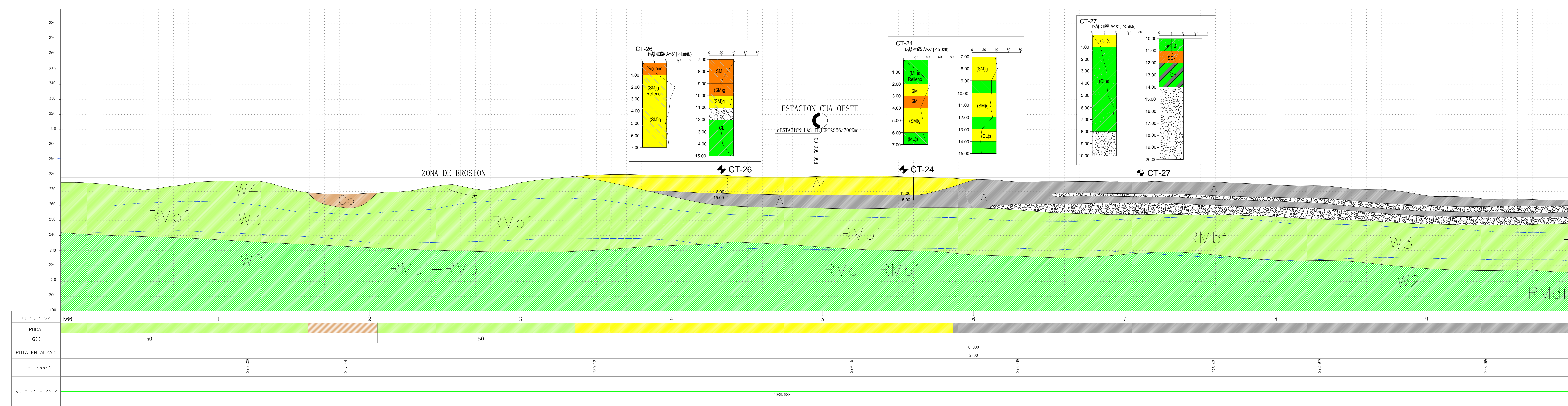
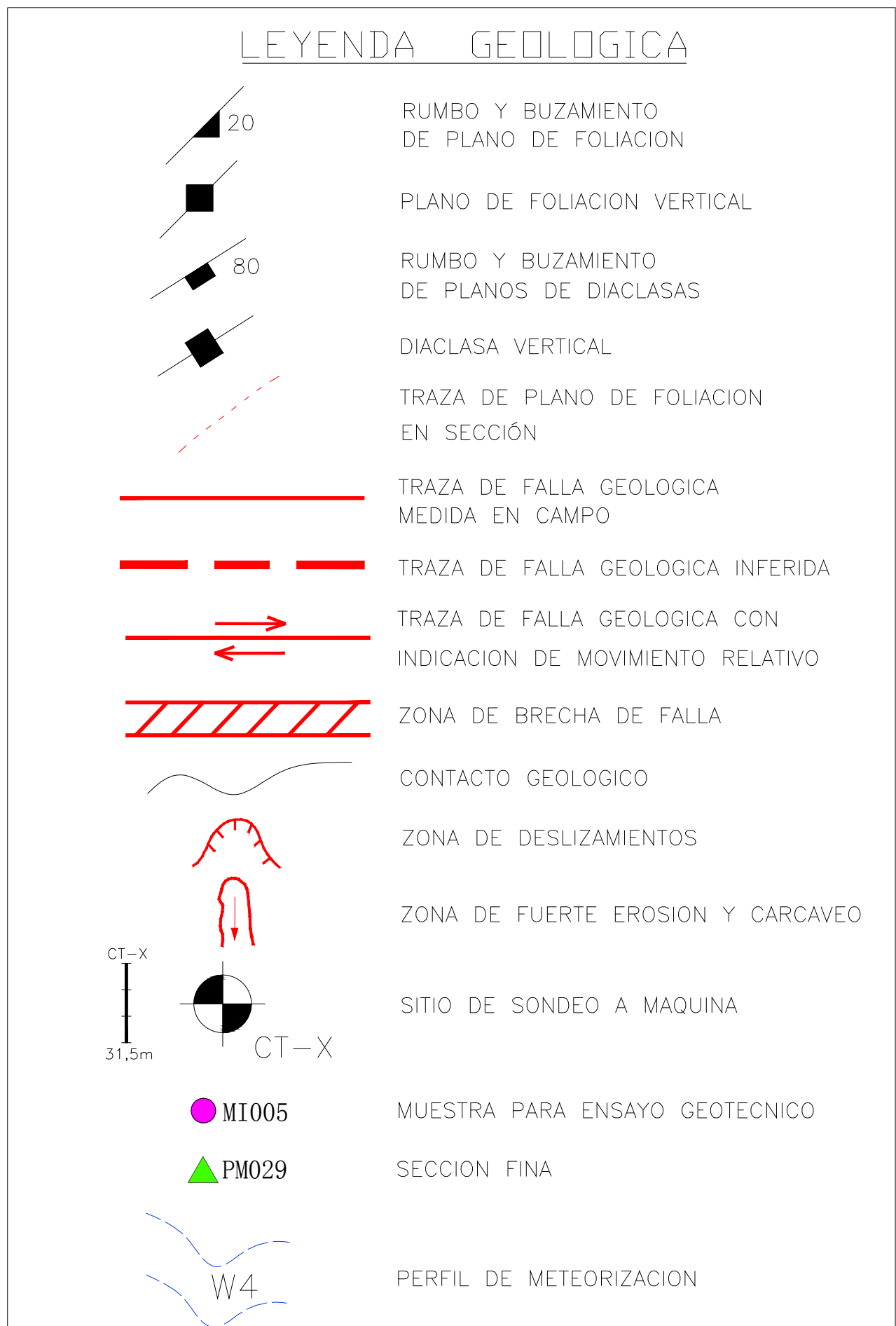
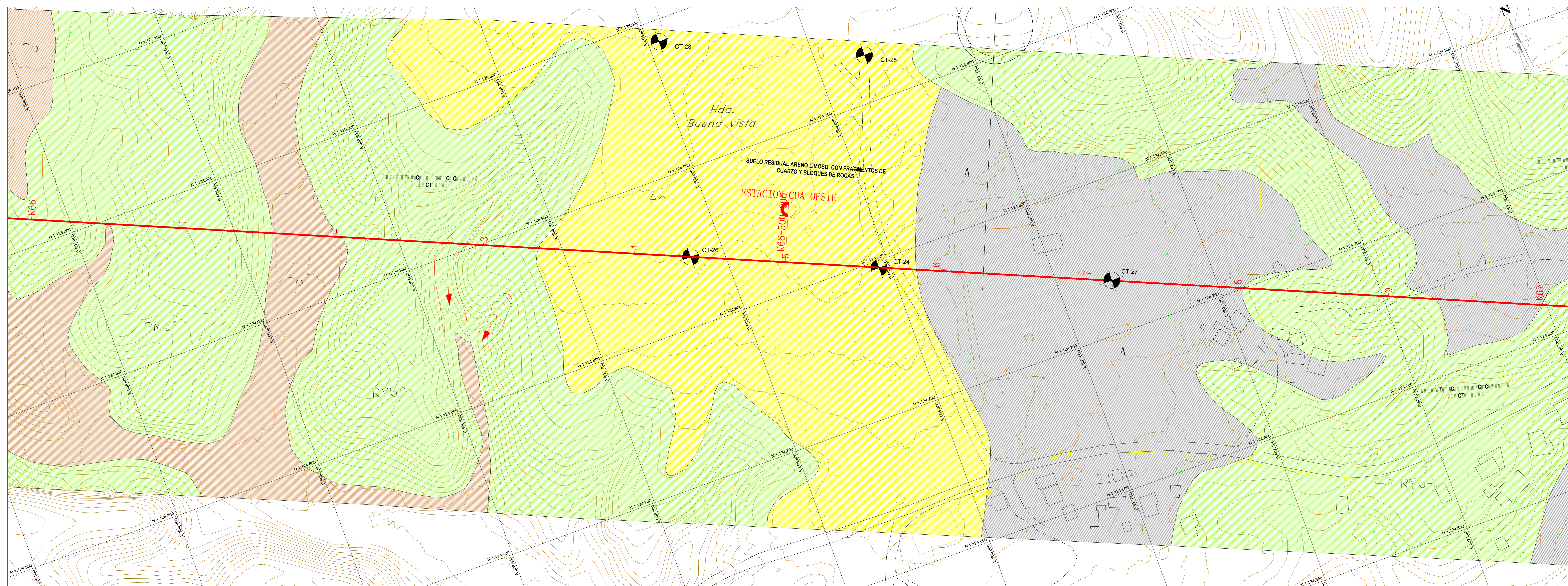


