
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE UNA
ZONA UBICADA EN EL EJE VIAL Y LOCAL 1, ENTRE
VALERA-TRUJILLO. MUNICIPIOS TRUJILLO Y MOTATAN,
ESTADO TRUJILLO.**

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela para
optar al Título de Ingeniero Geólogo
Por los Brs. Caicedo, Giovani
Medina, David

Caracas, noviembre 2005

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE UNA
ZONA UBICADA EN EL EJE VIAL Y LOCAL 1, ENTRE
VALERA-TRUJILLO. MUNICIPIOS TRUJILLO Y MOTATAN,
ESTADO TRUJILLO.**

Tutor académico: Prof. Armando Díaz Quintero

Tutor industrial: Ing. Geólogo Jesús Guerrero

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela para
optar al Título de Ingeniero Geólogo
Por los Brs. Caicedo, Giovani
Medina, David

Caracas, noviembre 2005

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que han intervenido en este impresionante sueño, muchas palabras y poco espacio...El primer agradecimiento es para ese grandioso ser que se encuentra en los cielos e ilumina paso a paso mi vida, DIOS, siempre has sido el más GRANDE y lo mas BELLO que he tenido, gracias por darme tanto, TE AMO.

A la Gran Universidad Central de Venezuela, la casa que vence las sombras, que me ha albergado en los últimos años y que ha incrementado mis conocimientos académicos, culturales y sociales, haciendo de mí una mejor persona, gracias UUUCV, UUUCV, UUUCV,...

Gracias al cuerpo técnico que labora en INGEOMIN, gracias por darme la oportunidad, Ing. Jesús Guerrero, Elda Perdomo, Nayiris Contreras, Henry Aldana, Franklin Alarcón, Silfredo, Chaparro, José Amado, a las personas del departamento de digitalización de mapas, Ing. Jenny Cavas, Ing. Rosa Benítez y la Lic. Idahys Valery, a la Ing. Leila Angulo, Ing. Ronald Villegas, Argelia Riera, Ing. Oswaldo Cisneros, y los Licenciados Luis Serpa y Enrique Pilares, a mi pana, el Geógrafo Oscar Rosso, el Ing. Hernán Guzmán y el Doctor Víctor Vivas, fueron un gran apoyo técnico.

¡A mi pequeña familia!, a mis padres que han sido una sabia inspiración y un punto de apoyo sentimental muy poderoso, gracias padres míos, LOS AMO. A mi hermana que me ha dado grandes y sabios consejos a lo largo de toda mi vida, gracias. Este triunfo era para ustedes, MI GRAN PUNTO DE APOYO, MI ESCUELA.

A mi Bebita Zury, Zuriday Soledad, me has escuchado, aconsejado, soportado, me has dado mucha fuerza espiritual, mi niñita nunca cambies y sigue adelante, estaré esperando por ti, este triunfo considéralo como tuyo, “TE AMO MI ZURY”. Te debo

muchas de las cosas más hermosas que han pasado por mi vida. nuevamente TE AMOOOOO.

A toda mi familia, Caicedo y Durán, que se encuentra en Colombia, me han visto caminar, crecer, criarme y merecen mucho crédito ya que parte de mi cultura ha estado con ustedes, gracias!!! Y a mi primos Alexis y Ciro, que aunque el último no esté en tierra, se que estará contento de este triunfo.

A todos mis compañeros de clase Ricardo Arellano, José Margotta, Leonardo Rivas, Jennifer Domínguez, Abdel Abuhazi, David Medina, Gabriela “La Catira”, Marcel, Carlos Russo, Johan Fernández, Juan Umerez y Maria Herminia.

A la señora Morella y Eduardo por su grandiosa colaboración, gracias por su comprensión. A mi tutor Armando Díaz Quintero por sus grandes aportes académicos a este trabajo; a los profesores Ricardo Alezones, André Zinger, Marino Ostos, Víctor León, Orlando Méndez y Víctor Padrón, que fueron partes esenciales en el desarrollo de esta carrera. A mis preparadores Orleth (Óptica), Reinaldo (estructural), Jesús (Petrología), Alicia (Micro), KuKi (Campo Largo), Alejandro Paredes (Programación), Leticia (Geología Física), Gregorio (Geomorfología) y Claudia (Sedimentología). A todos mis profesores de la básica.

A mi grandiosa Escuela de Geología, que fue mi segundo hogar, ese tercer piso es parte del gran desarrollo humano y académico que aprendí y voy a tener presente en cada trabajo profesional, gracias escuelita!!!

A mis panas Maria Eugenia Argüelles, Jennifer Piedraitá, Leonardo Ocampo, Alejandro Paredes, mi Zury, entre muchos otros, gracias y cuenten conmigo para lo que sea, los quiero...

A mis primitos Jeffrey e Charly, espero que el futuro sea más grande para ustedes. A Ricardito, Valentina (Tina) y harencito (Cito), fueron una gran ayuda...Dios los Bendiga a Todos.

A la familia Soledad Oliveros, Grey, Frank, Iraima (I) y Lisbeth (Lis), y a la señora Dilia, espero no cambien.

Gracias a las personas que merecen mucho crédito y su nombre no está plasmado en este diminuto papel, me disculpo con todos ustedes por no tener memoria para haberme acordado, pero inclúyanse, ustedes son parte de esta realidad...

Y a todos, les doy un consejo, dejen que sus sueños sean guiado por DIOS y verán gran sabiduría y sentimiento...déjense llevar, ¡yo lo hice!, y miren lo que he logrado, gracias nuevamente mi Dios, gracias, gracias, muchísimas gracias.

Caicedo D. Giovanni J., Medina G. David B.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE UNA ZONA UBICADA EN EL EJE VIAL Y LOCAL 1, ENTRE VALERA-TRUJILLO. MUNICIPIOS TRUJILLO Y MOTATÁN, ESTADO TRUJILLO.

Tutor Académico: Prof. Armando Díaz. Tutor Industrial: Ing. Jesús Guerrero. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Geológica, Minas y Geofísica. 2005. 301pag.

Palabras Claves: Susceptibilidad, Metodología, Evaluación Semicuantitativa, No Determinística, Valera, Trujillo, Eje Vial, Local 1, Venezuela.

RESUMEN

La investigación realizada dentro del Proyecto Multinacional Andino, en su Fase Valera-Trujillo, Venezuela, tuvo como objetivo principal prospectar la caracterización geológico-geotécnica en dos de sus principales vialidades, Eje Vial y Local 1. La finalidad fue cartografiar la susceptibilidad a los movimientos en masa, de acuerdo a las exigencias del proyecto, a lo largo de estas dos importantes rutas.

Para el diagnóstico de los factores y posterior resultado de susceptibilidad, fue diseñada una nueva metodología, bajo un modelo no determinístico y un sistema de evaluación semi cuantitativo, por ponderación de variables, los cuales contribuyeron y ofrecieron una respuesta de susceptibilidad en cinco (5) rubros: muy baja, baja, media, alta, muy alta.

Para tal fin, se recurrió en principio a la obtención y procesamiento de data de campo relacionada con la caracterización de macizos rocosos y suelos (perfiles de meteorización), con el propósito de observar las condiciones de los parámetros para una estimación ajustada a la realidad, en función al grado de estabilidad presente en las unidades de trabajo estudiadas. Estos parámetros se conocen con el nombre de “factores condicionantes”, conjuntamente con la elaboración de un inventario actualizado de procesos de remoción en masa, el cual sirve como respaldo de comparación con el resultado de susceptibilidad.

Los factores condicionantes se ubican en cinco grandes grupos: 1) litología y estructuras, 2) cinemática en planos de roca, 3) vegetación y 4) pendiente del terreno. Estos factores fueron utilizados para la elaboración de los respectivos mapas temáticos, y una vez solapados, originaron el mapa de susceptibilidad determinado.

ÍNDICE GENERAL

<i>AGRADECIMIENTOS</i>	i
<i>RESUMEN</i>	vi
<i>ÍNDICE GENERAL</i>	vii
<i>LISTA DE CUADROS</i>	xvii
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	xxii
<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
<i>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</i>	
<i>1.1.-Problema</i>	4
<i>1.2.- Justificación</i>	5
<i>1.3.- Objetivos Generales</i>	6
<i>1.3.1.-Definición de unidades litológicas formales e informales</i>	6
<i>1.3.2.-Caracterización geotécnica general del área</i>	6
<i>1.3.3.-Elaboración un diagnóstico geológico-geotécnico</i>	6
<i>1.4.- Objetivos Específicos</i>	6
<i>1.4.1.-Estudio geológico detallado de superficie a escala</i> <i>1:10.000</i>	6
<i>1.4.2.-Identificación y clasificación de las rocas y suelos</i>	6
<i>1.4.3.-Caracterización petrográfica de las muestras</i>	6
<i>1.4.4.-Identificación, localización, caracterización y clasificación</i> <i>de los diferentes movimientos en masa</i>	6
<i>1.4.5.-Verificación de la información cartográfica geológica</i> <i>regional</i>	6
<i>1.4.6.-Descripción y caracterización detallada de los diferentes</i> <i>grupos litológicos</i>	6
<i>1.5.- Zona de Estudio</i>	7
<i>1.5.1.- Vías de acceso</i>	8
<i>1.6.- Trabajos Previos y Bibliografías Consultadas</i>	8
<i>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</i>	
<i>2.1.-Aspectos Generales</i>	12

2.2.- Metodología.....	13
2.2.1.-Actividades pre-campo o de recolección bibliográfica.....	13
2.2.1.1.-Definición de objetivos generales y específicos.....	13
2.2.1.2.-Delimitación de la zona de estudio.....	14
2.2.1.3.-Digitalización de mapas.....	14
2.2.1.4.-Interpretación de la fotografías aéreas.....	15
2.2.1.5.-Cartografía geológica.....	15
2.2.1.6.-Las simbologías o leyendas de los mapas.....	15
2.2.1.7.-Fichas o minutas de trabajo.....	16
2.2.1.8.-Nomenclatura de las unidades de trabajo.....	17
2.2.1.9.-Nomenclatura de las muestras.....	18
2.2.1.10.-Nomenclatura de las fotografías.....	19
2.2.2.-División de etapas de campo.....	19
2.2.2.1.-Primera etapa de campo.....	19
2.2.2.2.-Segunda etapa de campo.....	21
2.2.3.-Fase de laboratorio y oficina.....	24
2.2.3.1.-Valor del RMR.....	26
2.2.3.2.-Determinación del GSI.....	27
2.2.3.3.-Análisis cinemática.....	29
2.2.3.4.-Clasificación de Romana.....	29
2.2.3.5.-Elaboración del mapa de susceptibilidad.....	29
CAPÍTULO III: GEOGRAFÍA FÍSICA	
3.1.-Introducción.....	42
3.2.-Relieve.....	43
3.2.1.-Unidad I: colinas y cerros.....	43
3.2.1.1.-Filas estrechas.....	44
3.2.1.2.-Topoformas de tope amesetado.....	45
3.2.1.3.-Topoformas de tope acolinado.....	45
3.2.1.4.-Valles.....	46
3.2.2.-Unidad II: valles amplios.....	47

3.3.-Precipitación.....	48
3.4.-Temperatura.....	49
3.5.-Pisos Térmicos.....	52
3.5.1.-Piso subtropical.....	52
3.5.2.-Piso tropical o capital.....	52
3.6.-Humedad Relativa.....	52
3.7.-Regímenes de Humedad y Temperatura de Suelo.....	52
3.7.1.-Regímenes de humedad.....	52
3.7.1.1.-Ústico.....	53
3.7.1.2.-Údico.....	53
3.7.2.-Regímenes de temperatura.....	53
3.7.2.1.-Isotérmico.....	53
3.7.2.2.-Isohipertérmico.....	53
3.8.-Estación Climática.....	53
3.8.1.-Clima tropical cálido.....	53
3.9.-Vegetación.....	53
3.9.1.-Bosque seco tropical.....	54
3.9.2.-Bosque seco Premontano.....	54
3.9.3.-Bosque húmedo Premontano.....	54
3.10.-Drenaje.....	54
3.10.1.-Río Motatán.....	55
3.10.2.-Río Castán	57
3.10.3.-Río Jiménez.....	58
CAPÍTULO IV: GEOLOGÍA REGIONAL	
4.1.-Geología Estratigráfica Regional.....	59
4.1.1.-Paleozoico.....	59
4.1.1.1.-Formación Mucuchachí.....	59
4.1.2.-Cenozoico.....	62
4.1.2.1.-Formación Isnotú.....	62
4.1.2.2.-Formación Betijoque.....	65

4.1.3.-Cuaternario.....	67
4.1.3.1.-Formación Carvajal.....	67
4.2.-Geología Histórica Regional.....	70
4.2.1.-Proterozoico.....	70
4.2.2.-Paleozoico.....	71
4.2.2.1.-Paleozoico inferior.....	71
4.2.2.2.-Paleozoico superior.....	72
4.2.3.-Mesozoico.....	73
4.2.3.1.-Cretácico.....	73
4.2.4.-Cenozoico.....	73
4.2.4.1.-Terciario inferior.....	73
4.2.4.2.-Terciario superior.....	74
4.2.5.-Cuaternario.....	74
4.3.-Geología Estructural Regional.....	74
4.4.-Geología Estructural Local.....	76
4.5.-Sismicidad Regional.....	78
CAPÍTULO V: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	
5.1.-Aspectos Generales.....	83
5.2.-Depósitos Cuaternarios.....	83
5.2.1.-Depósitos aluviales recientes.....	83
5.2.1.1.-Descripción litológica.....	83
5.2.1.2.-Características geotécnicas.....	84
5.2.1.3.-Propiedades hidrogeológicas.....	84
5.2.1.4.-Condiciones de estabilidad.....	85
5.2.2.-Depósitos coluviales.....	86
5.2.2.1.-Descripción litológica.....	87
5.2.2.2.-Procesos geomorfológicos.....	88
5.2.2.3.-Características geotécnicas.....	89
5.2.2.4.-Condiciones hidrogeológicas.....	91
5.2.2.5.-Condiciones de estabilidad generales.....	91

5.2.3.-Depósitos aluviales de terraza.....	94
5.2.3.1.-Descripción litológica.....	94
5.2.3.2.-Características geotécnicas.....	96
5.2.3.3.-Condiciones de estabilidad.....	96
5.2.3.4.-Condiciones hidrogeológicas.....	96
5.2.3.5.-Descripción del perfil de meteorización y estabilidad.....	98
5.3.-Unidades de Rocas del Terciario.....	99
5.3.1.-Unidad de arenisca intercalada con limonitas y lutitas.....	99
5.3.1.1.-Descripción litológica.....	99
5.3.1.2.-Características geotécnicas.....	101
5.3.1.3.-Propiedades hidrogeológicas.....	102
5.3.1.4.-Análisis petrográfico.....	104
5.3.1.4.1.-Descripción petrográfica.....	105
5.3.1.4.2.-Descripción muestra de mano.....	105
5.3.1.4.3.-Descripción petrográfica.....	106
5.3.1.4.4.-Descripción muestra de mano.....	107
5.3.1.5.-Descripción del perfil de meteorización.....	107
5.3.2.-Unidad de conglomerado y lutita.....	109
5.3.2.1.-Descripción litológica.....	109
5.3.2.2.-Características geotécnicas.....	111
5.3.2.3.-Propiedades hidrogeológicas.....	113
5.3.2.4.-Condiciones de estabilidad.....	113
5.3.2.5.-Análisis petrográfico.....	115
5.3.2.5.1.-Descripción petrográfica.....	115
5.3.2.5.2.-Descripción muestra de mano.....	116
5.3.2.5.3.-Descripción petrográfica.....	117
5.3.2.5.4.-Descripción muestra de mano.....	117
5.3.2.6.-Descripción del perfil de meteorización.....	117
5.4.-Unidades de Rocas del Paleozoico.....	119
5.4.1.-Unidad de filita.....	119