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

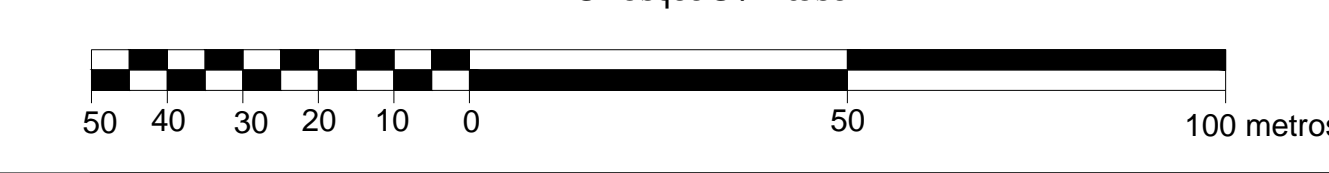
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 66+000 al Km. 67+000  
 ESCALA 1:2000  
 FECHA MARZO 2010  
 PLAN N° I C P L G E O G R L O 0 0 0 0 0 0  
 HOJA N° 63/71



NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

















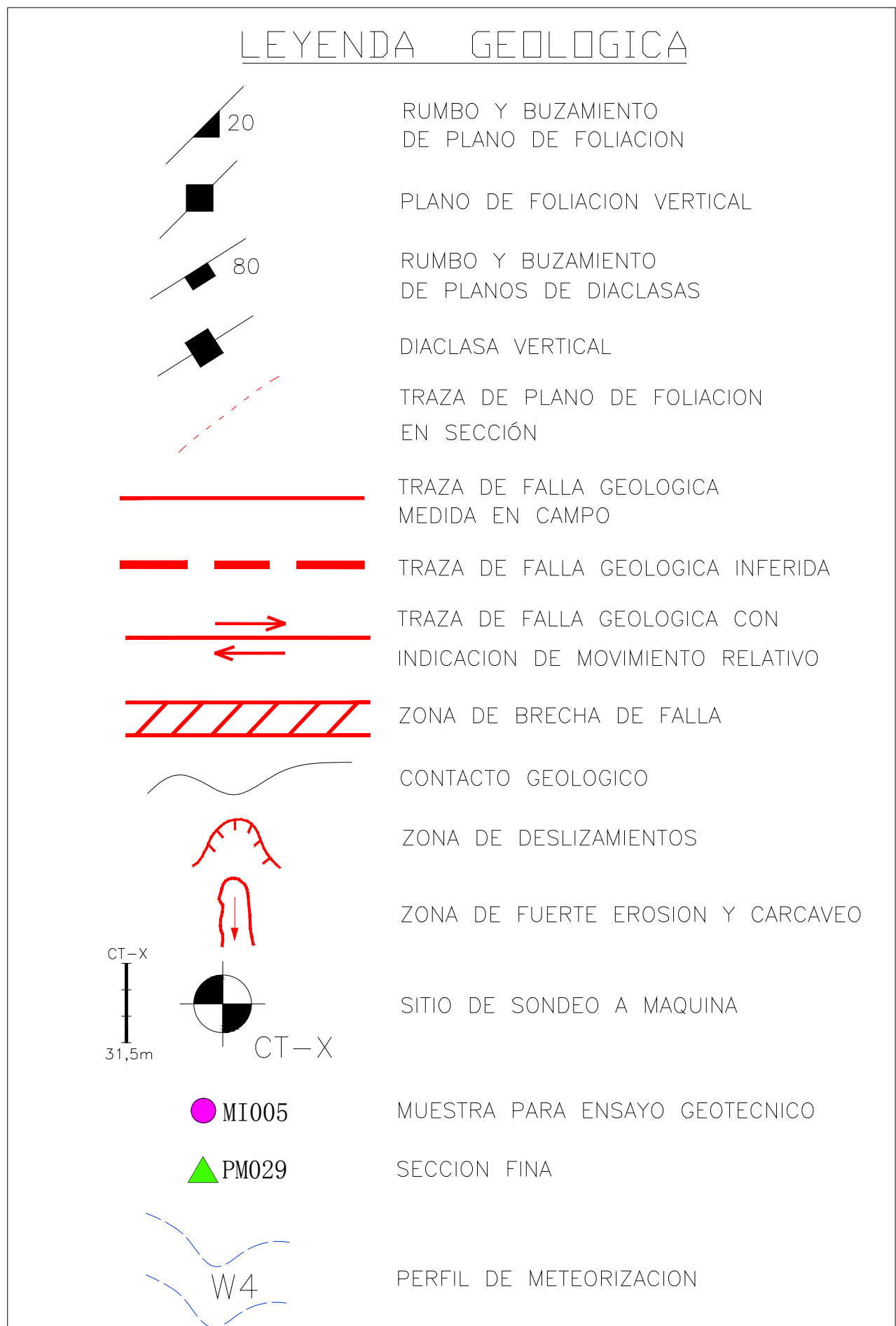
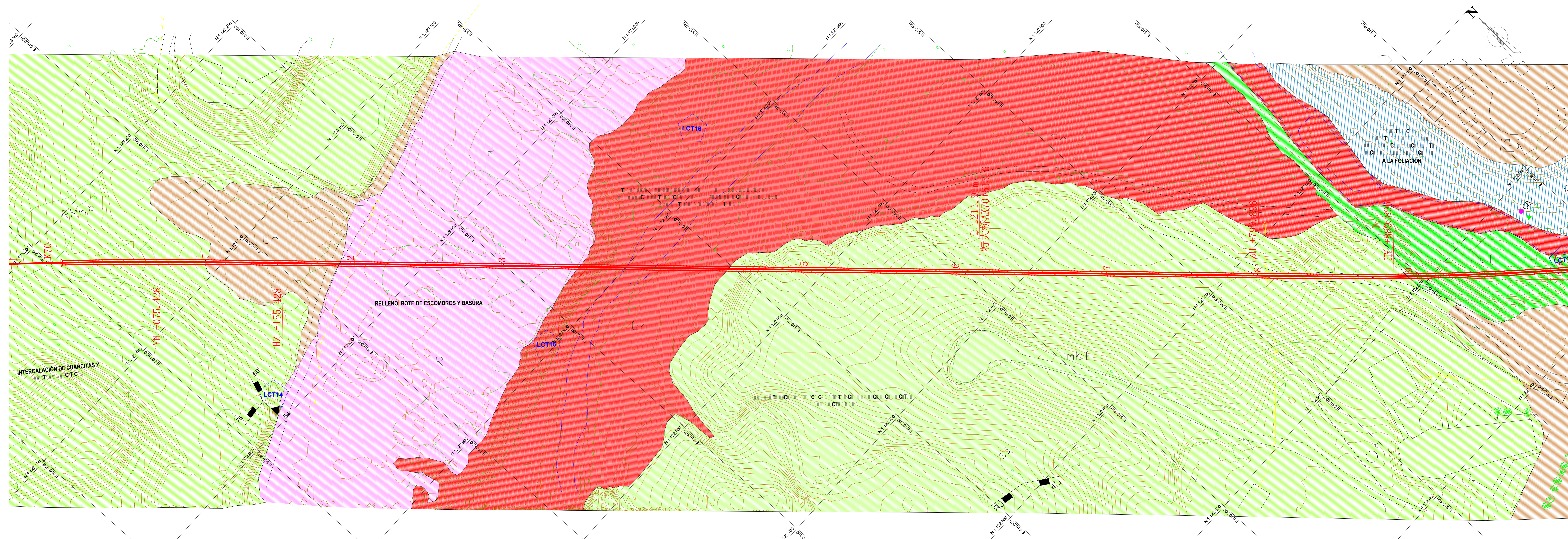


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

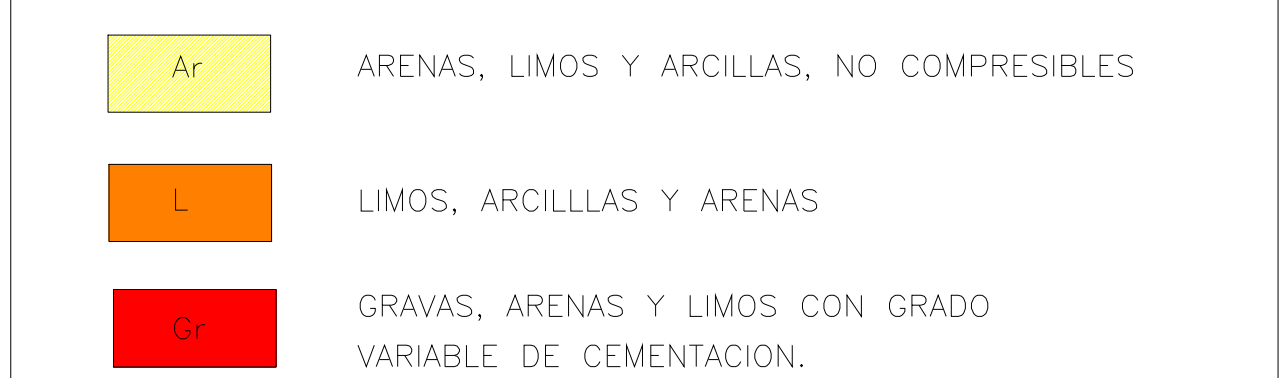
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINERO, ARMANDO

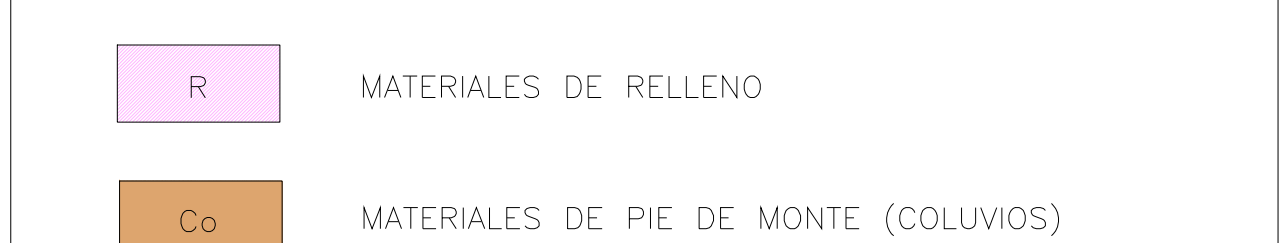
TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 70+000 al Km. 71+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº I C P L G E O G R L O 0 0 0 0 0 0 HOJA Nº 67/71



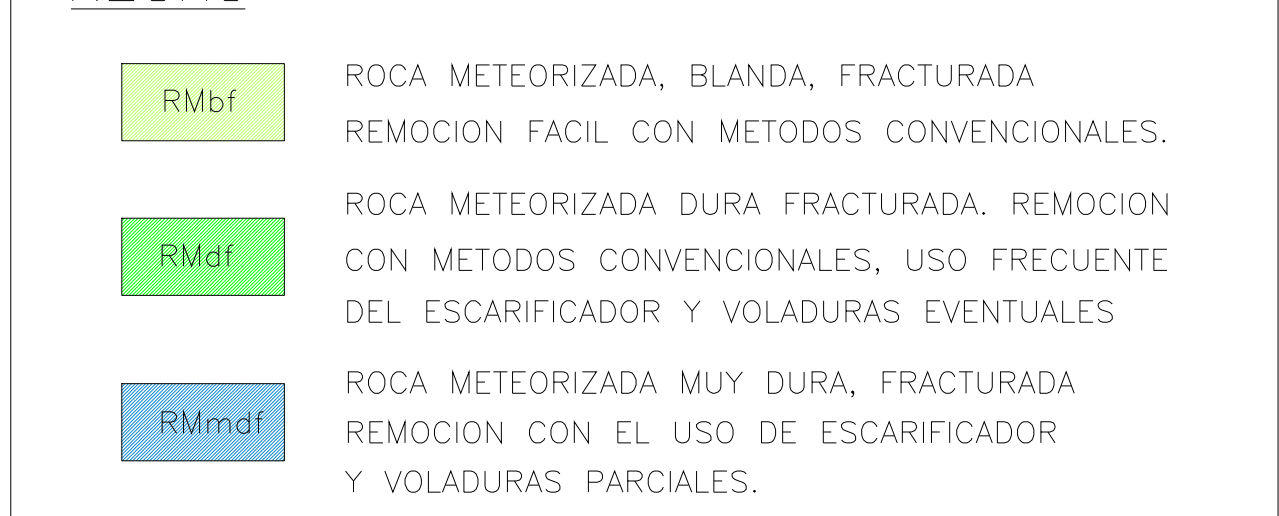
**ALUVISIONES Y SUELOS RESIDUALES**



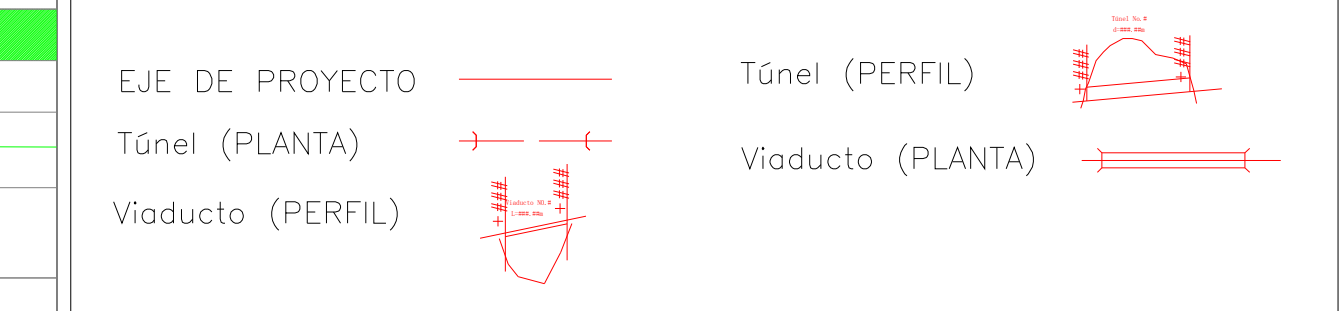
**MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS**