5.4.1.1.-Descripción litológica.....	119
5.4.1.2.-Características geotécnicas.....	120
5.4.1.3.-Condiciones de estabilidad.....	121
5.4.1.4.-Propiedades hidrogeológicas.....	122
5.4.1.5.-Análisis petrográfico.....	122
5.4.1.5.1.-Descripción petrográfica.....	122
5.4.1.5.2.-Descripción muestra de mano.....	122
5.4.1.6.-Descripción del perfil de meteorización.....	123
5.5.-Determinación de la Condiciones de Estabilidad de los Perfiles.....	124
5.5.1.-Condición estable.....	125
5.5.2.-Condición parcialmente estable.....	125
5.5.3.-Condición parcialmente inestable.....	126
5.5.4.-Condición inestable.....	127
CAPÍTULO VI: GEOMORFOLOGÍA	
6.1.-Aspectos Generales.....	128
6.2.-Descripción de las Unidades Geomorfológicas presentes.....	129
6.2.1.-Unidad geomorfológica I: (valles amplios).....	129
6.2.1.1.-Valle del Río Motatán.....	130
6.2.1.2.-Valle del Río Castán.....	131
6.2.2.-Unidad geomorfológico II: (terrazas y colinas en piedemonte)...	132
6.2.2.1.-Terrazas alineadas.....	134
6.2.2.2.-Colinas piemontinas	134
6.3.-Procesos de Inestabilidad o Movimientos en masa.....	135
6.3.1.-Caídas.....	137
6.3.2.-Basculamientos.....	138
6.3.3.-Deslizamientos.....	138
6.3.3.1.-Deslizamientos rotacionales.....	139
6.3.3.2.-Deslizamientos Translacionales.....	140
6.3.4.-Separaciones laterales.....	140
6.3.4.1.-Propagación lateral en rocas.....	140

6.3.4.2.-Propagación lateral en detritos o suelos.....	141
6.3.5.-Flujos.....	141
6.3.5.1.-Flujo de rocas.....	141
6.3.5.2.-Flujo de detritos.....	142
6.3.5.3.-Flujo de suelo.....	143
6.3.6.-Movimientos complejos.....	143
6.3.7.-Repteo.....	144
6.3.7.1.-Reptación estacional.....	144
6.3.7.2.-Reptación continua.....	144
6.4.-Erosión Hídrica.....	144
6.4.1.-Erosión por lluvias.....	144
6.4.1.1.-Erosión laminar.....	144
6.4.1.2.-Erosión en surco.....	145
6.4.1.3.-Erosión en cárcavas.....	145
6.4.2.-Erosión por cauce o erosión lateral.....	145
6.5.-Análisis de la influencia de la precipitaciones.....	146
CAPÍTULO VII: VEGETACIÓN Y SUELOS	
7.1.-Aspectos Generales.....	149
7.2.-Vegetación.....	150
7.2.1.-Intercepción.....	150
7.2.2.-Evapotranspiración.....	151
7.2.3.-Infiltración.....	152
7.2.4.-Protección de la superficie del suelo.....	152
7.2.5.-Escorrentía superficial.....	153
7.2.6.-Sujeción del suelo.....	153
7.2.6.1.-Reforzamiento del suelo por las raíces.....	153
7.2.6.2.-Sobrecargas.....	154
7.3.-Suelos.....	155
7.3.1.-Suelos residuales.....	156
7.3.2.-Suelos transportados.....	156

7.4.-Estabilidad de Taludes en Suelo.....	157
7.5.-Perfil de Meteorización.....	158
7.5.1.-Importancia del perfil de meteorización.....	160
7.6.-Criterios de la Clasificación del Perfil de Meteorización.....	160
7.6.1.-Perfil de meteorización para rocas metamórficas.....	162
7.6.1.1.-Horizonte I.....	162
7.6.1.1.1.-La zona IA.....	162
7.6.1.1.2.-La zona IB.....	163
7.6.1.1.3.-La zona IC.....	163
7.6.1.2.-Horizonte II.....	164
7.6.1.2.1.-La zona IIA.....	164
7.6.1.2.2.-La zona IIB.....	164
7.6.1.3.-Horizonte III.....	165
7.6.1.3.1.-La zona III.....	165
7.6.2.-Perfil de meteorización en lutitas según Deere y Patton.....	167
7.6.3.-Perfil de meteorización de areniscas y lutitas interestratificadas..	168
7.7.-Tipo de deslizamientos descritos por Deere y Patton.....	168
7.7.1.-Deslizamientos someros en el suelos residual superior.....	169
7.7.2.-Deslizamiento de bloque o cuña	170
7.7.3.-Deslizamientos en el coluvión.....	171
7.7.4.-Deslizamientos profundos.....	171
7.8.-Propiedades y Características de los Suelos.....	171
7.8.1.-Tamaños de las partículas.....	171
7.8.2.-Gradación.....	172
7.8.3.-Forma de la partícula.....	173
7.8.4.-Estructura.....	173
7.8.4.1.-Estructura homogénea.....	173
7.8.4.2.-Estructura estratificada.....	173
7.8.4.3.-Estructura laminada.....	174
7.8.4.4.-Estructura lenticular.....	174

7.8.4.5.-estructura fisurada.....	174
7.8.5.-Humedad.....	174
7.8.6.-Compacidad.....	174
7.8.7.-Materia orgánica.....	175
7.8.8.-Olor.....	175
7.8.9.-Cohesión.....	175
7.8.10.-Plasticidad.....	175
7.8.11.-Dilatancia.....	175
7.8.12.-Consistencia.....	176
7.8.13.-Resistencia a la compresión en suelos y rocas.....	176
7.8.14.-Sistema unificado de clasificación de suelos.....	177
7.8.14.1.-Suelos gruesos.....	178
7.8.14.2.-Suelos finos.....	179
7.8.15.-Identificación de los suelos (en campo).....	180
7.8.15.1.-Identificación en campo de los suelos gruesos.....	180
7.8.15.2.-Identificación en campo de los suelos finos.....	181
7.9 Cosideraciones de Conceptos sobre Propiedades de suelos.....	182
7.9.1.-Estado de consistencia.....	182
7.9.2.-Límite líquido.....	183
7.9.3.-Límite plástico.....	183
7.9.4.-Índice de plasticidad.....	184
7.9.5.-Carta de plasticidad.....	184
7.9.6.-Análisis granulométrico.....	185
7.9.7.-Porcentaje de humedad.....	186
CAPÍTULO VIII: PENDIENTES	
8.1.-Aspectos Generales.....	187
8.2.-Conceptos de Pendiente y Características.....	188
8.3.-Grado y Longitud de la Pendiente.....	189
8.4.-Clasificación de las Pendientes por su Ángulo.....	191
8.5.-Aspectos Relacionados con la Susceptibilidad.....	192

8.6.-Condiciones de las Pendientes en la Zonas de Estudio.....	193
CAPÍTULO IX: CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS	
9.1.-Aspectos Generales.....	194
9.2.-Clasificación de Bieniawski.....	195
9.2.1.-Resistencia de la matriz rocosa.....	195
9.2.2.-RQD.....	196
9.2.3.-Separación de las juntas.....	197
9.2.4.-Estados de las juntas.....	198
9.2.4.1.-Rugosidad/relleno.....	198
9.2.4.2.-Separación.....	199
9.2.4.3.-Persistencia.....	199
9.2.5.-Agua dentro del macizo rocoso.....	200
9.3.-Clasificación Geomecánica RMR.....	202
9.4.-Clasificación Geomecánica SMR.....	202
9.5.-Estabilidad Cinemática.....	203
9.5.1.-Condiciones para falla planar.....	204
9.5.2.-Condiciones para fallamiento en cuña.....	204
9.5.3.-Condiciones por falla por volcamiento.....	204
9.6.-Clasificación Geomecánica GSI.....	208
9.6.1.-Tabla GSI modificada.....	208
9.6.2.-Estructura de la tabla.....	209
9.6.3.-Determinación del ángulo de fricción residual.....	210
RESULTADOS.....	211
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	276
CONCLUSIONES.....	290
RECOMENDACIONES.....	294
BIBLIOGRAFÍA.....	296

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1: Minuta para la recolección de datos geotécnicos y geológicos en campo para rocas.....</i>	16
<i>Cuadro 2: Minuta para la recolección de datos geotécnicos y geológicos en campo para suelos.....</i>	17
<i>Cuadro 3: Tabla para la recolección de datos de campo para taludes y laderas.....</i>	25
<i>Cuadro 4: Muestra recolectadas en campo para elaborar las secciones finas.....</i>	26
<i>Cuadro 5: Clasificación geomecánica de Bieniawski (1989).....</i>	27
<i>Cuadro 6: GSI aplicado a rocas metamórficas, Hoek (1994), modificada por Truzman (1999).</i>	28
<i>Cuadro 7: GSI aplicado a rocas sedimentarias, Hoek (1998).....</i>	29
<i>Cuadro 8: Comparación de los tipos de mapas que representan inestabilidad. Tomado de González de Vallejo (2002).....</i>	32
<i>Cuadro 9: Matriz de ponderación para el mapa de susceptibilidad. Elaborado por Caicedo & Medina (2005).....</i>	36
<i>Cuadro 10: Promedios mensuales de las precipitaciones de las estaciones Pampán, Trujillo-Liceo y Las Cruces.....</i>	48
<i>Cuadro 11: Comportamiento mensual de la temperatura de la estación Valera.....</i>	51
<i>Cuadro 12: Tabla resume con las características más resaltantes de las 13 fallas activas consideradas, tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).</i>	79
<i>Cuadro 13: Parámetros estimados a partir de las características físicas, tomado de González de Vallejo (2002).....</i>	84
<i>Cuadro 14: Resultados ensayos de laboratorio (suelos).....</i>	90
<i>Cuadro 15: Ensayo de difracción.....</i>	90

<i>Cuadro 16: Resultados ensayos de laboratorio (suelos).....</i>	97
<i>Cuadro 17: Ensayo De Difracción.....</i>	97
<i>Cuadro 18: Descripción del perfil de meteorización, ensayos in situ.....</i>	98
<i>Cuadro 19: Resultados de ensayos de laboratorio (suelos).....</i>	103
<i>Cuadro 20: Ensayos de difracción.....</i>	104
<i>Cuadro21: Propiedades del perfil de Meteorización de la unidad de arenisca y limolita (UAL), características in-situ.....</i>	108
<i>Cuadro 22: Resultados ensayos de laboratorio (suelos).....</i>	114
<i>Cuadro 23: Ensayos de difracción de rayos X.....</i>	115
<i>Cuadro 24: Propiedades del perfil de meteorización de la unidad de conglomerado y lutita (CL), ensayo in situ.....</i>	118
<i>Cuadro 25: Propiedades del perfil de meteorización de la unidad de filita (UF), ensayos in situ.....</i>	123
<i>Cuadro 26: Clasificación de los deslizamientos, tomado de Varnes & Cruden (1996).....</i>	137
<i>Cuadro 27: Relación de evapotranspiración en diferentes especies vegetales, tomado de González de Vallejo (2002).....</i>	152
<i>Cuadro 28: Descripción del perfil de meteorización propuesto por Deere y Patton, tomado de Deere y Patton (1971).....</i>	166
<i>Cuadro 29: Clasificación de la Consistencia, tomado de González de Vallejo (2002).....</i>	176
<i>Cuadro 30: muestra la resistencia de los suelos y las rocas, tomado de González de Vallejo (2002).....</i>	177
<i>Cuadro 31: Sistema de clasificación de suelos, tomado del González Vallejo (2002).....</i>	182
<i>Cuadro 32: Estado físico de los taludes con desiguales geometrías, T2-1 (izquierda), T5-1 (centro) y T26-1 (derecha).....</i>	192
<i>Cuadro 33: Clasificación ISRM ampliada (1977), para la resistencia de rocas y suelos.....</i>	196

<i>Cuadro 34: Clasificación para el espaciamiento de las juntas, tomado González de Vallejo (2002).....</i>	<i>198</i>
<i>Cuadro 35: Rugosidad.....</i>	<i>198</i>
<i>Cuadro 36: Separación de las diaclasas.....</i>	<i>199</i>
<i>Cuadro 37: Grado de meteorización en bordes de juntas (ISRM, 1977).....</i>	<i>200</i>
<i>Cuadro 38: Flujo de agua en las juntas, Romana (1993).....</i>	<i>201</i>
<i>Cuadro 39: Corrección por la orientación de las discontinuidades.....</i>	<i>202</i>
<i>Cuadro 40: Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR.....</i>	<i>202</i>
<i>Cuadro 41: Factor de ajuste aplicado por Romana.....</i>	<i>207</i>
<i>Cuadro 42: Resultado descriptivo de los factores condicionantes para la susceptibilidad en el Eje Vial y Local 1.....</i>	<i>212</i>
<i>Cuadro 43. Estación de trabajo L1-2-3.....</i>	<i>213</i>
<i>Cuadro 44: Estación de trabajo L2-2-4.....</i>	<i>214</i>
<i>Cuadro 45. Estación de trabajo T1-2-1.....</i>	<i>215</i>
<i>Cuadro 46: Estación de trabajo T2-2-2.....</i>	<i>216</i>
<i>Cuadro 47: Estación de trabajo T3-2-5.....</i>	<i>217</i>
<i>Cuadro 48: Estación de trabajo T4-2-6.....</i>	<i>218</i>
<i>Cuadro 49: Estación de trabajo T5-2-7.....</i>	<i>219</i>
<i>Cuadro 50: Estación de trabajo T6-2-8.....</i>	<i>220</i>
<i>Cuadro 51: Estación de trabajo T7-2-9.....</i>	<i>221</i>
<i>Cuadro 52: Estación de trabajo T8-2-10.....</i>	<i>222</i>
<i>Cuadro 53: Estación de trabajo T12-2-18.....</i>	<i>223</i>
<i>Cuadro 54: Estación de trabajo L3-2-25.....</i>	<i>224</i>
<i>Cuadro 55: Estación de trabajo T19-2-26.....</i>	<i>225</i>
<i>Cuadro 56: Estación de trabajo T20-2-29.....</i>	<i>226</i>
<i>Cuadro 57: Estación de trabajo T20-2-29(Lutita).....</i>	<i>227</i>
<i>Cuadro 58: Estación de trabajo T17-2-24.....</i>	<i>228</i>
<i>Cuadro 59: Estación de trabajo L1a-2-1.....</i>	<i>229</i>

<i>Cuadro 60: Estación de trabajo L1b-2-1.....</i>	<i>230</i>
<i>Cuadro 61: Estación de trabajo L1c-2-1.....</i>	<i>231</i>
<i>Cuadro 62: Estación de trabajo L1d-2-25.....</i>	<i>232</i>
<i>Cuadro 63: Estación de trabajo L3a-2-25.....</i>	<i>233</i>
<i>Cuadro 64: Estación de trabajo L3b-2-25.....</i>	<i>234</i>
<i>Cuadro 65: Estación de trabajo L3c-2-25.....</i>	<i>235</i>
<i>Cuadro 66: Estación de trabajo L1e-2-25.....</i>	<i>236</i>
<i>Cuadro 67: Estación de trabajo L3d-2-25.....</i>	<i>237</i>
<i>Cuadro 68: Estación de trabajo LaT2-2-2.....</i>	<i>238</i>
<i>Cuadro 69: Estación de trabajo LaL2-2-4.....</i>	<i>239</i>
<i>Cuadro 70: Estación de trabajo LaT3-2-5.....</i>	<i>240</i>
<i>Cuadro 71: Estación de trabajo LaT8-2-10.....</i>	<i>241</i>
<i>Cuadro 72: Estación de trabajo L2-1-2a.....</i>	<i>242</i>
<i>Cuadro 73: Unidad de trabajo L2-1-2b.....</i>	<i>243</i>
<i>Cuadro 74: Estación de trabajo L4-1-4a.....</i>	<i>244</i>
<i>Cuadro 75: Estación de trabajo L6-1-6a.....</i>	<i>245</i>
<i>Cuadro 76: Estación de trabajo L6-1-6b.....</i>	<i>246</i>
<i>Cuadro 77: Estación de trabajo L6-1-6c.....</i>	<i>247</i>
<i>Cuadro 78: Estación de trabajo L8-1-8a.....</i>	<i>248</i>
<i>Cuadro 79: Estación de trabajo L8-1-8b.....</i>	<i>249</i>
<i>Cuadro 80: Estación de trabajo L9-1-9a.....</i>	<i>250</i>
<i>Cuadro 81: Estación de trabajo L10-1-10a.....</i>	<i>251</i>
<i>Cuadro 82: Estación de trabajo L19-1-19a.....</i>	<i>252</i>
<i>Cuadro 83: Estación de trabajo L20-1-20a.....</i>	<i>253</i>
<i>Cuadro 84: Estación de trabajo L20-1-20b.....</i>	<i>254</i>
<i>Cuadro 85: Estación de trabajo L20-1-20c.....</i>	<i>255</i>
<i>Cuadro 86: Estación de trabajo L20-1-20d.....</i>	<i>256</i>
<i>Cuadro 87: Estación de trabajo L20-1-20e.....</i>	<i>257</i>
<i>Cuadro 88: Estación de trabajo L29-1-29.....</i>	<i>258</i>