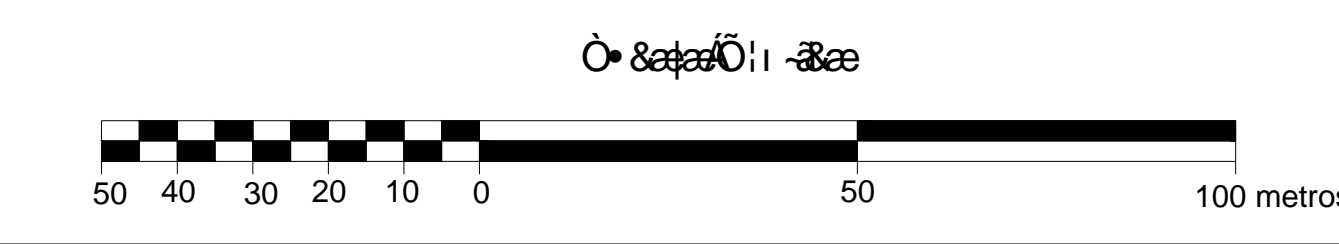
**ROCAS**



**SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL**



NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





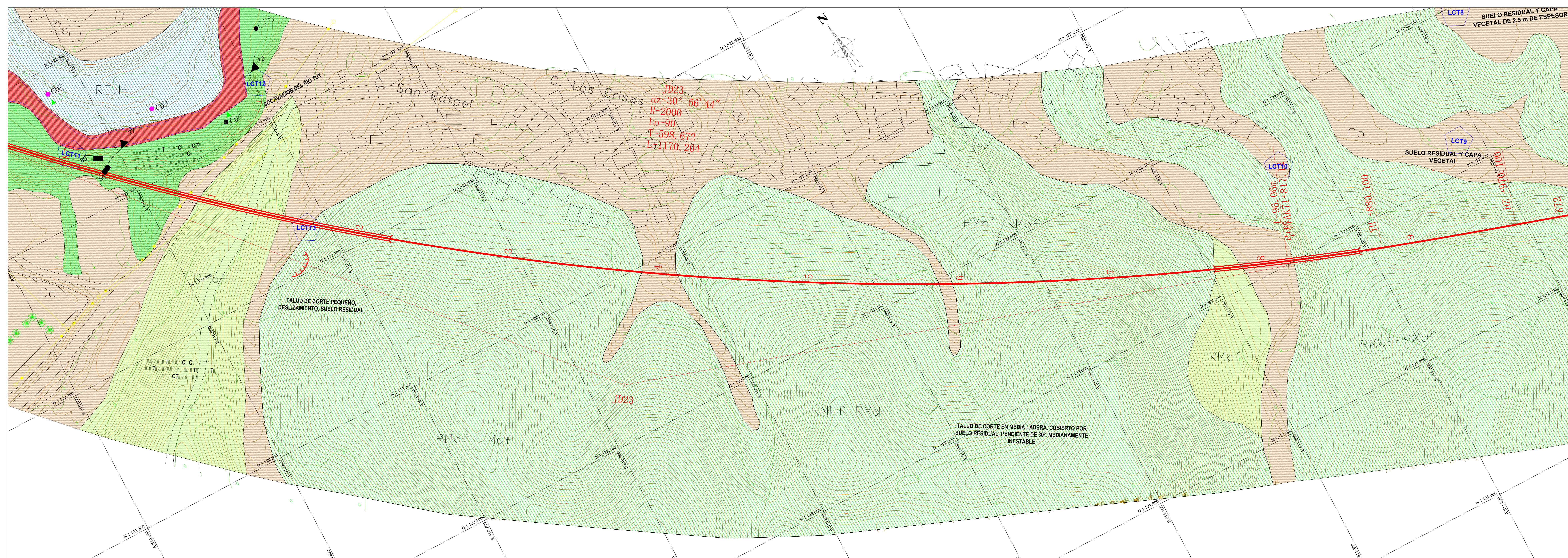


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΕΘΝΟΣ ΕΡΕΥΝΑ ΕΡΕΥΝΑ ΕΡΕΥΝΑ  
 ΟΥΝΟΣ ΕΡΕΥΝΑ ΕΡΕΥΝΑ ΕΡΕΥΝΑ ΕΡΕΥΝΑ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

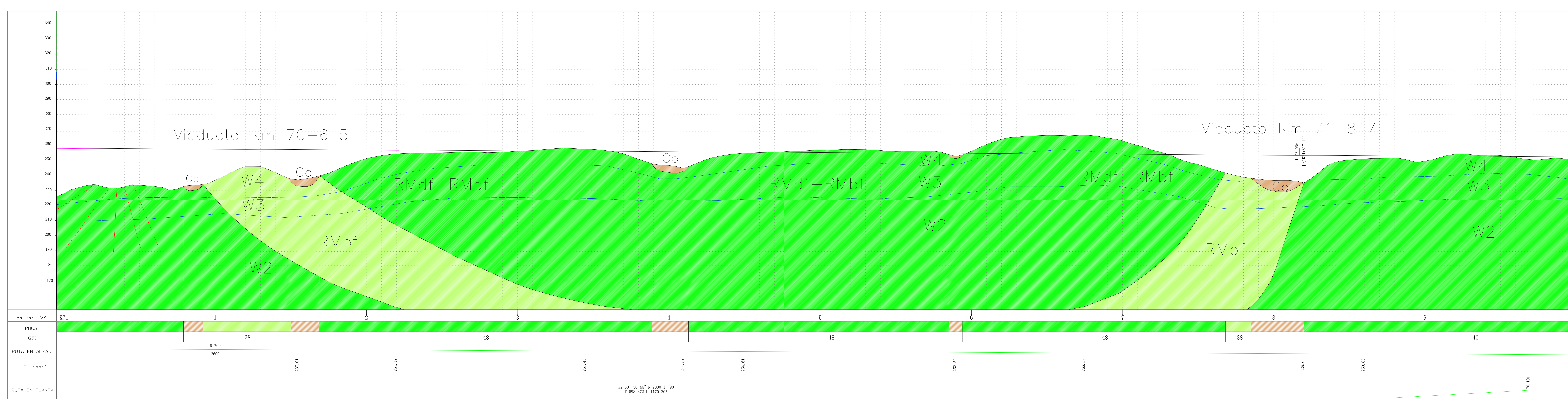
REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 71+000 al Km. 72+000  
 FECHA MARZO 2010 ESCALA 1:2000 PLANO Nº I C P L G E O G R L 0 0 0 0 0 0 0 0 HOJA Nº 68/71

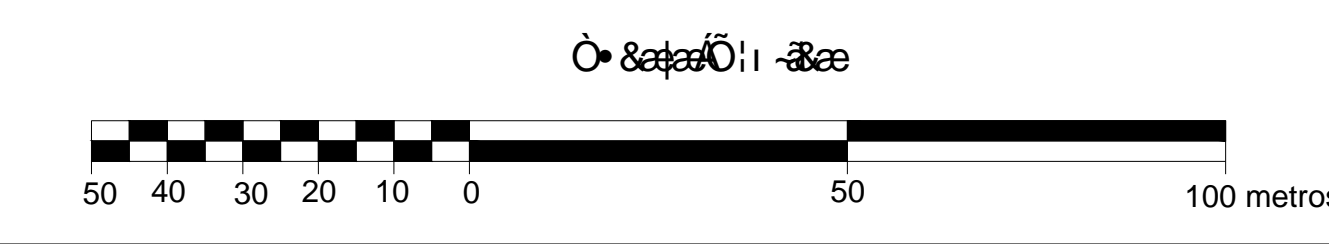


**LEYENDA GEOLOGICA**

- 20 RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
- 80 PLANO DE FOLIACION VERTICAL
- 80 RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
- DIACLASA VERTICAL
- TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
- ZONA DE BRECHA DE FALLA
- CONTACTO GEOLOGICO
- ZONA DE DESLIZAMIENTOS
- ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
- SITIO DE SONDEO A MAQUINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
- SECCION FINA
- PERFIL DE METEORIZACION



NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)