<i>Cuadro 89: Estación de trabajo T2-1-2.....</i>	<i>259</i>
<i>Cuadro 90: Estación de trabajo T3-1-3.....</i>	<i>260</i>
<i>Cuadro 91: Estación de trabajo T4-1-4.....</i>	<i>261</i>
<i>Cuadro 92: Estación de trabajo T5-1-5.....</i>	<i>262</i>
<i>Cuadro 93: Estación de trabajo T6-1-6.....</i>	<i>263</i>
<i>Cuadro 94: Estación de trabajo T7-1-7.....</i>	<i>264</i>
<i>Cuadro 95: Estación de trabajo T8-1-8.....</i>	<i>265</i>
<i>Cuadro 96: Estación de trabajo T9-1-9.....</i>	<i>266</i>
<i>Cuadro 97: Estación de trabajo T10-1-10.....</i>	<i>267</i>
<i>Cuadro 98: Estación de trabajo T11-1-11.....</i>	<i>268</i>
<i>Cuadro 99: Estación de trabajo T12-1-12.....</i>	<i>269</i>
<i>Cuadro 100: Estación de trabajo T19-1-19.....</i>	<i>270</i>
<i>Cuadro 101: Estación de trabajo T20-1-20.....</i>	<i>271</i>
<i>Cuadro 102: Estación de trabajo T24-1-24.....</i>	<i>272</i>
<i>Cuadro 103: Estación de trabajo T25-1-25.....</i>	<i>273</i>
<i>Cuadro 104: Estación de trabajo T26-1-26.....</i>	<i>274</i>
<i>Cuadro 105: Estación de trabajo T33-1-33.....</i>	<i>275</i>
<i>Cuadro 106: Abundancia de minerales de arcilla, goethita y moscovita para (UALL), análisis de difracción de rayos X.....</i>	<i>278</i>
<i>Cuadro 107 : Abundancia de minerales de arcilla, goethita y moscovita para (UCL), ensayo de difracción de rayos X.....</i>	<i>281</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1. Ubicación del Eje Vial (Autopista) y Local 1.....</i>	8
<i>Fig. 2: Hojas topográficas que conforman la zona de estudio a diferentes escalas (parte superior), mapas generales (parte inferior derecha).....</i>	14
<i>Fig. 3: Calibración de equipos de Posicionamiento Global.....</i>	21
<i>Fig. 4: Mapas de estabilidad y los factores que intervienen en cada uno de estos, tomado de Ferrer ene González de Vallejo (2002).....</i>	31
<i>Fig. 5: Escalas de vegetación en cuanto a la densidad y uso de tierras, de la cobertura vegetal.....</i>	40
<i>Fig. 6: Comparación de las estaciones ubicadas entre Valera y Trujillo.....</i>	50
<i>Fig. 7: Comportamiento de las temperaturas, datos tomados del MARNR (1985).....</i>	51
<i>Fig. 8: Columna Estratigráfica de la parte superior de la región de estudio, además de su correlación lateral, tomada del Léxico Estratigráfico Venezolano (1.999).....</i>	69
<i>Fig. 9: Columna Estratigráfica de la parte inferior de la región de estudio, además de su correlación lateral, tomada del Léxico Estratigráfico Venezolano (1.999).....</i>	70
<i>Fig. 10: Mapa Regional Estructural de una porción de los Andes de Venezuela, tomado de Audemard et al.(2000).....</i>	76
<i>Fig. 11: Falla normal al suroeste de Jiménez, foto con azimuth 167°.....</i>	77
<i>Fig.12: A) distribución espacial del catálogo de sismicidad en Venezuela con los epicentros discriminados según su magnitud. Azul=$m_b < 5,0$; Verde=$5 < m_b < 6,9$; Rojo=$m_b > 7$. B) Distribución espacial del catálogo de sismicidad en Venezuela con epicentros discriminados según su profundidad. Amarillo=somera; Naranja=Intermedia; Negro=profundidad. Tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).....</i>	80
<i>Fig. 13: Características de la sismicidad en la zona del triángulo, ubicación</i>	80

<i>de epicentros reportados en el catálogo. Tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).....</i>	
<i>Fig.14: Mapa de aceleraciones calculado con los sismos máximos creíbles para cada falla. Tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).....</i>	<i>81</i>
<i>Fig.15: Mapa de aceleraciones calculado con los sismos máximos creíbles y el período de retorno para cada falla. Tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).....</i>	<i>82</i>
<i>Fig. 16: (A la izq.) Planicie aluvial del Río Castán. (A la der.)Perfil longitudinal de la vega.....</i>	<i>84</i>
<i>Fig.17: Vega Río Castán próxima a la ladera L3- 2- 25.....</i>	<i>85</i>
<i>Fig. 18: Planicie de inundación Río Castán, tramo cercano a la entrada del eje vial (Trujillo)-.....</i>	<i>86</i>
<i>Fig.19: Marca de evento de inundación fluvial, de hasta 5m de altura sobre las bases de un puente en el eje vial, situado en las adyacencias de la unidad de trabajo L3-2-25.....</i>	<i>86</i>
<i>Fig. 20: Disposición de los cantos pertenecientes al coluvión, embebidos en una matriz limo arcillosa.....</i>	<i>87</i>
<i>Fig. 21: Dirección del paleo flujo torrencial que transportó y depositó el material coluvial, evidenciado por la inclinación preferencial de los cantos, Ingeniero Hernán Guzmán, señalando la imbricación.....</i>	<i>88</i>
<i>Fig.22: Proceso de caída de bloques pertenecientes al talud T1 -2-1, con cantos encontrados dentro del material desplazado hacia la vialidad, diámetro de hasta 45 cm.....</i>	<i>89</i>
<i>Fig. 23: Proceso en el talud T18-2- 27.....</i>	<i>91</i>
<i>Fig. 24: Contacto geológico discordante entre la unidad metamórfica (Filita) y el coluvión, situado en la estación de trabajo L3 - 2 - 25, sentido Trujillo Valera.....</i>	<i>93</i>
<i>Fig. 25: (A la izq.) Tamaño promedio de los cantos pertenecientes al coluvión presente en la unidad L3-2-25, (A la der.) Mesa de agua superficial en L3-2-</i>	<i>93</i>

25.....	
<i>Fig. 26: Caída de bloques y generación de cárcavas producto de la erosión hídrica y fallas en obras de canalización (talud T17 – 2 – 24).....</i>	94
<i>Fig. 27: Bloques subangulares conformados por gravas embebidas en matriz limo arcillosa, mostrando gradación y una pobre estratificación, talud ubicado en la entrada de Valera, Eje Vial(talud T17– 2–24).....</i>	95
<i>Fig. 28: Cantos de fuente polimictica embebidos en la matriz limosa de la unidad de terraza, talud ubicado en la entrada de Valera, Eje Vial T17 – 2 – 24.....</i>	95
<i>Fig. 29: Interestratificación de arenisca y lutita expresadas para la unidad determinada T24-1-24.....</i>	100
<i>Fig.30: Representación del contacto entre las unidades de terraza y arenisca-lutita, observadas en T21-1-21, observándose a detalle la variabilidad granulométrica de los clastos de diversas fuentes.....</i>	100
<i>Fig. 31: Se evidencia el grado de socavación que presenta la capa de lutita, trayendo consigo la inestabilidad de la capa de areniscas, en forma de caída de bloques (talud ubicado en la entrada de Valera, Eje Vial, T24-1-24.....</i>	101
<i>Fig. 32: Dirección de los planos de diaclasas principales, participes de la inestabilidad dada por caída de bloques, en rojo se muestra la dirección de D1, en naranja D2, partícipes de fallamiento en cuña. Talud ubicado en la entrada de Valera, Eje Vial T25-1-25.....</i>	102
<i>Fig. 33: Vista a detalle del proceso de erosión hídrica en el extremo oeste del talud T2-2-2, desprovisto de vegetación, conformado por limolita convertida en saprolito.....</i>	102
<i>Fig. 34: Vista de sección fina de la limonita MR-2-5(6) en nicoles paralelos y cruzados, respectivamente.....</i>	105
<i>Fig. 35: Muestra de mano de la limonita MR-2-5(6).....</i>	106
<i>Fig. 36: Vista de arenisca MR-2-3(2) en nicoles paralelos y cruzados, respectivamente.....</i>	106

<i>Fig. 37: Muestra de mano de la arenisca MR-2-3(2).....</i>	107
<i>Fig. 38: Taludes T8-2-10, T7-2-9 y T6-2-8, respectivamente. Se observa la constancia lateral del material conglomerático y lutítico, presentándose en estos últimos, niveles de socavación considerables (sentido Trujillo Valera)..</i>	109
<i>Fig. 39: Talud T8-2-10, se aprecia la interestratificación de conglomerados con lutitas, en los primeros generándose niveles de socavación y potencial desprendimiento de bloques, en los últimos fallamiento en cuña y erosión hídrica a nivel de cárcavas.....</i>	110
<i>Fig. 40: Caída de bloque por la orientación de las diaclasas asociadas.....</i>	110
<i>Fig. 41: Porción de una secuencia sedimentaria de UCL (Talud T3-2-5).....</i>	111
<i>Fig. 42: Generación de una cárcava de grandes proporciones producto del drenaje del fluido de escorrentía, los cuales no presentan obras de canalización respectivas, contribuyendo a la depositación de detritos en la vialidad (Talud T3-2-5).....</i>	112
<i>Fig. 43: Proceso de socavación del nivel conglomerático producto de la acción de las aguas de escorrentía, en la base del talud se encuentra material compactado naturalmente desplazado por los procesos (Talud T3-2-5).....</i>	112
<i>Fig.44: Conglomerado MR-2-7(10) en nícoles paralelos y cruzados, respectivamente.....</i>	116
<i>Fig. 45: Muestra de mano del conglomerado MR-2-7(10).....</i>	116
<i>Fig. 46: Talud T19-2-28 impregnado de agua (goteando).....</i>	120
<i>Fig. 47: Medición de estructuras planares (foliación y diaclasas), talud con condiciones de humedad considerables, se observa movimiento en bloques de filita por acción de la erosión hídrica (T19-2-28).....</i>	121
<i>Fig. 48: Plegamiento local asociado a la deformación en régimen dúctil del material (Talud T19-2-28).....</i>	121
<i>Fig. .49: Muestra de mano filita sericítica cuarzo plagioclásica MR-1-1(1)...</i>	122
<i>Fig.50: Interacción de los parámetros geomorfológicos que dan origen a las</i>	129

<i>geoformas.....</i>	
<i>Fig.51: Cambio del curso del Río Motatán, escala de la foto 1:10.000, tomada de la misión 0103103 de 1977.</i>	<i>130</i>
<i>Fig. 52: Variación del curso del Río Castán entre 1981 y 1989. Fuente Ministerio del Desarrollo Urbano.....</i>	<i>131</i>
<i>Fig. 53: Control estructural en el curso del Río Castán.....</i>	<i>132</i>
<i>Fig. 54: Factores condicionantes y desencadenantes.....</i>	<i>136</i>
<i>Fig. 55: Caída bloques.....</i>	<i>138</i>
<i>Fig. 56: Basculamiento.....</i>	<i>138</i>
<i>Fig. 57: Deslizamiento rotacional.....</i>	<i>139</i>
<i>Fig. 58: Deslizamiento transnacional.....</i>	<i>140</i>
<i>Fig. 59: Propagación lateral, tomado de Varnes & Cruden (1996).....</i>	<i>141</i>
<i>Fig. 60: Flujo de rocas.....</i>	<i>142</i>
<i>Fig. 61: Flujo de detritos.....</i>	<i>142</i>
<i>Fig. 62: Flujo de suelo.....</i>	<i>143</i>
<i>Fig. 63: Movimientos complejos (caída de bloque, flujo de detritos y deslizamiento translacional).....</i>	<i>143</i>
<i>Fig. 64: Erosión por lluvias.....</i>	<i>145</i>
<i>Fig. 65: Mapa isoyético para 1996., tomado de un mapa a escala 1:250.000 del MARNR, et. al. (1996).....</i>	<i>147</i>
<i>Fig. 66: Mapa geológico regional (1:1.000.000), tomado del Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999).....</i>	<i>148</i>
<i>Fig. 67: Simboliza zonas altas (moradas) y bajas (verdes), tomado del MARNR, et al (1996).....</i>	<i>148</i>
<i>Fig. 68: La vegetación como agente protector del suelo.</i>	<i>150</i>
<i>Fig. 69: Reforzamiento de las raíces en la estabilidad de un suelo, tomado de Jaime Suárez (1998).....</i>	<i>154</i>
<i>Fig. 70: Desarrollo del perfil de meteorización en diferentes ambientes climáticos, tomado de Gran Atlas Universal-El Nacional (2004).....</i>	<i>159</i>

<i>Fig.71: Tipos Comunes de deslizamientos en roca meteorizada, suelo residual y coluvión. Fuente: Deere y Patton (1971).....</i>	169
<i>Fig. 72: Pendientes y la concavidad de un talud o ladera, la línea azul es la superficie del terreno, mientras que la negra es la pendiente del talud o ladera.....</i>	188
<i>Fig. 73: Las dos formas de concavidad y la variación de las pendientes en la ladera/talud en diferentes alturas, la línea azul es la pendiente natural del talud en perfil.....</i>	189
<i>Fig. 74: La pendiente o ángulo del talud, para taludes uniformes (izquierda) o de forma escalonada con bermas y bancos (derecha). Modificado de González de Vallejo (2002).....</i>	190
<i>Fig. 75: Clasificación de los rangos de pendientes para los taludes.....</i>	191
<i>Fig. 76: Representación de relieves con diferentes pendientes.....</i>	191
<i>Fig. 77: Gráficos de proyecciones hemisféricas ejemplificando tipos de falla, tomado del González de Vallejo (2002).....</i>	203
<i>Fig. 78: Estado de consistencia y humedades naturales de la unidad UALL....</i>	279
<i>Fig. 79: Abundancia de fallas cinemáticas en la región de estudio.....</i>	282
<i>Fig.80: Fallas cinemáticas para la UF.....</i>	283
<i>Fig.81: Fallas cinemáticas para UCL.....</i>	284
<i>Fig.82: Fallas cinemáticas para UALL.....</i>	285
<i>Fig. 83: Distribución general de la susceptibilidad en la región de estudio...</i>	285
<i>Fig.84: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de Areniscas Lutitas y Limonitas.....</i>	286
<i>Fig.85: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de Coluvión.....</i>	287
<i>Fig.86: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de Filita.....</i>	287
<i>Fig. 87: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de Conglomerado y Lutita.....</i>	288
<i>Fig.88: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de terraza (UT).....</i>	288

INTRODUCCIÓN

Durante grandes períodos de tiempo el ser humano ha habitado distintos espacios de terrenos, unos con la intención de desarrollarse en ese medio y otros por intereses económicos. Esta ocupación espacial del terreno ha causado controversia en algunos sectores de la sociedad, debido a los riesgos que se presentan en ese sector, como es el caso de procesos de movimientos en masa e inestabilidad del terreno. Estos factores se mantienen latentes a lo largo del tiempo, porque son eventos en donde la sociedad ha tenido pérdidas a nivel económico y de vidas humanas.

El tema de estabilidad está influenciado directamente con las características físicas de las rocas y suelos que se presenta en el terreno, la cubierta vegetal del sector, los cambios climático de la región, la frecuencia de las precipitaciones, las cargas por construcciones civiles y los cambios por la acción del hombre (acción antrópica).