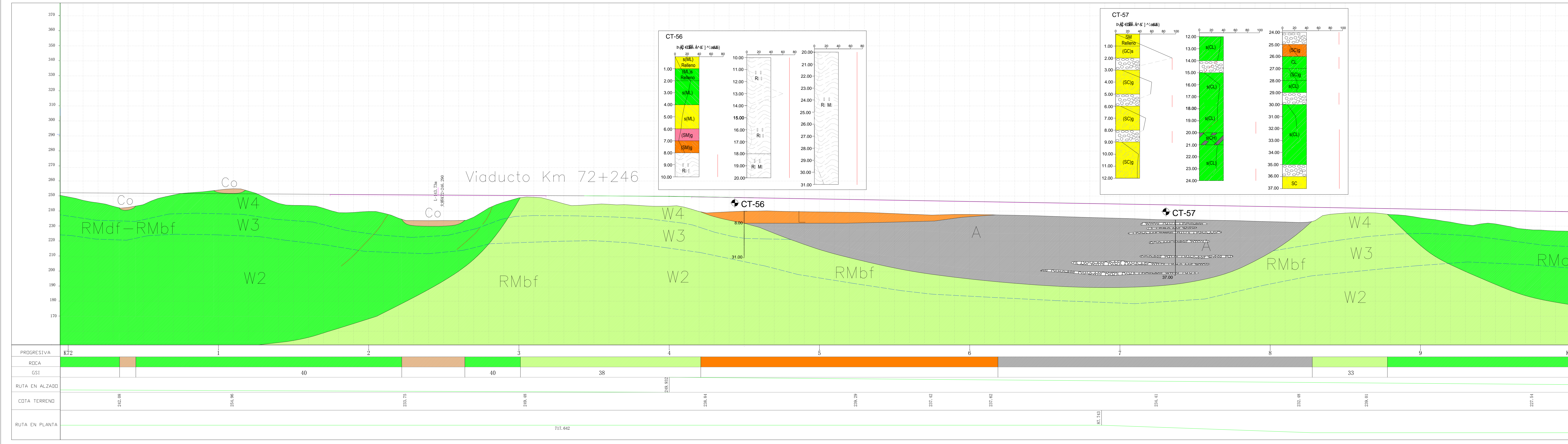
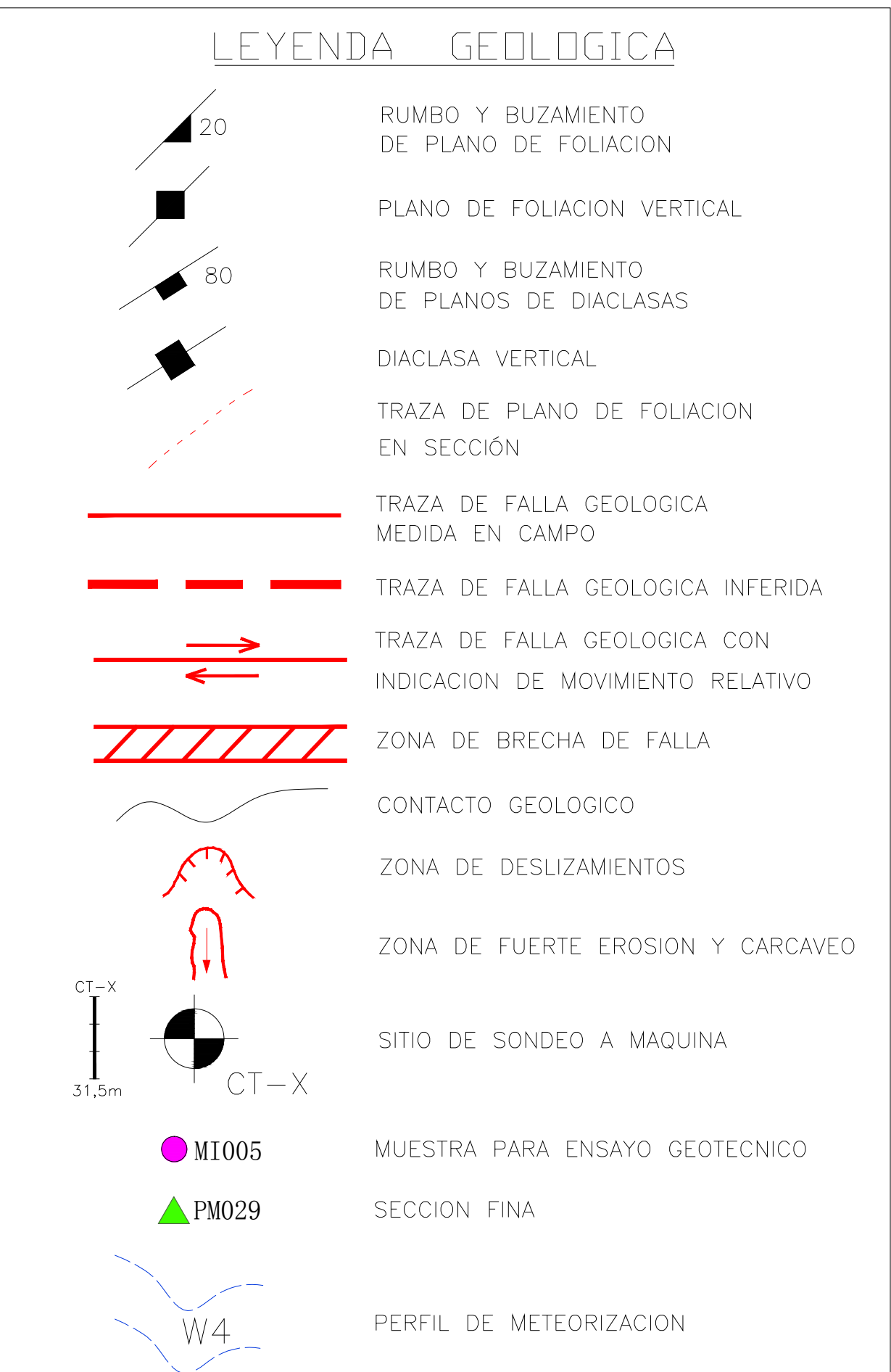
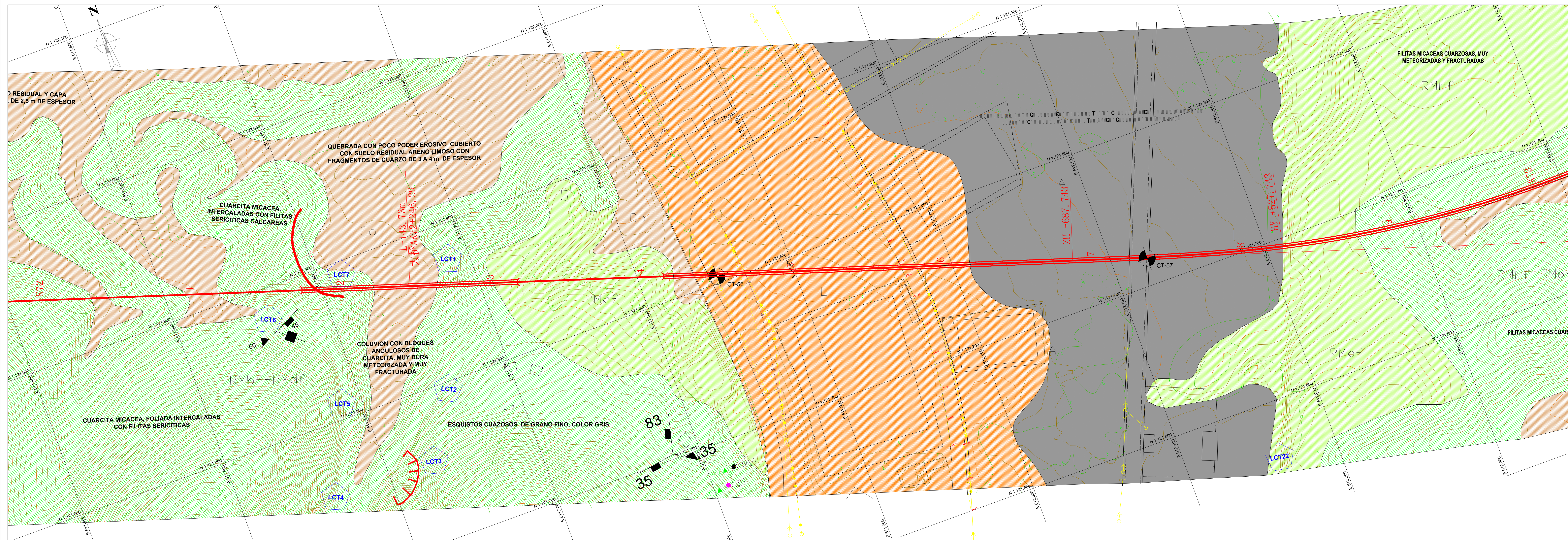