En el Estado Trujillo, es frecuente ver en ciertos sectores poblados la presencia de problemas de estabilidad del terreno, ya sea en el suelo o en la roca, causando alarma entre los sectores de la sociedad. Por esta razón es que las diferentes organizaciones gubernamentales han aplicado un plan de estabilización y susceptibilidad geológica, por tal inestabilidad del terreno.

Unos de los mayores apoyos a nivel de este estudio geotécnico-geológico estuvo dirigido por INGEOMIN, el cual organizó, planificó y dirigió los objetivos del proyecto, que a su vez fue impulsado por la organización de Geociencias para las Comunidades Andinas del Canadá, denominándolo Proyecto Multinacional Andino (PMA), el cual viene ejerciendo este estudio en algunos países de América del Sur, como es el caso de Chile, Colombia, Bolivia, Perú, Ecuador, Argentina y Venezuela.

La susceptibilidad geológica es el producto de todas aquellas características físicas internas, como son los factores físicos, químicos y biológicos influyentes en el comportamiento de las rocas y suelos, causando de alguna manera una estabilidad o inestabilidad del terreno en un tiempo determinado.

La susceptibilidad geológica está siendo influenciada por algunos parámetros antes mencionados, que afectan de cierto modo y de manera porcentual en las estabilidades de los terrenos. Estos factores se enumeran a continuación:

- **Las pendientes del terreno:** es el ángulo de inclinación que tiene el terreno con respecto a un plano horizontal, juega un papel importante en la estabilidad de las laderas y taludes.
- **Material litológico:** las propiedades físicas de las rocas y suelos en muchas ocasiones constituyen una influencia en el comportamiento físico del terreno, es el factor de mayor importancia del estudio de susceptibilidad geológica.
- **Capa vegetal:** puede permitir a la roca o suelo un cierto nivel de protección con respecto a las precipitaciones, cambios de temperaturas, agentes de erosión física y química. Sin embargo, puede ser inversamente proporcional a la protección que se puede brindar al suelo o roca cuando se trata de agentes de erosión biológica.
- **Estructuras geológicas:** tal es caso de las estructuras planares, como las diaclasas, fracturas, discontinuidades litológicas, pliegues, entre otras.
- **Presencia de aguas subterráneas y/o acuíferos:** los cuales pueden causar un exceso de agua en el terreno, sobre todo en el período de precipitaciones.
- **Índices de resistencia interna de la roca:** proporciona un índice que puede clasificar un macizo rocoso mediante ensayos de campo o directamente en laboratorios.

El trabajo que se presenta a continuación está basado en ajustar todos aquellos parámetros geomorfológicos, climáticos, geológicos y geotécnicos, con el objetivo de predecir la susceptibilidad de los macizos rocosos y las condiciones de los suelos presentes en los tramos del Eje Vial y Local 1, que comunica las ciudades de Trujillo y Valera, ambas en el Estado Trujillo, Venezuela.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1.-Problema:

El tramo vial objeto del presente estudio ha venido presentando un complejo proceso de deterioro que se ha manifestado a través de diversos fenómenos de inestabilidad en sus taludes de corte, lo cual ha determinado que las autoridades de la región se hayan visto en la necesidad de invertir recursos financieros con la finalidad de garantizar la estabilidad y el funcionamiento de la ruta.

La problemática está vinculada a la litología dominante en la región, la cual está conformada por limolitas micáceas, conglomerados con matriz silíceas, areniscas y lutitas de la Formación Betijoque, que se erosionan fácilmente. Por otro lado, se encuentra un aluvión de carácter arenoso, con un grano de tamaño muy variado, en donde los cantos suelen ser redondeados-angulosos y de varios centímetros de diámetro. En menor proporción se encuentra filitas y pizarras de la Formación Mucuchachí en alto grado de meteorización.

A esto debe agregarse que la región se caracteriza por unas condiciones climáticas que determinan la ocurrencia de intensas precipitaciones, las cuales actúan como detonantes, disparándose procesos de geodinámica superficial, entre los cuales podemos señalar: la erosión sobre los taludes y/o laderas, deslizamientos, derrumbes, flujos de tierra, hundimientos en la vialidad y deterioro del pavimento.

La intervención por parte del hombre asociada a la deforestación para el asentamiento de zonas de cultivo y la cría de animales, las condiciones actuales de las rocas y los suelos, los factores estructurales entre los que se encuentran un acentuado fallamiento y la posición espacial de las capas desfavorables a la estabilidad de los cortes, han

conformado la sumatoria de factores que han afectado la estabilidad del terreno, a lo largo de la vía.

Muchas de estas variables han influido de forma permanente, tal es el caso del clima, en cambio otras han actuado de forma intermitente en un período determinado, pudiendo ser ocasionales o presentándose persistentemente en el lapso de funcionamiento de los tramos viales. Un ejemplo es la edificación o construcción de casas a la intemperie.

El estudio del Eje Vial y Local 1, vías que comunican las ciudades de Valera y Trujillo, permitirá diagnosticar la situación para poder establecer los rangos de las inversiones que deberán realizar por conceptos de diseño y construcción de obras relacionadas a la estabilización de los taludes y/o laderas afectadas.

1.2.- Justificación:

El Eje Vial y Local 1 son los principales tramos de comunicación existentes entre Valera y Trujillo, ambas han venido experimentando un deterioro progresivo debido a que una serie de variables de influencia directa han cambiado las condiciones del diseño original.

Durante el período en que ambas vías estuvieron bajo concesión de empresas de mantenimiento vial, se registraron elevadas pérdidas por su mantenimiento y reparación de las calzadas y obras de arte. El deteriorado estado de la vía debido a los frecuentes deslizamientos, derrumbes, hundimientos y otras inestabilidades que pueden ser de alto riesgo para la vida humana y el mantenimiento de la infraestructura existente a ambos márgenes de dicho corredor, ha significado un factor negativo en la consolidación del intercambio comercial entre los Municipios Motatán y Trujillo.

El contar con un estudio de susceptibilidad geológica y geotécnica a lo largo de estos tramos, que permita identificar áreas críticas, así como los factores y fuerzas que disparan los procesos de deterioro, será de gran utilidad en la formulación de estrategias para garantizar la permanencia de las vías y colaborar así con el desarrollo integral del estado Trujillo.

1.3.- Objetivos Generales:

1.3.1.-Definición de unidades litológicas formales e informales presentes, en base a las características texturales, estructurales, mineralógicas y físicas de las rocas encontradas dentro de la zona estudio.

1.3.2.-Caracterización geotécnica general del área, mediante el estudio de las condiciones geoestructurales, geomorfológicas y geotécnicas de los materiales presentes, que permitan establecer un diagnóstico acerca de la condiciones de estabilidad de las laderas o taludes a lo largo de las vías de referencia.

1.3.3.-Elaborar un diagnóstico geológico-geotécnico que permita zonificar las áreas con diferentes grados de susceptibilidad a movimientos en masa.

1.4.- Objetivos Específicos:

1.4.1.-Estudio geológico detallado de superficie a escala 1:10.000, con el fin de generar la caracterización geológica del área.

1.4.2.-Identificación y clasificación de las rocas y suelos que afloran en el área de estudio, determinando sus características geomecánicas.

1.4.3.-Caracterización petrográfica de las muestras representativas de la zona, a través del estudio de secciones finas.

1.4.4.-Identificación, localización, caracterización y clasificación de los diferentes movimientos en masa que se presentan en los taludes y/o laderas de las vías en cuestión.

1.4.5.-Verificación de la información cartográfica geológica regional existente en la zona de estudio.

1.4.6.-Descripción y caracterización detallada de los diferentes grupos litológicos existentes en la zona de estudio.

1.5.- Zona de Estudio:

El área de estudio se encuentra ubicada al Occidente de Venezuela, en el Estado Trujillo entre las coordenadas U.T.M. N: (1043000 -1032500) y las E: (323500 - 340500). Específicamente en una franja de 1 Km. de ancho, a lo largo de las vías de comunicación que une la capital Trujillo con Valera, las cuales son la Local 1 y el Eje Vial, como se muestra en la figura 1.

La Local 1, al extremo este, presenta la misma trayectoria del Río Castán, siguiendo los centros poblados desde Trujillo, El Prado, Pampanito hasta llegar a Jiménez, en donde la trayectoria del extremo oeste sigue hacia el sur uniendo los poblados de La Meseta y La Cejita. Abarca un área de estudio de 36 Km².

Por otro lado, el Eje Vial comienza su trayectoria desde El Prado, pasa por La Meseta llegando hasta Valera, abarcando un área de 30 Km².

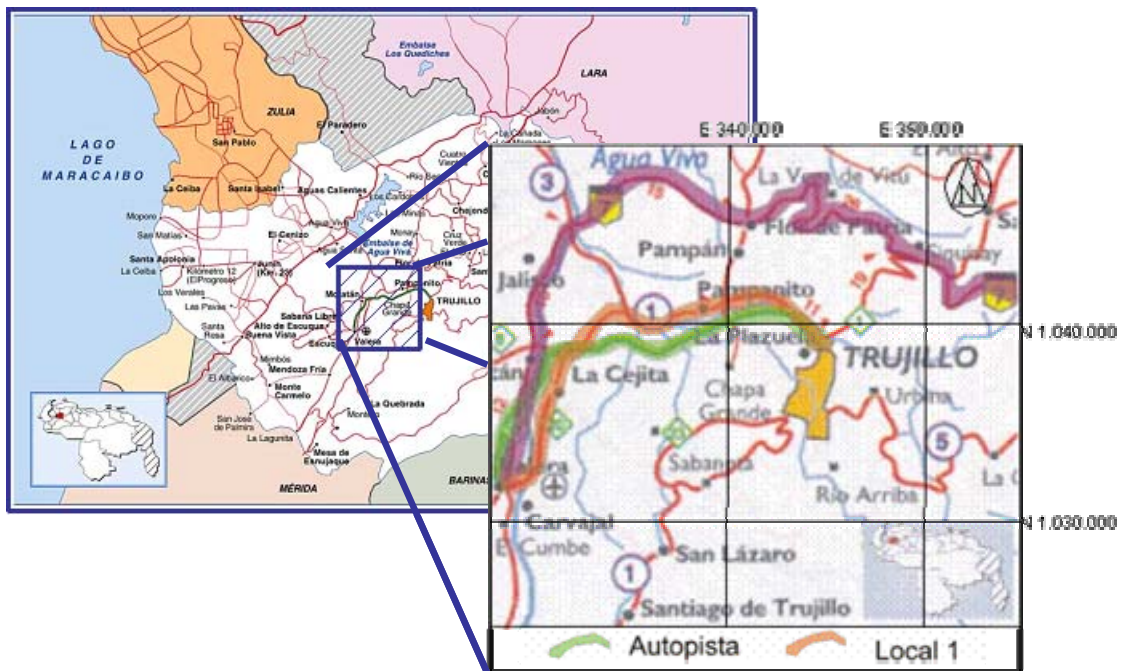


Fig. 1. Ubicación del Eje Vial (Autopista) y Local 1.

1.5.1.- *Vías de acceso:* Las rutas de acceso a la zona de estudio están demarcadas por las trayectorias de las vías, Local 1 y Eje Vial, siendo la zona de estudio una franja de 500 metros a cada lado de la vía, de requerirse, para lo cual se utilizarán los tributarios del Río Castán en la zona este y tributarios del Motatán para la zona oeste, además de algunas rutas de acceso a viviendas aledañas a las vías.

1.6.- *Trabajos Previos y Bibliografías Consultadas:*

Los primeros en definir la lutita de Paují en los andes fueron Tobler en 1922 y Garner 1926 (González de Juana, 1951), este último definió en un sector específico a la Formación Betijoque. Liddle (1928), publica la descripción de la lutita de Paují y define las rocas del paleozoico en el Río Momboy cerca del Estado Trujillo como la Serie de Río Momboy, situándola de manera estratigráfica por encima de los cuerpos graníticos y por debajo de la “Old Red Series”.

Christ (1927), introduce el nombre de Serie de Mucuchachí para describir los sedimentos metamorfizados en los alrededores del pueblo Mucuchachí, Estado Mérida.

Kehrer (1938), creyó conveniente designar la Serie Río Momboy como perteneciente a la Serie Mucuchachí.

Renz (1942), separa la lutita de Paují como formación, la cual formaba parte del miembro superior de la Formación Mene Grande, esta definición es utilizada hasta la fecha.

Sutton para 1946 en González de Juana (1953), en principio define a una secuencia de arenas y gravas discordantes sobre la Formación Betijoque como la Formación Dividive, pero en vista que este nombre fue usado con anterioridad, fue redefinida como Formación Carvajal. Para esta formación se incluían todos los sedimentos aluviales encontrados en el pie de monte andino del Lago de Maracaibo y en los valles andinos.

Sutton *et. al.* (1946), logra clasificar en el flanco noroccidental de Los Andes los depósitos eocénicos, asignándoles con rangos formacionales del Palmar, Isnotú y Betijoque, posteriormente se emplearon de manera variable en cuadros de correlación. En la actualidad están incluidas dentro del Grupo Guayabo con su denominación original.

Para Liddle (1946), Mencher, *et. al.* (1951, 1953) e Young *et. al.* (1954), incluyeron dentro de un grupo todas aquellas formaciones con edades oligo-miocénicas de ambientes marinos y afloran en el flanco occidental andino. Este término es el que se conoce y se denomina como Grupo Guayabo.

Mencher, *et. al.* (1951, 1953), describió una unidad que se incluía dentro de la Formación Betijoque, catalogándose como Miembro Sanalejo. Este miembro fue descrito en el primer Congreso Geológico Venezolano como miembro superior de la Formación Betijoque, describiéndose así a las capas conglomeráticas masivas. Por otro lado, el miembro inferior fue en un principio descrito por Feo-Codecito (1956) en el Léxico Estratigráfico de Venezuela con rango formacional, para posteriormente redefinirlo como Miembro Vichú en el año 1963, catalogando de esta manera a las areniscas, arcillitas y la presencia casual de capas conglomeráticas.

Pierce (1960), fue el primero en utilizar el nombre formacional de Río Momboy, cuando se dividió el Grupo Mucuchachí. Además, Pierce *et. al.* (1961), le asigna a la formación Río Momboy una edad del Devónico, con localidades tipo en el afluente del Río Momboy, la quebrada Mocojón y al suroeste de Mendoza, todo esto en el estado Trujillo.

Arnold para 1961 en González de Juana (1953), divide a la Formación Río Momboy en dos miembros, el inferior de pizarras limolíticas y el superior de calizas cristalinas.

Para los geólogos de la Shell y Creole (1964), la división del Grupo Mucuchachí era inexplicable y no cartografiable, rechazando de esta forma los términos de Río Momboy, Libertad y Remolino, indicando a su vez, que las unidades asignadas al grupo Mucuchachí tienen en su parte más antigua edades inferiores al Devónico, asignándole un rango de Formación Mucuchachí.

García y Campos (1972), recomiendan mantener los términos de formación del Río Momboy por la diferencia de metamorfismo con la Formación Mucuchachí. Estos mismos autores dividen las rocas de Río Momboy en dos miembros, el inferior como Miembro Mocojón y el superior como Miembro Mendoza, que no son los

correspondientes asignados por Arnold (1961), quien incluía las calizas para ambos miembros, siendo estas incluidas en el Miembro Mendoza.

Shubert y Valastrol para 1980 en González de Juana (1980), separan de la Formación Carvajal los sedimentos que se encuentran en el Río Motatán, denominándolos como Formación Esnujaque, con el argumento de que estos no presentaban continuidad y correlación entre los del valle piemontino y los valles internos.

Bellizia y Pimentel para 1994 en González de Juana (1980) designaron a las pizarras limolíticas y calizas cristalinas del Río Momboy como unidades litodémicas con el rango de asociación, definiendo la Asociación Río Momboy, por lo que los miembros quedaron con rangos litodémicos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1.-Aspectos Generales:

Antes de definir una metodología, es necesario recordar los objetivos generales del proyecto, ya que estos sintetizan y delimitan las labores necesarias para llegar a un resultado óptimo, simplificado y conciso, estos objetivos fueron expuestos en el capítulo I de este trabajo, siendo:

- Definición de unidades litológicas informales en base a las características texturales y mineralógicas de las rocas encontradas dentro de la zona de estudio.
- Caracterización geotécnica general del área, mediante un estudio de las condiciones geoestructurales, geomorfológicos y geotécnicas presentes, que permitan establecer un diagnóstico acerca de las condiciones de estabilidad de ladera o talud a lo largo del Eje Vial y Local 1.
- Elaborar un diagnóstico geológico-geotécnico que permita zonificar las áreas con diferentes grados de susceptibilidad a movimientos en masa.