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΗΣ ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

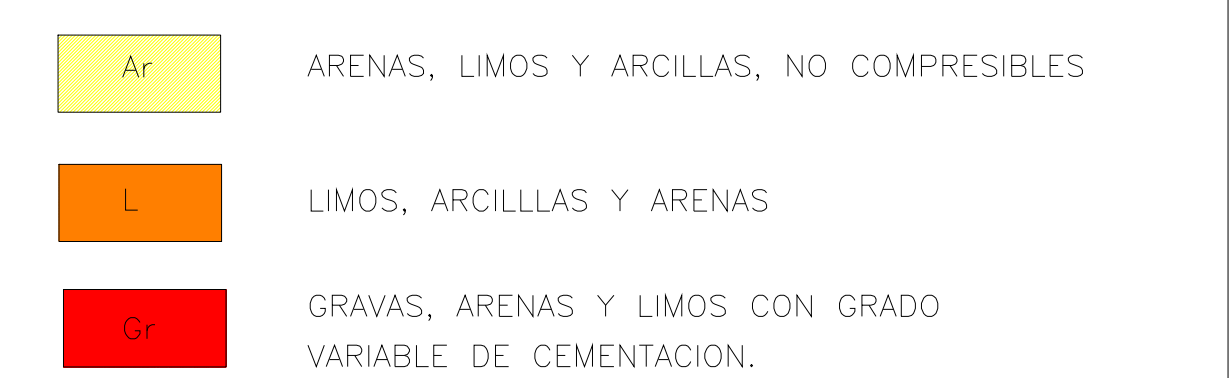
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

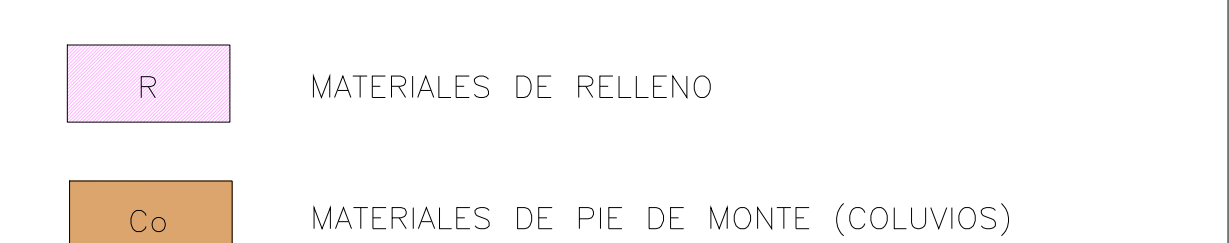
TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA PROGRESIVA Km. 72+000 al Km. 73+000  
 ESCALA PLANO Y SECCION 1:2000 HOJA N.º 69/71



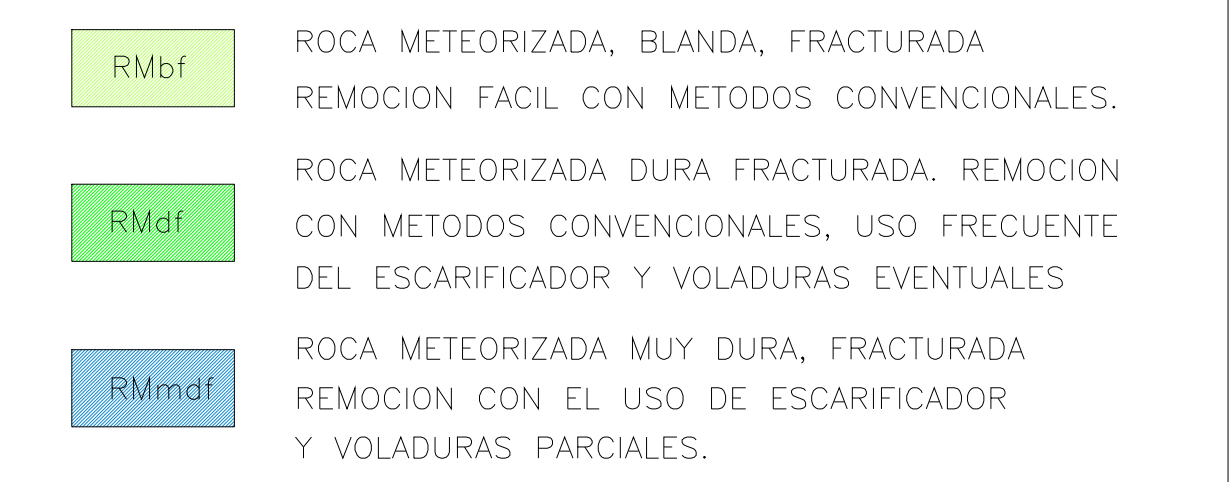
ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES



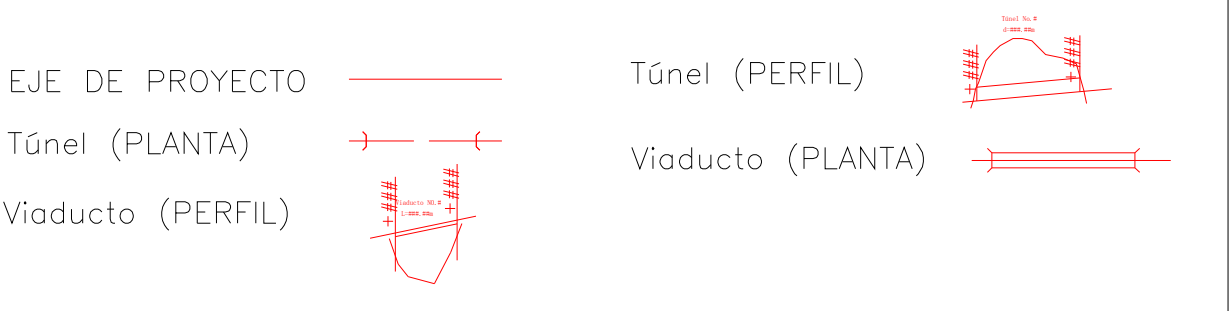
MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS



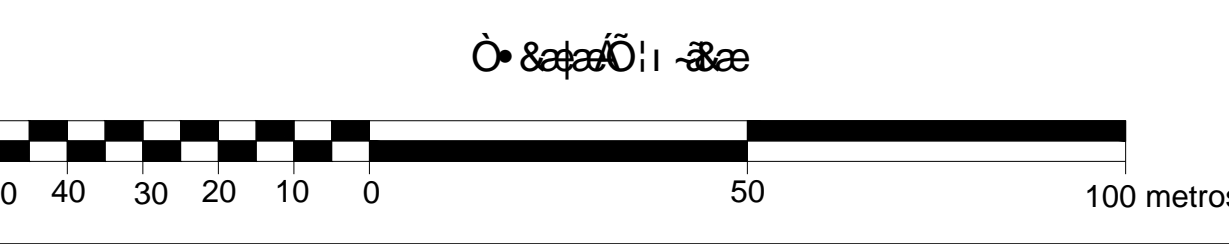
ROCAS



SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL



NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)





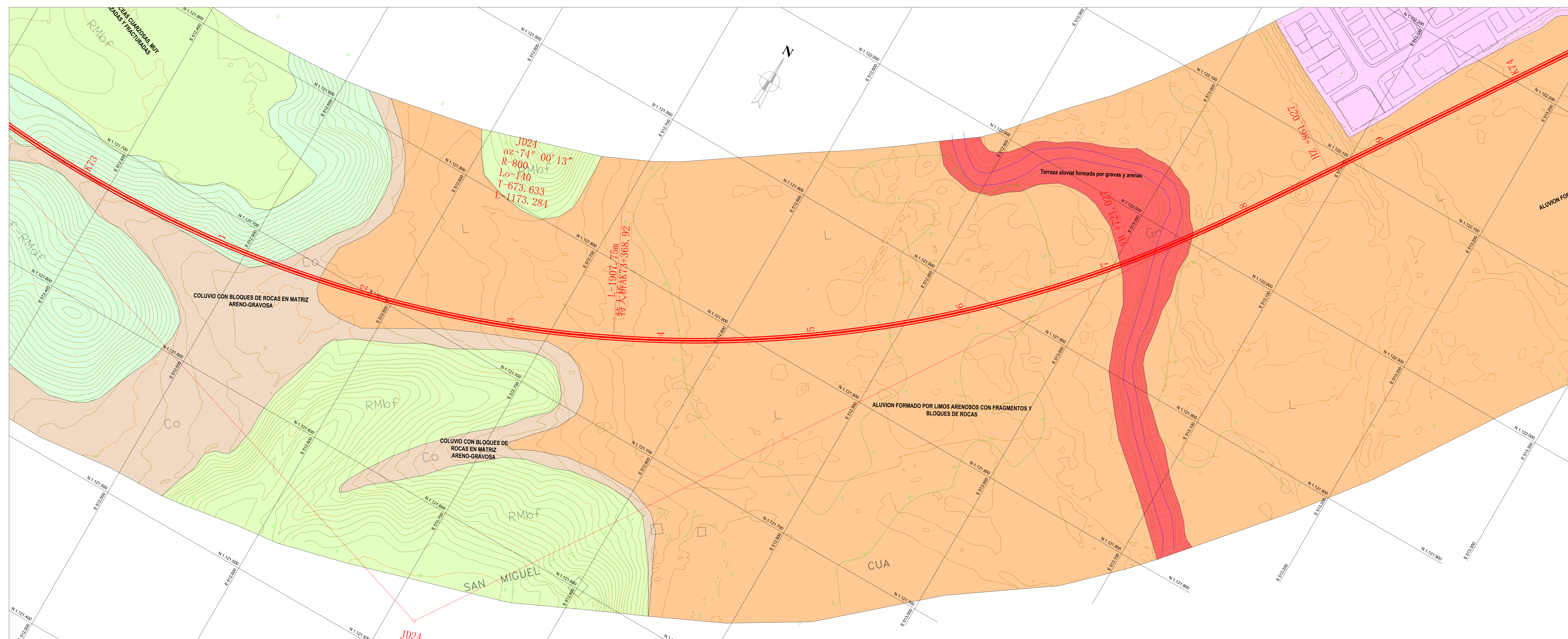


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΗΣ ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINTERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO	LA ENCRUCIJADA - CUA	PROGRESIVA	Km. 73+000 al Km. 74+000
FECHA	MARZO 2010	ESCALA	1:2000
PLANO N°	I C P L G E O G R L O 0 0 0 0 0		
Hoja N°	70/71		



### LEYENDA GEOLOGICA

- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
- PLANO DE FOLIACION VERTICAL
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
- DIACLASA VERTICAL
- TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
- TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
- ZONA DE BRECHA DE FALLA
- CONTACTO GEOLOGICO
- ZONA DE DESLIZAMIENTOS
- ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
- SITIO DE SONDEO A MAQUINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO SECCION FINA
- MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO SECCION FINA
- PERFIL DE METEORIZACION

### ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES

- ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
- LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
- GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.

### MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS

- MATERIALES DE RELLENO
- MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)

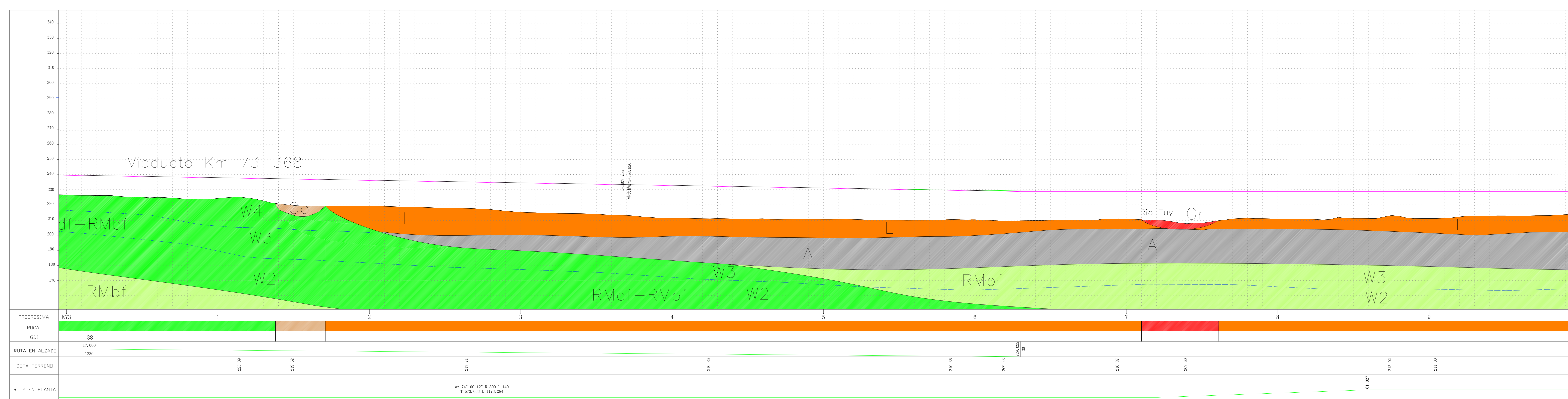
### ROCAS

- ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
- ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
- ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.

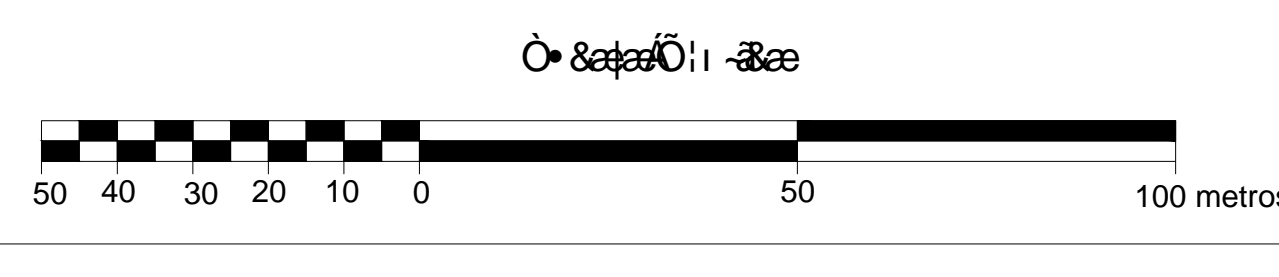
### SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL

- EJE DE PROYECTO
- Tñel (PLANTA)
- Viaducto (PLANTA)
- Tñel (PERFIL)
- Viaducto (PERFIL)

NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)



PROGRESIVA	73	74
ROCA	Gr	Ar
GGI	13.00	13.00
RUTA EN ALZADO	1200	1200
COTA TERRENO	170	170
RUTA EN PLANTA	44°21' 00" 127' 8.000 1.180 T 673.633 1.173.284	