Dentro de este marco descrito se siguió un patrón esquemático general, en donde se puede visualizar y distinguir los procedimientos utilizados. Este esquema se basa en tres grandes divisiones, y fueron las siguientes:

- Etapa pre-campo: esta etapa se basa en todas las actividades que se ejecutan anteriores a campo.
- Etapa campo: son todas aquellas técnicas utilizadas para obtener la información de campo.

- Etapa post-campo: se basa en la organización, interpretación y análisis de todos los datos de campo que faciliten los resultados para el proyecto.

Este capítulo busca una visión generalizada de todos mecanismos utilizados para desarrollar el proyecto, los cuales se pueden ver con mayor especificación en los capítulos III, IV, VII, VIII y IX.

2.2.- Metodología:

El proyecto se realizó siguiendo un patrón esquemático, el cual se basó en subdividir la actividad de estudio en etapas, permitiendo un mayor aprovechamiento de los recursos para cada una de estas.

Estas etapas son las siguientes:

2.2.1.-Actividades pre-campo o de recolección bibliográfica: consiste en la recolección, recopilación, procesamientos, digitalización y análisis de todos aquellos informes, planos y publicaciones (simposios, seminarios, congresos, etc.) que cubran la zona de interés.

2.2.1.1.-Definición de objetivos generales y específicos: en párrafos anteriores se mencionaron los objetivos generales de la investigación, a continuación se mencionan los objetivos específicos para cumplir los generales.

- Estudio geológico detallado de superficie a escala 1:10.000, con el fin de obtener la caracterización geológica del área.
- Identificación y clasificación de las rocas y suelos que afloran en el área de estudio, determinando sus características geomecánicas.
- Caracterización petrográfica a través del estudio de secciones finas.

- Determinación y clasificación de los diferentes movimientos en masa que se presentan en los taludes y/o laderas de los tramos del Eje Vial y Local 1, entre Valera y Trujillo.
- Verificación de la información cartográfica geológica existente en la zona de estudio.
- Descripción detallada de los grupos litológicos existentes en la zona de estudio.

2.2.1.2.-*Delimitación de la zona de estudio:* la zona de estudio comprende una franja de 1 Km² a lo largo del Eje Vial y local 1, que comunica las ciudades de Valera y Trujillo, abarcando un área total de 63 Km².

2.2.1.3.-*La digitalización de las hojas:* la digitalización I-J-15, K-L-14-15, hoja 4, hoja 3 y Área Metropolitana de Valera se realizó a escala 1:10.000, mientras que las hojas N-26, M-26, L-26 y L-27 se hicieron a escala 1:5.000. Posteriormente se unieron y se generalizó la región de estudio a cuatro mapas topográficos con escala 1:10.000, como se muestra en la figura 2. Se trabajó la digitalización en los programas de AutoCAD Map2001, Mapinfo y ArtGiss.

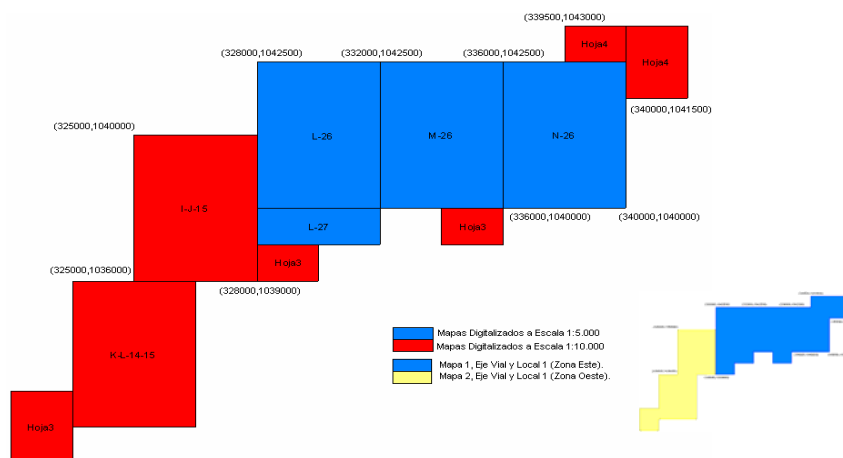


Fig. 2: Hojas topográficas que conforman la zona de estudio a diferentes escalas (parte superior), mapas generales (parte inferior derecha).

2.2.1.4.-*Interpretación de fotografías aéreas:* se recolectó un conjunto de fotografías áreas correspondientes a misiones de épocas y escalas diferentes, que permitieron sustraer información geológica-estructural, rasgos geomorfológicos y evolución histórica de los procesos de remoción en masa en el área de interés.

Todas las características recolectadas de las fotografías fueron incluidas dentro de un mapa de inventario con fecha de 1987 (fecha de la última misión), que luego fue actualizado por la excursión realizada a la región en los meses de mayo y junio de 2005.

A continuación se especifican las misiones fotográficas de las cuales se extrajo la interpretación en la región de Valera-Trujillo.

- Misión 0103103 a escala 1:10.000 del año 1977.
- Misión 0103105 a escala 1:25.000 del año 1980.
- Misión 010480 a escala 1:35.000 del año 1987.
- Misión 010380 a escala 1:25000 del año 1974.

2.2.1.5.-*La cartografía geológica:* la cartografía geológica para nuestra investigación se basó en la realizada por García y Campos (1972), la cual fue modificada cuando se requirió durante las excursiones.

2.2.1.6.-*Las simbologías o leyendas de los mapas:* las simbologías y leyendas se basaron en las clasificaciones más adecuadas y ajustables al proyecto, siguiendo los objetivos expuestos con anterioridad. Gran parte de estas simbologías las suministró INGEOMIN de sus trabajos anteriormente realizados, en ocasiones se ajustaron previamente para el uso actual de los mapas.

Para la etapa de recolección de información y organización se establecieron un conjunto de métodos que facilitan y resumen la recolección de datos geotécnicos y geológicos.

2.2.1.7.-Fichas o minutas de trabajo: se elaboró una ficha o minuta resumen, que contiene todos aquellos conceptos que individualmente describen cada talud o ladera. Se adaptó una ficha para la descripción de los suelos y otra para la descripción de las rocas, en el cuadro 1 y 2 se muestran las minutas para las rocas y suelos, respectivamente.

Todos aquellos conceptos utilizados en las siguientes fichas de trabajo son tratados con mayor especificación en los capítulos IV, VII, VIII y IX.

Cuadro 1: Minuta para la recolección de datos geotécnicos y geológicos en campo para rocas.

FICHA DE RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DE MACIZO ROCOSO						Fecha:	Hora:	
Proyecto:		Estado:		Sector:				
Estación #		Coordenadas (UTM)		Progresiva		Altitud		
		N: E:				m.s.n.m.		
Formación <input type="checkbox"/>		Unidad Litodémica <input type="checkbox"/>		Biozona climática:				
Vegetación:		Herbácea <input type="checkbox"/>		Arbórea <input type="checkbox"/>				
FOTO VEG.		V1. Áreas desprovistas de vegetación				<input type="checkbox"/>		
		V2. Áreas deforestadas para cultivo				<input type="checkbox"/>		
		V3. Áreas de vegetación escasa				<input type="checkbox"/>		
		V4. Áreas de vegetación moderada				<input type="checkbox"/>		
		V5. Áreas de vegetación abundante				<input type="checkbox"/>		
		Observaciones:						
FOTO LITOLOGIA		Descripción Litológica:						
Muestra #		Orientada según:						
Meteorización ISRM (77)		F <input type="checkbox"/>	SW <input type="checkbox"/>	MW <input type="checkbox"/>	HW <input type="checkbox"/>	CS <input type="checkbox"/>	RS <input type="checkbox"/>	
Resistencia roca intacta ISMR aplicada (78)		R0 <input type="checkbox"/> R1 <input type="checkbox"/> R2 <input type="checkbox"/> R3 <input type="checkbox"/> R4 <input type="checkbox"/> R5 <input type="checkbox"/> R6 <input type="checkbox"/>						
Discontinuidades		Foliación	Estrato	Diaclasa 1	Diaclasa 2	Diaclasa 3	Falla	
Rumbo								
Buzamiento								
Frecuencia								
Separación RMR(89)								
Persistencia RMR(89)								
Abertura RMR(89)								
Rugosidad RMR(89)								
Rebello RMR(89)								
Meteorización barata RMR(89)								
Agua Frédica RMR(89)		W1 (Seco) <input type="checkbox"/> W2 (Húmedo) <input type="checkbox"/> W3 (Goleando) <input type="checkbox"/> W4 (Fluyendo) <input type="checkbox"/>						
RMR básico:		Ajuste:		RMR ajustado:		Clase: Calidad: q(*)= C(Mpa)=		
Orientación respecto al talud:		Fav <input type="checkbox"/> Dest <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Dest <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Dest <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Dest <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Dest <input type="checkbox"/>	Fav <input type="checkbox"/> Dest <input type="checkbox"/>	
BSI Truzman(99)		Estructura:		Superficie:		Valor: q(*)= C(Mpa)=		
Geomorfía		Talud <input type="checkbox"/> Ladera <input type="checkbox"/> Terraplen <input type="checkbox"/>		Orientación		Inclinación(°) Altura (m) Longitud (m)		
		Zona inferior						
		Zona superior						
FOTO PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS		PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS						
		Remoción en masa:						
		1) Tipo:						Activo <input type="checkbox"/> Incipiente <input type="checkbox"/> Antiguo <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/>
		2) Tipo:						Activo <input type="checkbox"/> Incipiente <input type="checkbox"/> Antiguo <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/>
		Erosión Hídrica:						
		1) Tipo:						Activo <input type="checkbox"/> Incipiente <input type="checkbox"/> Antiguo <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/>
		2) Tipo:						Activo <input type="checkbox"/> Incipiente <input type="checkbox"/> Antiguo <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/>

Cuadro 2: Minuta para la recolección de datos geotécnicos y geológicos en campo para suelos.

FICHA DE RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELOS				Fecha:	Hora:					
Proyecto:	Estado	Coordenadas (UTM)		Sector	Altitud					
Estación #	N:		E:		m.s.n.m.					
	Progresiva		Progresiva							
Vegetación:	Herbácea <input type="checkbox"/>	Arbórea <input type="checkbox"/>	Biozona climática:							
FOTO VEG.	V1.	Áreas desprovistas de vegetación			<input type="checkbox"/>					
	V2.	Áreas deforestadas para cultivo			<input type="checkbox"/>					
	V3.	Áreas de vegetación escasa			<input type="checkbox"/>					
	V4.	Áreas de vegetación moderada			<input type="checkbox"/>					
	V5.	Áreas de vegetación abundante			<input type="checkbox"/>					
Observaciones:										
Origen del Suelo:	Residual <input type="checkbox"/>	Coluvial <input type="checkbox"/>	Aluvial <input type="checkbox"/>	Orgánico <input type="checkbox"/>	Eólico <input type="checkbox"/>	Glaciar <input type="checkbox"/>	Caliche <input type="checkbox"/>			
Perfil gráfico	Tamaño %:	Bloques	Grava	Arena	Finos					
	Gradación:	Bien gradada <input type="checkbox"/> Gradada <input type="checkbox"/> Mal gradada (uniforme) <input type="checkbox"/>								
	Forma de las partículas:	Angular <input type="checkbox"/> Subangular <input type="checkbox"/> Subredondeado <input type="checkbox"/> Redondeado <input type="checkbox"/>								
	Estructura:	Homogéneo <input type="checkbox"/> Estratificado <input type="checkbox"/> Laminado <input type="checkbox"/> Fisurado <input type="checkbox"/> Lenticular <input type="checkbox"/>								
	Humedad:	Seco <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Mojado <input type="checkbox"/> Saturado <input type="checkbox"/>								
	Compacidad:	Densa <input type="checkbox"/> Suelta <input type="checkbox"/> Cementación: Débil <input type="checkbox"/> Fuerte <input type="checkbox"/>								
	Materia orgánica:	Ausente <input type="checkbox"/> Med <input type="checkbox"/> Abundante <input type="checkbox"/> Olor: Orgánico <input type="checkbox"/> Térreo <input type="checkbox"/>								
	Suelo cohesivo <input type="checkbox"/>	No cohesivo <input type="checkbox"/>		Plasticidad: Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/>						
Símbolo (USCS estimada): GW <input type="checkbox"/> GP <input type="checkbox"/> GM <input type="checkbox"/> GC <input type="checkbox"/> SW <input type="checkbox"/> SP <input type="checkbox"/> SM <input type="checkbox"/> SC <input type="checkbox"/>										
Nombre del suelo:										
"Para suelos de grano fino agregar": Dilatancia: Ningna <input type="checkbox"/> Lenta <input type="checkbox"/> Rápida <input type="checkbox"/>										
Resistencia Seca: Ninguna <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Muy Alta <input type="checkbox"/> / Consistencia: Ninguna <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/>										
Símbolo (USCS estimada): ML <input type="checkbox"/> CL <input type="checkbox"/> OL <input type="checkbox"/> MH <input type="checkbox"/> CH <input type="checkbox"/> OH <input type="checkbox"/> P1 <input type="checkbox"/> / Nombre:										
Geometría	Talud <input type="checkbox"/>	Ladera <input type="checkbox"/>	Terraplen <input type="checkbox"/>	Orientación	Inclinación(°)	Altura (m)	Longitud (m)			
	Zona inferior									
	Zona superior									
Orientación de la roca o regolito subyacente respecta a la ladera o talud: Favorable CCB <input type="checkbox"/> Desfavorable CB <input type="checkbox"/>										
Agua Freática: Fluyendo <input type="checkbox"/> Goteando <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/>										
Hidrología: Dominio de la escorrentía <input type="checkbox"/> Dominio de la infiltración <input type="checkbox"/> No se aprecia <input type="checkbox"/>										
Características del Relieve:										
PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS										
PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS	Remoción en masa:									
	1) Tipo:						Activo <input type="checkbox"/>	Incipiente <input type="checkbox"/>	Antiguo <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>
	2) Tipo:						Activo <input type="checkbox"/>	Incipiente <input type="checkbox"/>	Antiguo <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>
	Erosión Hídrica:									
	1) Tipo:						Activo <input type="checkbox"/>	Incipiente <input type="checkbox"/>	Antiguo <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>
	2) Tipo:						Activo <input type="checkbox"/>	Incipiente <input type="checkbox"/>	Antiguo <input type="checkbox"/>	Ausente <input type="checkbox"/>
Observaciones:										

2.2.1.8.-Referenciar la unidad de talud, ladera u otro punto de interés (unidad de trabajo): la nomenclatura para la unidad de trabajo se fijó como unidad de ladera o unidad de talud, bajo las siglas “L” y “T”, respectivamente, referenciado en la libreta de acuerdo a un orden, y/o en su defecto, una unidad de referencia específica (sean puentes, fallas geológicas, puntos particulares, entre otros elementos

de estudio, los cuales deberán ser especificados detalladamente). Para un punto de referencia, la notación es “R”.

Se establecieron dos grupos de trabajo:

- 1.- Giovanni Caicedo (1).
- 2.- David Medina (2).

Por Ejemplo: Si David levanta su tercer talud de la jornada en la 5 estación de trabajo sería:

Nomenclatura: T3- 2- 5 (Talud tres “T3”, tomado por David “2” en la estación cinco “5”). Si en cambio se levantase una ladera para esta misma estación, se describiría como L3-2-5a, si esta se contabiliza como la primera ladera en este punto, si fuera la segunda sería L3-2-5b o Lb3-2-5.

2.2.1.9.-La nomenclatura utilizada para la recolección de muestras: para efectos de la notación en la libreta, se consideraron como parámetros los siguientes:

- a) Muestra de roca o suelo (MR o MS).
- b) Grupo (1= Giovanni, 2= David).
- c) Estación de trabajo (1, 2, 3,...,n).
- d) Número de la muestra –entre paréntesis- (número de muestras desde el inicio hasta el final del trabajo de campo y “NO” corresponde al número de muestras recolectadas en esa estación de trabajo).

Ejemplo: Para una muestra de roca “MR”, tomada por Giovanni “1”, en su cuarta estación “4”, considerando que es la quinta muestra que ha tomado desde el inicio de sus levantamientos geológicos, sería: MR–1–4–(5)

Nota: para efectos del etiquetado en las muestras se le anexó la fecha del día de recolección MR-1-4-(5)(24-05-05), el último número encerrado en paréntesis corresponde a el 24 de mayo del 2005.

Para el caso de un suelo, fue etiquetado como MS-1-4-(5)(24-05-2005), al igual que la muestra de roca, se tomó en consideración el número de muestra de suelo recolectado para la fecha, en este caso el 5 simboliza que es su quinta muestra de suelo tomada del total. (Muestra de suelo “MS”, tomada por Giovani “1”, en la cuarta estación “4”, para tal día se han recolectado cinco muestras de suelo “5”, el 24 de mayo del año 2005 “24-05-05”).

2.2.1.10.-La nomenclatura utilizada para la identificación de las fotografías, se consideraron los siguientes parámetros:

- a) Se utilizó la sigla “F” para dar a conocer que se trata de una fotografía.
- b) Grupo (giovani “1”, David “2”).
- c) Estación de trabajo (1,2, 3,...,n)
- d) Número de la fotografía que da la cámara.
- e) Azimut entre paréntesis.
- f) Las descripciones adicionales se hicieron en la libreta, indicándose la existencia de acercamiento de la foto.

Ejemplo: para una fotografía tomada por Giovani, en la estación 3, siendo el número de la fotografía que da cámara 18, con azimut 118°, sería: F-1-3-18-(118°).

2.2.2- Trabajo de campo: el campo se dividió en 3 etapas:

2.2.2.1.-La primera etapa: para esta etapa se dispusieron de 15 días.

El objetivo principal de esta etapa consistió en el reconocimiento de la zona de estudio, a través de excursiones vía terrestre a lo largo del Eje Vial y Local 1, para esto se contó con un vehículo rústico chasis largo Toyota de 1.986, el cual era conducido por un personal competente para tal fin. No se presentaron zonas con vías de tierra, solo asfaltadas.

En el estudio se utilizaron las rutas de El Eje Vial, Local 1, Ramal 30, Ramal 28 y Ramal 17, por las cuales se tuvo acceso y conocimiento del área.

Se visualizaron los contactos geológicos, conocimiento de las rutas de acceso a las zonas de estudio, condiciones geológicas y geotécnicas de la roca, geodinámica actual y condiciones del suelo.

Asimismo, se realizó un conteo de taludes preliminar, calibración de equipos de campo y la búsqueda en instituciones públicas y privadas de información geológica-geotécnica referente al estudio. En la figura 3 se observa la búsqueda y calibración de los equipos.

La calibración consistió en la corrección del equipo de posicionamiento satelital (navegadores Garmin) en el aeropuerto de la ciudad de Valera, Antonio Nicolás Briceño, en donde se ubicó el BM “MTC A3” (Base Marks) de coordenadas UTM. Norte: 1.033.220,13; Este: 326.040,01 y cota 573,332 metros sobre el nivel del mar. El error calculado fue de 17 metros en el eje norte, 10 metros en el eje este y 20 metros en la cota.



Fig. 3: Calibración de equipos de Posicionamiento Global.

Al mismo tiempo, se realizaron visitas a las instituciones públicas que dispusiesen información referente a la investigación, encontrando asesoramiento técnico en diferentes áreas de la geología. Las instituciones visitadas fueron DINFRA “Dirección de Infraestructura”, MINFRA “Ministerio De Infraestructura del Estado Trujillo”, INGEOMIN “Instituto Nacional de Geología y Minería” con sede Trujillo, MARN “Ministerio del Ambiente de los Recursos Naturales del Estado Trujillo” y Protección Civil de Trujillo.

2.2.2.2.-*La segunda etapa de campo:* se dispusieron de 30 días de excursiones continuas, en donde se elaboraron para 110 estaciones ubicadas en la zona de estudio lo siguiente:

Rellenado de las minutas de suelo y rocas elaboradas durante la etapa de pre-campo, permitiendo tomar de las rocas y suelos todos aquellos parámetros necesarios para cumplir los objetivos establecidos en este trabajo. Estos parámetros fueron:

- Litología: se basa en la descripción de los tipos rocas y suelos presentes, incluyendo su textura, mineralogía y color a nivel de muestra de mano.

- Descripción Física: para este punto se describen el color fresco y meteorizado de la roca, disposición geométrica a la cual se encuentra, dureza y fracturamiento del material rocoso.
- Estructuras Geológicas: se basa en tomar la disposición espacial de las capas, rumbo y buzamiento, definiendo sus estructuras geológicas, dentro de las cuales se puede mencionar:
 - a) Foliación: son aquellos planos de discontinuidad originados por similitud en orientación de los minerales dentro de la roca, esto es producto de fuerzas externas, la tectónica de la región o la orientación en la sedimentación.
 - b) Estratificación: son aquellos planos de discontinuidad generados de acuerdo a las condiciones de ambiente de depositación.
 - c) Diaclasas: son planos producto de la deformación estructural de la región. Dentro de este punto se hace referencia a: familias de diaclasas, el rumbo y buzamiento, la frecuencia, separación, persistencia, abertura, rugosidad, relleno y meteorización en los bordes.
 - d) Plegamiento: se determina el tipo de pliegue, orientación de los planos y declive de dicha estructura.
 - e) Fallas: son aquellos planos de discontinuidades generados por las condiciones tectónicas de la región.
- Perfil de Meteorización y características geotécnicas del suelo: según la clasificación de Deere y Patton (1971), se tomaron los espesores de los diferentes tipos de horizontes del suelo, asimismo se determinaron sus características geotécnicas como lo son: tamaño de las partículas, forma de la partícula, estructura, humedad, cohesión, olor, plasticidad, resistencia

seca, consistencia, clasificación del suelo (según USCS estimada), cementación, hidrología y procesos geomorfológicos asociados.

- Estado geotécnico de la roca: se evaluaron características geotécnicas de la roca, tales como: resistencia de la roca intacta, meteorización ISRM (77), presencia de agua (manantiales), RMR básico, GSI (Hoek, 1998) y proceso geomorfológico asociado al tipo de roca.
- Geometría del Talud y Ladera: se incluyeron dentro del estudio características geométricas del talud como altura, pendiente y orientación y longitud.
- Muestreo: se tomaron muestras de roca dura y muestras blandas perturbadas de suelo, para el estudio de laboratorio según los métodos de la mecánica de roca y mecánica de suelo.

La identificación de muestra de suelo y roca se realizó con la nomenclatura explicada anteriormente. La recolección y toma de muestras en suelo, consistió en recabar el máximo de información para describir los diferentes perfiles de suelo (Fm. Betijoque, Fm. Isnotú y Fm. Mucuchachí), la terraza de Valera (Fm. Carvajal) y coluviones encontrados durante la excursión, de tal manera de generar una descripción generalizada para los suelos generados bajo las mismas condiciones y similar origen.

Las muestras de suelos se tomaron en base a las subdivisiones propuestas por Deere y Patton en 1971 para la clasificación de los suelos.

Se tomaron un total de 40 muestras para los suelos. Para cada muestra de suelo se recogieron 4 sacos (a la mitad de su capacidad), recomendado por el laboratorio de MINFRA, en la Ciudad de Valera. La toma de cada muestra de suelo consistió en ubicar el punto del muestreo y puntualizar el horizonte del perfil de meteorización al que pertenece la muestra recolectada.

Los ensayos ejecutados para estas muestras fueron los siguientes:

- a) Peso Unitario.
- b) Límite Líquido.
- c) Límite Plástico.
- d) Índice de Plasticidad.
- e) Porcentaje de Humedad Natural.
- f) Ensayo de Granulometría (por vía humedad).

El muestreo de roca es un compendio que fue elaborado para describir las unidades informales de nuestra zona de estudio. Para el muestreo, se tomaron un total de 26 muestras distribuidas uniformemente en toda la región de acuerdo a las formaciones descritas en el capítulo IV “Geología regional”, por otros autores. Cada muestra de roca se identificó por la propuesta en la etapa pre-campo, sección 2.2.1.

2.2.3.- Fase de laboratorio y oficina: para esta fase se organizaron los datos recogidos en la etapa de campo. Se incluyó un cuadro que permite visualizar los resultados de manera resumida. El cuadro resumen para la obtención de todos los parámetros evaluados es el siguiente:

El cuadro 3, contiene los resultados para cada talud y ladera estudiados, además de adicionarle en el cuadro el índice del GSI, RMR y los parámetros SMR, la geometría del talud y ladera, la meteorización ISRM, ángulo de fricción interna de la roca y la cohesión por el método de RMR, GSI y un valor estipulado de ángulo de fricción, descrito en el capítulo IX. El cuadro resumen para la obtención de todos los parámetros evaluados es el siguiente:

Cuadro 3: Tabla para la recolección de datos de campo para taludes y laderas.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación	Diaclasas			Talud									
	1 sistema	2 sistema	3 sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)	Foliación/ Estratificación	$\phi_c(^{\circ})$	RMR	SMR	Grado estabilidad SMR $\psi(^{\circ})$ y C	promedio RMR $\phi(^{\circ})$ Y C	promedio GSI
Orientación													
Persistencia(m) RMR(89)													
Frecuencia RMR(89)													
Separacion (m) RMR(89)													
Abertura (mm) RMR(89)													
Relleno RMR(89)													
Rugosidad RMR(89)													
Disposicion foliación/Estratíf. frente al Talud													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)													
Meteorización ISRM(77)													
Agua subterranea RMR(89)													
Representacion gráfica Red Estereográfica													
Observaciones Generales													

Asimismo, se elaboraron las secciones finas y el estudio petrográfico para la clasificación de las unidades informales. En el cuadro 4 se presenta la nomenclatura de la muestra a las cuales se les realizaron las secciones finas:

Cuadro 4: Muestra recolectadas en campo para elaborar las secciones finas.

Muestra	Coordenada UTM	
	N	E
MR-2-31(8)	1040625	331512
MR-1-2(3)	1039880	334418
MR-1-38(8)	1039622	328900
MR-1-3(5)	1039839	334373
MR-2-3(2)	1039566	338424
MR-2-3(4)	1040307	330217
MR-1-5(6)	1039500	333752
MR-1-35(6)	1040625	331403
MR-1-39(9)	1039500	328903
MR-2-7(11)	1040185	329205
MR-1-25(4)	1033254	324278
MR-2-3(2)	1039566	338424
MR-2-3(3)	1039566	338424
MR-1-9(7)	1040393	330653
MR-1-1(2)	1042277	339777
MR-1-1(1)	1042203	339842
MR-2-5(6)	1040309	330213
MR-2-6(4)	1040290	330138
MR-1-35(6)	1040625	331403
MR-1-2(4)	1039880	334418
MR-2-5(7)	1040307	330217
MR-2-5(5)	1040307	330217

2.2.3.1.-El valor del RMR: consiste en tomar características descritas en el capítulo 9 de este trabajo, evaluando cada talud/ladera presente en la zona de estudio. En el cuadro 5, se observa el cuadro diseñado por Bieniawski en 1989, para describir el grado de calidad de una roca:

Cuadro 5: Clasificación geomecánica de Bieniawski (1989).

CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI (1.989)																											
TUNEL:		FECHA:			PROGRESIVA:																						
REALIZADO POR:																											
Parámetros de Clasificación									Valoración																		
1	Resistencia de la roca sana	Ensayo de carga puntual	> 100 kg/cm ²	40-80 kg/cm ²	20-40 kg/cm ²	10-20 kg/cm ²	Compresión simple (kg/cm ²)																				
		C. simple	> 2500 kg/cm ²	1000-2500 kg/cm ²	500-1000 kg/cm ²	250-500 kg/cm ²	50-250	10-50	10																		
	Valoración		15	12	7	4	2	1	0																		
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%																				
	Valoración		20	17	13	8	3																				
3	Separación entre diaclasas		> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m																				
	Valoración		20	15	10	8	5																				
4	Estado de las diaclasas	Persistencia	<input type="checkbox"/> < 1 m	<input type="checkbox"/> 1-3 m	<input type="checkbox"/> 3-10 m	<input type="checkbox"/> > 10 m	Abertura	<input type="checkbox"/> Cerrada	<input type="checkbox"/> < 0,1 mm	<input type="checkbox"/> 0,1-1,0 mm	<input type="checkbox"/> 1-5 mm	<input type="checkbox"/> > 5 mm	Rugosidad	<input type="checkbox"/> Muy rugosa	<input type="checkbox"/> Rugosa	<input type="checkbox"/> Lig. rugosa	<input type="checkbox"/> Planar	Relleno	<input type="checkbox"/> Sin relleno	<input type="checkbox"/> Duro < 5 mm	<input type="checkbox"/> Duro > 5 mm	Meteorización	<input type="checkbox"/> Bordes sanos	<input type="checkbox"/> Lig. meteorizada	<input type="checkbox"/> Moder. meteorizada	<input type="checkbox"/> Muy meteorizada	<input type="checkbox"/> Descompuesta
		6	4	2	0	6	5	4	1	0	6	5	3	1	0	6	4	2	0	6	5	3	1	0			
		litros/min																									
		litros/min																									
		litros/min																									
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10	10-25	25-125	> 125	Relación entre la presión de agua y la tensión principal mayor			0	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5												
	Estado general		Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo																				
	Valoración		15	10	7	4	0																				
Corrección por la Orientación de las Diaclasas																											
6	Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0°-20° cualquier dirección																				
	Excav. con el buzamiento	Excavación contra buzamiento																									
	Buz. 45-90°	Buz. 20-45°	Buz. 45-90°	Buz. 20-45°	Buz. 45-90°	Buz. 20-45°																					
	Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy Favorable	Media																					
	0	-2	-5	-10	0	-5			-5																		
Clasificación																											
	Clase	I	II	III	IV	V	RMR=																				
	Calidad	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy mala																					
	Valoración RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20																					
Características																											
	Clase	I	II	III	IV	V																					
	Tiempo de mantenimiento y longitud	20 años con 15 m de luz	1 año con 10 m de luz	1 semana con 5 m de luz	10 horas con 2,5 m de luz	30 min. con 1 m de luz																					
	Cohesión	> 4 kg/cm ²	3-4 kg/cm ²	2-3 kg/cm ²	1-2 kg/cm ²	< 1 kg/cm ²																					
	Angulo de fricción	> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	15°																					
	RMR =																										

2.2.3.2.- Determinación del GSI: para el cálculo del GSI se estableció de acuerdo a la visualización del cuerpo rocoso que presentó el talud o la ladera, para esto se utilizó la tabla establecida por Hoek en 1994 y modificada por Truzman (1999).

Cuadro 6: GSI aplicado a rocas metamórficas, Hoek (1994), modificada por Truzman (1999).

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (Ri)
PARA LAS ROCAS METAMORFICAS DE LA CORDILLERA DE LA COSTA DE VENEZUELA

A partir de la descripción de la estructura y las condiciones de la superficie de la roca, seleccionar el intervalo apropiado de esta gráfica. Entener el valor promedio del Índice de Resistencia Geológica (GSI) de dicho intervalo. No intentar ser tan preciso. Escoger un rango de GSI de 30 a 60 es más aceptable que (por un GSI = 38). También es importante recordar que el criterio de Hoek-Brown debería ser aplicado solamente en masas secas, desde el momento de la bloques o fragmentos es propuesto corresponde con el estado de la estructura a ser evaluada. Cuando el tamaño de los bloques individuales es aproximadamente mayor al cuarto de la dimensión de la excavación, generalmente la R_i está influenciada por la estructura y el criterio de Hoek-Brown no debería ser utilizado.