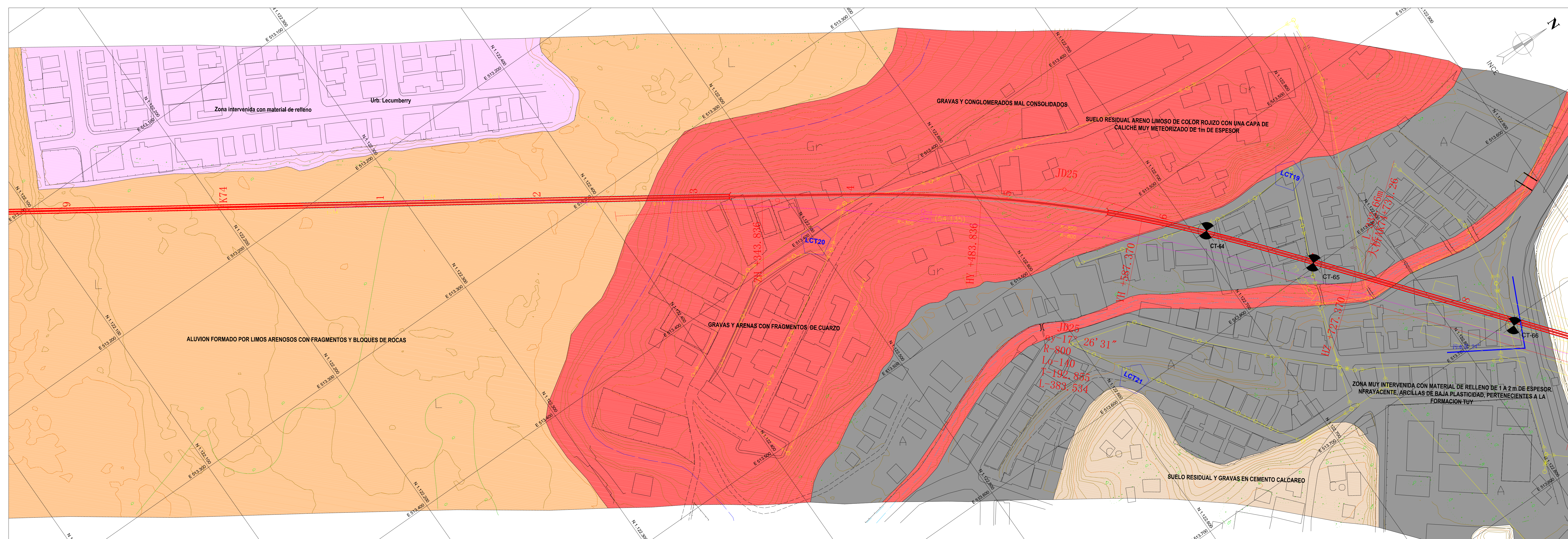


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
 ΟΥΝΙΒΕΡΣΙΤΗΤΩΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑΣ  
 TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

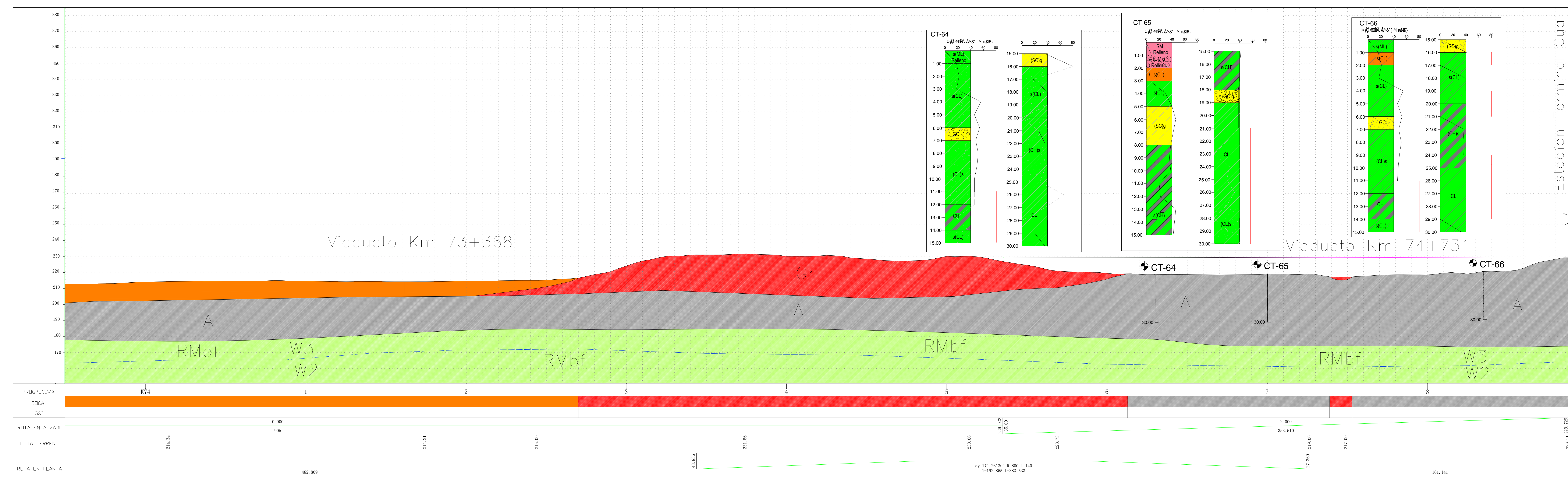
ESTUDIO GEOLOGICO Y CARACTERIZACIÓN  
 GEOMECÁNICA DE UNA ZONA UBICADA  
 ENTRE CÚA Y TACATA, EDO. MIRANDA.

REALIZADO POR: MATUTE, LUSMARI  
 TUTOR ACADEMICO: DE SANTIS, FELICIANO  
 CO-TUTOR ACADEMICO: QUINERO, ARMANDO

TRAMO FERROVIARIO LA ENCRUCIJADA - CÚA	PROGRESIVA Km. 74+000 al Km. 74+850
FECHA MARZO 2010	ESCALA 1:2000
PLANO N° I C P L G E O G R L 0 0 0 0 0 0	HOJA N° 71/71



- LEYENDA GEOLOGICA**
- RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANO DE FOLIACION
  - PLANO DE FOLIACION VERTICAL
  - RUMBO Y BUZAMIENTO DE PLANOS DE DIACLASAS
  - DIACLASA VERTICAL
  - TRAZA DE PLANO DE FOLIACION EN SECCION
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA MEDIDA EN CAMPO
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA INFERIDA
  - TRAZA DE FALLA GEOLOGICA CON INDICACION DE MOVIMIENTO RELATIVO
  - ZONA DE BRECHA DE FALLA
  - CONTACTO GEOLOGICO
  - ZONA DE DESLIZAMIENTOS
  - ZONA DE FUERTE EROSION Y CARCAVEO
  - SITIO DE SONDEO A MAQUINA
  - MUESTRA PARA ENSAYO GEOTECNICO
  - SECCION FINA
  - PERFIL DE METEORIZACION



- ALUVIONES Y SUELOS RESIDUALES**
- ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, NO COMPRESIBLES
  - LIMOS, ARCILLAS Y ARENAS
  - GRAVAS, ARENAS Y LIMOS CON GRADO VARIABLE DE CEMENTACION.
- MATERIALES DE RELLENO Y COLUVIOS**
- MATERIALES DE RELLENO
  - MATERIALES DE PIE DE MONTE (COLUVIOS)
- ROCAS**
- ROCA METEORIZADA, BLANDA, FRACTURADA REMOCION FACIL CON METODOS CONVENCIONALES.
  - ROCA METEORIZADA DURA FRACTURADA, REMOCION CON METODOS CONVENCIONALES, USO FRECUENTE DEL ESCARIFICADOR Y VOLADURAS EVENTUALES
  - ROCA METEORIZADA MUY DURA, FRACTURADA REMOCION CON EL USO DE ESCARIFICADOR Y VOLADURAS PARCIALES.
- SIMBOLOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL**
- EJE DE PROYECTO
  - TÚNEL (PLANTA)
  - VIADUCTO (PLANTA)
  - TÚNEL (PERFIL)
  - VIADUCTO (PLANTA)
- NOTA: PERFILES DETALLADOS MOSTRADOS EN ESCALA 1:250 Y ELABORADOS BAJO EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