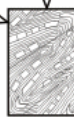
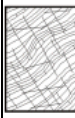

CONDICIÓN DE SUPERFICIE DE DISCONTINUIDADES	DISTRIBUCIÓN DE CALIDAD DE SUPERFICIE				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
MUY BUENA Muy pocas superficies curvadas, sin escalonamiento, ni relieve					
BUENA Pocas superficies irregulares, apertura < 0.1 mm, predominantemente sin relieve, alitas					
MEDIA Ligeramente rugosa, moderada mente irregularizada, abertura 0.1-1.0 mm, relieve suave y limitado					
MALA Muy irregularizada muy irregularizada con aberturas > 1.0-10 mm, predominantemente sin relieve limitado					
MUY MALA Ejemplar de mala, superficies desmenuzadas con aberturas > 10 mm con relieve limitado					

STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
	90	80	70	60	50
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities					N/A
BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three interlocking discontinuity sets					
VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets					
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity					
DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces					
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10

↓ DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES

El cuadro 7, muestra las modificaciones que estableció Hoek en 1998 para las rocas sedimentarias al cuadro del GSI, aplicándose estos cambios para las rocas sedimentarias presentes en la región de estudio.

Cuadro 7: GSI aplicado a rocas sedimentarias, Hoek (1998).

COMPOSITION AND STRUCTURE		SURFACE CONDITIONS OF DISCONTINUITIES				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
	A. Thick bedded, very blocky sandstone The effect of pelitic coatings on the bedding planes is minimized by the confinement of the rock mass. In shallow tunnels or slopes these bedding planes may cause structurally controlled instability.	70 60	A			
	B. Sandstone with thin inter-layers of siltstone		B	C	D	E
	C. Sandstone and siltstone in similar amounts					
	D. Siltstone or silty shale with sandstone layers					
	E. Weak siltstone or clayey shale with sandstone layers	50 40				
C, D, E and G - may be more or less folded than illustrated but this does not change the strength. Tectonic deformation, faulting and loss of continuity moves these categories to F and H.						
	F. Tectonically deformed, intensively folded/faulted, sheared clayey shale or siltstone with broken and deformed sandstone layers forming an almost chaotic structure			30		F
	G. Undisturbed silty or clayey shale with or without a few very thin sandstone layers					
	H. Tectonically deformed silty or clayey shale forming a chaotic structure with pockets of clay. Thin layers of sandstone are transformed into small rock pieces.					20 10
→ : Means deformation after tectonic disturbance						

2.3.3.3.-*Análisis cinemático*: se realizó un estudio de cinemática para cada talud/ladera a través del programa StereoNett, el cual es un software que permite la ejecución y proceso de las proyecciones estereográficas, visualizando gráficamente la disposición espacial de las discontinuidades presentadas para cada talud y ladera. Este estudio consistió en establecer las posibles fallas, planar, circular, en cuña y por volcamiento.

2.3.3.4.-*La clasificación de Romana (SMR)*: es un factor de ajuste a la clasificación del RMR, este parámetro se trata con mayor detalle en el capítulo IX.

2.3.3.5.-*Conceptos y metodología para la elaboración de un mapa de susceptibilidad*: para realizar el diagnóstico de la susceptibilidad, objetivo de este trabajo, es necesario tener en cuenta como se define la susceptibilidad. Para Ayala y Corominas (2003), “es la propensión o tendencia de una zona a ser afectada por un movimiento de ladera por desestabilización o alcance, determinada a través de un análisis comparativo de factores condicionantes y/o detonantes, cualitativo o

cuantitativo, con las áreas movidas o alcanzadas, análisis que se materializa normalmente en forma de mapa de susceptibilidad y suele presuponer que el comportamiento futuro de la ladera seguirá las mismas pautas que hasta el presente”.

Este autor menciona que se consideran dentro del campo de determinación de susceptibilidad dos tipos asociados:

- Susceptibilidad a los procesos de inestabilidad: se refiere al problema que puede presentar un punto de estudio, al hecho posible de que resulte desplazado por un movimiento en masa (movimiento subyacente). Generalmente esta susceptibilidad se encuentra asociada a movimientos de baja movilidad, como los rotacionales en sus primeras fases.
- Susceptibilidad al alcance: representa la posibilidad de alcance en las que una masa pueda afectar una zona determinada en su proceso de movimiento. Generalmente esta susceptibilidad es propia de los movimientos de alta movilidad como los desprendimientos y flujos.

La susceptibilidad según Ayala en Ayala y Corominas (2003), “es la aproximación espacial a la probabilidad. Ello no requiere decir que puedan hacerse equivalentes susceptibilidad y probabilidad ya que la ordenación de las susceptibilidades en diversas zonas, es en general relativa, de unas respecto a otras, mientras que la probabilidad es un valor absoluto comprendido entre 0 y 1”.

González de Vallejo (2002), menciona que la susceptibilidad puede definirse como “la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, expresada en diversos grados cualitativos y relativos. Depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos a los propios materiales geológicos o externos”.

En los últimos años se han realizado estudios y confeccionado diversas metodologías en la elaboración de los mapas de susceptibilidad y peligrosidad, ambos términos suelen considerarse como sinónimos, pero encierran conceptos muy diferentes. En realidad muchos mapas mencionados como mapas de peligrosidad no son más que mapas de susceptibilidad del terreno a los deslizamientos ya que les falta el componente temporal (inclusión de los factores desencadenantes), Corominas en Ayala y Corominas (2003).

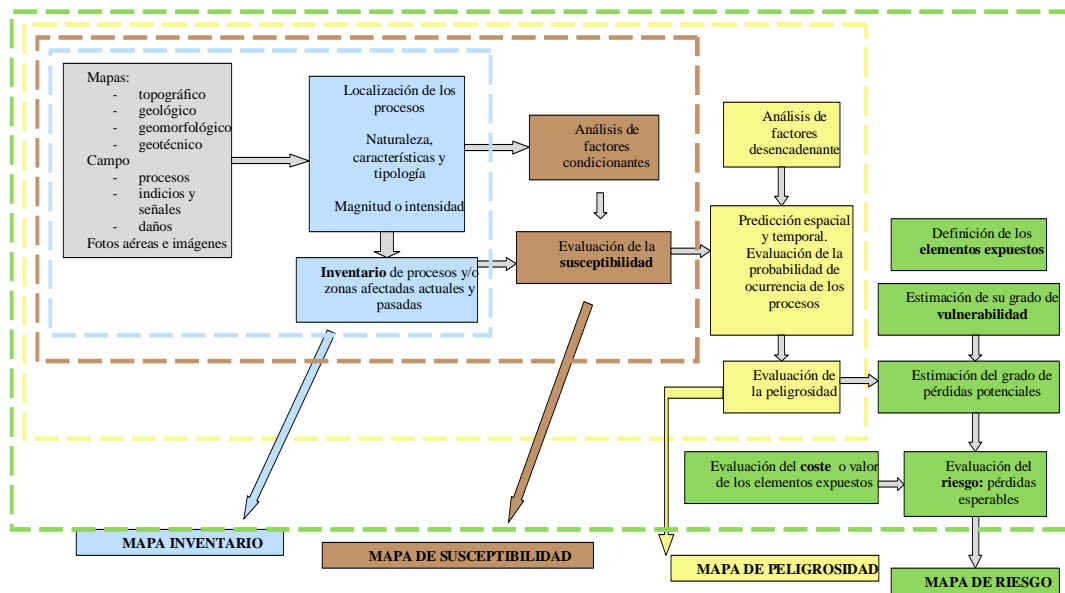


Fig. 4: Mapas de estabilidad y los factores que intervienen en cada uno de estos, tomado de Ferrer en González de Vallejo (2002).

González de Vallejo (2002), establece las diferencias esenciales que hay entre los mapas de susceptibilidad y otros mapas que involucran y prospectan otros parámetros, como se ilustra en la figura 4. El cuadro 8, resume las diferencias de las características que definen un mapa de inestabilidad:

Cuadro 8: Comparación de los tipos de mapas que representan inestabilidad. Tomado de González de Vallejo (2002)

Tipos de Mapas de Inestabilidad y su Contenido		
Tipo de Mapa	Contenido	Metodología
Inventario o geomorfológico	Localización y distribución espacial de los procesos actuales y pasados y/o de las zonas afectadas. Características de los procesos (tipo, magnitud, velocidad, intensidad, etc.)	Recopilación de datos (documentación, mapas, fotos aéreas, etc.). Estudios de la tipología y características de los procesos
Susceptibilidad	Zonas con diferente grado de susceptibilidad frente a la ocurrencia de un tipo de proceso	Análisis del proceso. Análisis de los factores condicionantes. Superposición de factores.
Peligrosidad	Zonas con diferentes grados de peligrosidad	Análisis de los factores desencadenantes. Predicción espacial y temporal de la ocurrencia de los procesos
Vulnerabilidad	Localización espacial de los elementos o zonas con diferente grado de vulnerabilidad	Identificación de los elementos expuestos. Evaluación de su vulnerabilidad
Riesgo	Zonificación del territorio en base al riesgo o grado de riesgo	Evaluación de pérdidas debido a un proceso determinado

Los mapas de susceptibilidad responden a la necesidad de evaluar la propensión de las zonas no movidas o afectadas a presentar problemas. Esto es justamente lo que los diferencia de los mapas geomorfológicos, que representan básicamente las zonas movidas con todos sus atributos, Ayala en Ayala y Corominas (2003).

Uno de los objetivos de esta cartografía es indicar las zonas donde se hace necesaria o conveniente la realización de estudios geotécnicos complementarios. Los mapas de susceptibilidad pueden realizarse en base a:

- Mapas inventario: involucrando las áreas que sufren o han sufrido procesos que pueden volver a ocurrir.
- Mapas de factores: las áreas en que confluyen determinados factores que condicionan los procesos en una determinada zona o región, aunque estos no se hayan presentado hasta la actualidad, pueden ser afectadas en el futuro.

En este último caso, la metodología se basó en la preparación de mapas temáticos de los factores condicionantes y en la superposición de los mismos, estableciéndose el grado de susceptibilidad en función del peso asignado a cada uno de los factores, esta técnica es la llevada a cabo para este trabajo. Estos mapas se suelen preparar con técnicas SIG (sistema de información geográfica), que permiten el análisis automático de los datos y el establecimiento de bases de datos asociadas.

Para Irrigará & Chacón (2002), la evaluación de la susceptibilidad se puede determinar mediante dos grandes grupos:

- Métodos deterministas, se basan en leyes físicas y mecánicas universales de conservación de masa, energía y equilibrio de fuerzas, por lo que se puede utilizar tanto en la predicción espacial como temporal.
- Los modelos no deterministas, se basan en parámetros empíricos, existiendo varias técnicas para estos, pero todas basadas en el principio de actualismo, la inestabilidad relacionada por factores geológicos, geomorfológicos e hidrológicos presentes y pasados.

Nuestro estudio se elaboró mediante modelos no deterministas, en donde los parámetros utilizados serán definidos y desarrollados en posteriores párrafos en este capítulo.

La mayoría de los métodos cartográficos de análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera se basan en el principio de actualismo. Esto implica un conocimiento detallado de los factores determinantes de la inestabilidad, de las técnicas necesarias para representarlos cartográficamente, así como de los movimientos ocurridos en el pasado.

La elaboración del mapa de susceptibilidad fue el objetivo final de todo el procedimiento. Existen diversos métodos en el momento de definir los niveles de susceptibilidad. Pueden ser expresados mediante valores de probabilidad matemática, Carrara (1983).

Tras la elección del método y la definición de los niveles de susceptibilidad, se generó un mapa en el que cada unidad de terreno, se les adjudicó un nivel de susceptibilidad. El resultado final fue una zonificación del terreno según unos niveles de susceptibilidad a los movimientos en masa.

Toda metodología para la elaboración de los mapas de susceptibilidad, implica en su conjunto la realización de:

- Inventario de movimientos de ladera y taludes: en la mayoría de los métodos utilizados en la valoración de la susceptibilidad, uno de los mapas más importantes como dato de entrada lo constituye el inventario de movimiento de ladera, que muestra la distribución de los fenómenos que se pretenden predecir. Este mapa se obtuvo a partir de la interpretación de las fotografías aéreas a escala adecuada y relativamente reciente, así como la posterior comprobación en el campo.
- Selección de factores condicionantes de la susceptibilidad: para este caso se tomaron factores como el grado de la pendiente, la densidad de la vegetación, características geotécnicas de los suelos, características geotécnicas de las rocas (RMR y SMR) y disposición espacial de las

discontinuidades. Todos estos factores se describen con mayor detenimiento en los capítulos VII, VIII y IX.

- La digitalización de los mapas resultantes del inventario y de la selección de los factores.
- La realización del análisis de correlación entre movimientos (mapa de inventario) y factores (mapa de susceptibilidad).

Las técnicas se basan en un Sistema de Evaluación Semicuantitativo (SES) descrito por González, Millán, Soler y Vesga (2000), estos mencionan que para cada factor (parámetros condicionantes) se fijan intervalos de variabilidad de acuerdo con su influencia (en mayor o menor grado) en la estabilidad de las laderas. Cada parámetro es el resultado de diversos factores asociados según su naturaleza. La combinación de los diferentes factores otorga condiciones particulares de estabilidad, a los cuales se les asigna una calificación de susceptibilidad.

Para fijar estos factores condicionantes fue necesario incluirlos dentro de “Mapas Temáticos”, los cuales se pueden definir como mapas diseñados para mostrar características o conceptos particulares. En el uso convencional de los mapas, este término excluye los mapas topográficos.

Todo mapa temático esta compuesto por dos elementos fundamentales, una base geográfica (mapa base) y una capa de contenido temático. El usuario de un mapa temático habrá de ser capaz de integrarlas, visual e intelectualmente, durante la lectura del mapa.

Para nuestro trabajo se tomó la siguiente matriz de ponderación (cuadro 9), la cual varía su peso porcentual de acuerdo al tipo material litológico encontrado en campo. En el cuadro 9 se visualiza como se incluye cada factor condicionante:

Cuadro 9: Matriz de ponderación para el mapa de susceptibilidad. Elaborado por Caicedo & Medina (2005).

Metodología para el análisis de Susceptibilidad							
Factores		Estación de trabajo: L1-2-3					
Pendiente	Pendiente del terreno	RANGOS DE PENDIENTE					
	Valoración	< 5°	5° a 12°	12° a 18°	18° a 33°	33° a 45 °	> 45°
Litología	Factor Suelo (%) <small>% espesor de suelo () + % espesor de roca () = Σ espesor total (100%)</small>	TIPO DE MATERIAL					
		5	Estable	Inter. Limol/Arcn.	Terraza	Metamórfica	Coluvión
		15	P. Estable				
		25	P. Inestable	<input type="checkbox"/> Inestable.	<input type="checkbox"/> Estable	<input type="checkbox"/> P. Estable	<input type="checkbox"/> P. Inestable
		35	Inestable	<input type="checkbox"/> P. Inestable.	<input type="checkbox"/> P. Estable	<input type="checkbox"/> P. Inestable	<input type="checkbox"/> Inestable
Litología	Factor Roca (%) SMR	TIPO DE MATERIAL					
		I Roca Muy Buena	II Roca Buena	III Roca Media	IV Roca Mala	V Roca Muy Mala	
		Valoración	0	7	14	25	35
Vegetación	Cobertura vegetal y uso de tierras	Vegetación abundante	Vegetación moderada	Vegetación escasa	Área deforestada para cultivos	Área desprovista de vegetación	
	Valoración	0	5	10	15	20	
Cinemática	Estructura geológicas y orientación del talud	<i>Muy Favorab</i>	<i>Favorable</i>	<i>Desfavorable</i>		<i>Muy desfavorable</i>	
		Valoración	0	10	15		25
CLASIFICACIÓN							
CLASE		I	II	III	IV	V	
Susceptibilidad		Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	<i>Total</i>
Valoración		< 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
Movimientos en masa		Ninguno	Caidas de Bloques ocasionales	Algunas cuñas y caídas de bloques	grandes cuñas, desprendimiento y flujo de detritos	Deslizamientos planares, independiente de la estructura, flujo y grandes cárcavas	
Observaciones:							

La razón del cambio porcentual, se debe a que cada roca presenta comportamientos diferentes, las características mecánicas y físicas de un coluvión no corresponden con las de una roca metamórfica, sedimentaria o ígnea. Las variables o factores condicionantes, tomadas en consideración para este trabajo, no son directamente proporcionales para cada litología.

Además, las condiciones de estabilidad de un talud y una ladera son diferentes, debido a que el primero mencionado está bajo un estado de esfuerzos muy diferente al estado natural en que se presentaba, “esfuerzos internos”, por esta razón la ponderación para una litología suele variar dentro de la matriz descriptiva para la susceptibilidad. La razón de cambio es colocar un índice aproximado del espesor roca y suelo dentro de una ladera.

El modelado de evaluación SES se realizó en el solapamiento de los mapas temáticos resultantes de la valoración de las variables, en términos de contribución a la susceptibilidad.

La calificación de estabilidad es el resultado de la suma ponderada de los índices de estabilidad asignados a cada parámetro, a partir de la cual se definieron los diferentes niveles de susceptibilidad. Estos se clasificaron en cinco categorías, desde susceptibilidad muy baja hasta susceptibilidad muy alta.

El Factor litológico es el que más claramente se asocia estrechamente a cada uno de los diferentes tipos de movimiento, sea en macizos rocosos o suelos. Dentro de nuestra matriz se ponderó a la litología de acuerdo al porcentaje de suelo o roca que se tuviera para el talud, si un suelo se presenta en un 10% del talud, su factor de ponderación será 0,1, mientras que en la roca será de 90% con un factor de ponderación 0,9.

La roca se evaluó a través de la clasificación geomecánica, la clasificación SMR es un sistema para aplicar a la clasificación RMR de Bieniawski los factores de ajuste oportunos para el caso de taludes y laderas. Proporciona una división en clases de estabilidad y recomendaciones para métodos de soporte y/o corrección, su inclusión fue aplicada y propuesta por Romana, Serón y Montalar (2001).

Las razones para la elección del RMR y el SMR para ser cartografiados, se debe a que el índice RMR básico es un método general para considerar la “calidad geomecánica” de un macizo, y puede ser corregido por distintos factores, dependiendo de la aplicación en campo, sobrentiéndose que en taludes se aplica la corrección SMR.

Es apropiado considerar el RMR y el SMR para mapas temáticos geomecánicos, el primero mencionado representa la calidad general de los afloramientos y el segundo la estabilidad de los taludes. Para el SMR, se crea un factor a partir de todas las estaciones geomecánicas y se compara el valor obtenido con el mapa observado. Este método adquiere verdadero sentido, como parte de un proceso de validación cuando el talud es inestable, pudiendo presentar fuertes medidas correctoras.

Para el factor suelo se analizó cada perfil de suelo y su grado de estabilidad en un talud o ladera, dependiendo de sus parámetros geotécnicos; para suelos similares y provenientes del mismo tipo de roca se generalizó un perfil de meteorización para la zona de estudio, de ese tipo de roca. Para los casos de coluviones se tomaron parámetros geotécnicos y se analizó su grado de estabilidad.

La evaluación de la terraza se asemejó al estudio realizado de las condiciones de estabilidad de un coluvión. Los niveles de estabilidad de un suelo se tratan con mayor detalle en el capítulo V.

El suelo se separa de la roca debido a que las condiciones del comportamiento geomecánico son diferentes, aunque provengan del mismo material litológico, en caso de ser suelo residual.

Factor Pendiente, es un factor asociado de manera irregular a los distintos tipos de movimientos y no constituye un factor determinante de primer orden. Además,

representa el grado de exposición de la roca a la interacción entre factores climáticos (desencadenante) y de litología (condicionante).

La pendiente es considerada como asociada a los procesos de remoción en masa, ya sea caídas de roca o deslizamientos en todos sus tipos, aunque en ocasiones se diseñan taludes con pendientes cercanas a la verticalidad, debido a la buena calidad de la roca. En nuestro trabajo, este parámetro condicionante es un factor de segundo orden, debido a que la variabilidad de la pendiente presenta condiciones menos favorables cuando se trata de taludes verticales, pero no en gran medida.

La Vegetación es un factor que cumple dos funciones principales, en primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.

El factor vegetación se asocia de manera clara con caídas de rocas para vegetación abundante, flujos y coladas de barro para vegetación deforestada para cultivo, movimientos complejos para vegetación escasa y de cultivo.

En nuestro trabajo se clasificó la cobertura vegetal en cinco tipos, de acuerdo a su densidad y uso de tierra, tratadas con mayor detenimiento en el capítulo VII. La primera de estas es la vegetación abundante (V5) y de mayor estabilidad para el talud o ladera, la cual representa abundantes plantas herbáceas y arbóreas, de características naturales y no intervenidas por el hombre para razones particulares.

La segunda es la vegetación moderada (V4), caracterizada por presentar abundante plantas de origen herbáceo y arbóreo, pero no más densificada que la primera cobertura vegetal antes mencionada, no está intervenida por el hombre. La tercera cobertura vegetal (V3) se define como una vegetación escasa, en donde son abundantes las plantas herbáceas o las arbóreas, pero no simultáneamente, puede ser el caso en que la menos abundante se presente en solo un 10% del total presente.

La cuarta cobertura es la vegetación deforestada para cultivos (V2), en donde el hombre utiliza la tierra para fines e intereses propios. Por último, la cobertura vegetal escasa (V1), con 10% o menos de presencia de plantas herbáceas o arbóreas. En la figura 5 se muestran las representaciones de las cinco categorías de coberturas vegetales.

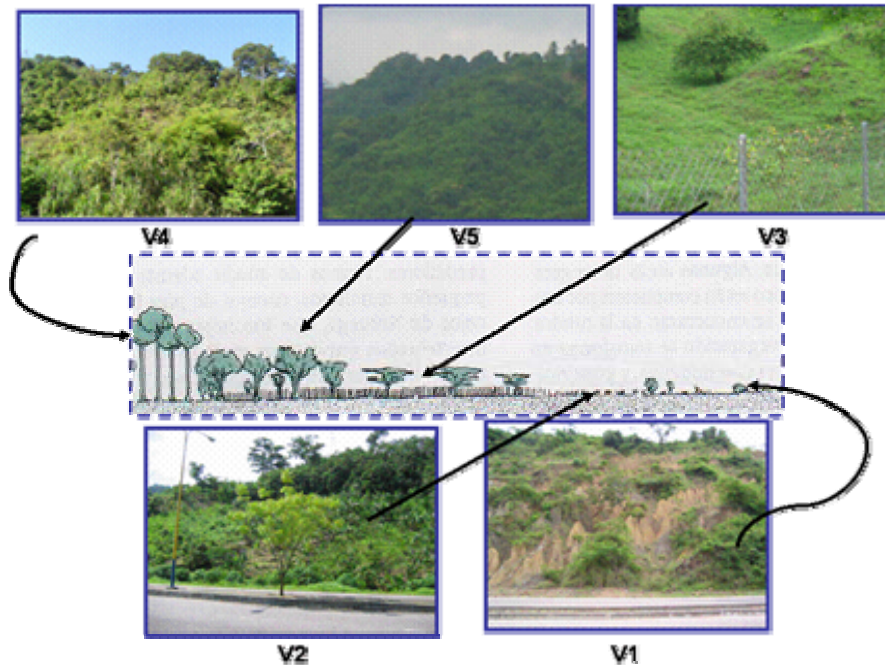


Fig. 5: Escalas de vegetación en cuanto a la densidad y uso de tierras, de la cobertura vegetal.

Factores de Estructuras Planares y Cinemáticas, aunque se toma en cuenta anteriormente en la evaluación del RMR y SMR, se adiciona nuevamente debido a que su efecto se ve disminuido en la matriz de ponderación por los otros factores o parámetros. En este factor se describen cuatro condiciones, las cuales son agregadas de acuerdo a factores como disposición de las diaclasas, estratificación con respecto al talud y condiciones de fallas cinemáticas.

La condición muy favorable se describe como una roca inalterada (masiva) y sin diaclasas, estratificación y/o foliación en contracuesta con respecto al talud, sin falla cinemática apreciable.

La condición favorable está relacionada con rocas poco alteradas (ligeramente diaclasadas), con presencia de diaclasas a favor de la estabilidad del talud (contrapuestas) y cinemática nula o en baja proporción.

La condición desfavorable es catalogada a rocas alteradas (meteorizadas y diaclasadas), presentan dirección de la estratificación o foliación en cuesta con respecto al talud, de igual forma la orientación de cualquier sistema de diaclasa a favor del talud, con cinemática activa.

La condición muy desfavorable ocurre al presentarse una roca muy alterada (roca muy diaclasada), presentando dirección en la estratificación o foliación en cuesta con respecto al talud, de la misma manera la orientación de cualquier sistema de diaclasas en condición de fallas cinemáticas, ya sea falla en cuña, planar o volcamientos, pudiendo ser activas por la socavación en los niveles de capas menos competentes.

Para nuestro estudio, la susceptibilidad esta representada por muy baja, baja, media, alta y muy alta. Para la susceptibilidad muy baja, los movimientos en masa se consideran ausentes. Para la susceptibilidad baja los procesos de inestabilidad pueden ser caídas de rocas ocasionalmente. La susceptibilidad media la inestabilidad puede darse por algunas fallas en cuñas y caídas de bloques. La susceptibilidad alta puede expresarse con movimientos en masa de grandes cuñas, desprendimientos y flujo de detritos. Por último, en la susceptibilidad muy alta se pronostican deslizamientos planares (independientes de la estructura), flujo y grandes cárcavas.

CAPÍTULO III

GEOGRAFÍA FÍSICA

3.1.-Introducción:

Según el mapa físico de Venezuela, en escala 1:1.000.000, la zona de estudio se localiza en la parte oeste del país, más exactamente entre las ciudades de Trujillo, Capital del Estado y Valera, el principal centro económico, y a lo largo de las vías en consideración, se identificó un relieve abrupto, donde se destacan alturas que oscilan entre 300 y 1200 metros sobre el nivel del mar.

La región bajo estudio está comprendida entre las coordenadas N: 1.032.000 a N: 1.044.000 y E: 324.000 hasta la E: 340.000, correspondiendo a los mapas topográficos 1, 2, 3,4 y I-J-15 de escala 1:10.000 de 1987 y 1989, los mapas topográficos de 6043-I-SE y 6043-I-NE a escala 1:25.000, mapas topográficos 6144 y 6044 a escala 1:100.000, mapas topográficos O-26, N-26, M-26, L-26 y L-27 de escala 1:5.000 de 1980,

De igual manera se utilizaron las fotos aéreas de las misiones:

- Misión 0103103 a escala 1:10.000 del año 1977.
- Misión 0103105 a escala 1:25.000 del año 1980.
- Misión 010480 a escala 1:35.000 del año 1987.
- Misión 010380 a escala 1:25.000 del año 1974.

El análisis de toda esa base de datos permitió establecer dos unidades topográficas:

- La primera, ocupa alrededor de 2/3 de las hojas topográficas y se ubica en la parte central y sur del área total. Esta unidad se caracteriza por

filas, valles, colinas y mesetas, presentando desniveles topográficos y redes de drenaje con patrón dendrítico.

- La segunda unidad se ubica en la parte norte y oeste de la zona, y se extiende dentro de la hoja en un área poco mayor de 1/3 de la misma, constituida por una zona de valle ancho y alargado, presentando los cauces principales de los ríos.

3.2.- *Relieve:*

Las formas de relieves prominentes en las hojas de estudio que comunican Valera y Trujillo (El Prado), se agrupan en dos unidades topográficas constituidas por filas asimétricas, relieves con topes amesetados y valles piemontinos de fondos anchos y alargados. De acuerdo a sus contrastes topográficos mayores, el área total puede ser dividida en:

3.2.1.-Unidad I, unidad de colinas y cerros (filas asimétricas y relieves amesetados): abarca un área de 80 Km² a nivel regional en la zona sur, norte y oeste de las hojas, lo que equivale a un poco menos de 2/3 del área total.

Esta unidad topográfica limita al norte y oeste con la unidad topográfica II. Al norte se pueden divisar de este a oeste los centros poblados de El Prado, La Concepción, Pampanito, San Isidro, Jiménez, Santa Rosa y La Meseta de Chimpire, mientras que en la zona oeste se presentan los centros poblados de Motatán, Turagua, San Luis y La Zona Industrial, al norte de Valera. Los sectores sur y este de la unidad se encuentran delimitados por los extremos respectivos del mapa.

En la zona norte del mapa, el contacto con la unidad topográfica II suele ser transicional, en donde la forma topográfica no presenta desniveles contrastantes. En la parte central de la región, al este de Motatán, el contacto suele ser un poco abrupto,

debido al contraste existente entre las pendientes al pasar de una superficie inclinada (Unidad I) a otra superficie subhorizontal (Unidad II).

Esta unidad se caracteriza por relieves abruptos de filas alargadas asimétricas con rumbo general de suroeste a noreste. Las filas alargadas se disponen subparalelamente y son separadas por valles estrechos con similar orientación que las filas.

Dentro de esta unidad se localizaron los puntos de mayor elevación en el mapa con alturas comprendidas entre los 1.100 y 400 metros sobre el nivel del mar; un ejemplo de estas alturas se encuentra al sur-este de la unidad, cerca de El Algarrobo y Santa Rita a 1000 metros sobre el nivel del mar. A pesar de estas variaciones de altitud dentro de la unidad, los desniveles de las topofomas con relación a los valles adyacentes no sobrepasan los 200 o 400 metros sobre el nivel del mar.

Dentro de la unidad se distinguen tipos topográficos de filas estrechas, topofomas de tope amesetado y de tope acolinado. A continuación se describen cada una de estas:

3.2.1.1.-Tipo 1, filas estrechas: las filas estrechas corresponden a relieves montañosos con formas alargadas de orientación suroeste a noreste, exhiben laderas asimétricas (más abruptas al este) e irregulares, en ocasiones dentro de estas se encuentran secciones escarpadas y crestas agudas. Estas filas están separadas por valles encajados en “V”, guardando similar orientación que las filas.

Las laderas asimétricas de las filas son cóncavas e irregulares y abruptas al sur, siendo más suaves y poco cóncavas al norte, esta característica se puede constatar en las regiones de Sto. Domingo, al oeste de La Cejita, entre otras.

Las filas estrechas limitan con la unidad topográfica II al oeste y norte de manera gradacional en las hojas topográficas. El contacto entre las unidades I y II suele ser

transicional a causa de que las pendientes tienden a suavizarse entre el contacto de las zonas. Las filas pasan transicionalmente hacia el norte a formas de menor altura de tope amesetado.

3.2.1.2.- *Tipo 2, topofomas de tope amesetado:* los relieves con tope amesetado, cuyas alturas varían entre 400 y 450 metros sobre el nivel del mar, presentan contornos de irregulares a elípticos, con inclinación general al norte. El perfil de las laderas del lado sur tiene pendientes escarpadas, mientras que en el lado norte las pendientes son suaves.

Los relieves con tope amesetado se ubican al oeste y norte de las hojas topográficas, específicamente en La Mesa de Chimpire, Valera, La Cejita y al sur de Pampanito, en donde además se observa el encajamiento de algunos de los valles intramontanos con fondos estrechos y orientación semejante a los tope amesetado.

Los relieves con tope amesetados se encuentran confinados a zonas entre las filas estrechas y subparalelas que definen el límite sur de la unidad topográfica I, y por el relieve acolinado situado al norte y oeste de la unidad.

Al oeste de las hojas topográficas el relieve de tope amesetado se desvanece y da lugar a lomas y pequeñas colinas de tope redondeadas con formas externas irregulares. Los relieves con tope amesetados son separados por valles de menor encajamiento y muy cercanos entre sí.

3.2.1.3.- *Tipo 3, topofomas de tope acolinado:* los relieves de esta unidad cuyas alturas varían entre 600 y 325 metros sobre el nivel del mar, están siendo representados por relieves alargados, con similar orientación a la de las filas alargadas, presentan perfil asimétrico, con pendientes suaves y cóncavas, en su mayoría.

Las crestas de los topes acolinados generalmente son redondeadas, con orientación al oeste y en ocasiones al norte, siendo subparalela al relieve alargado (filas). Las crestas adyacentes están separadas por valles encajados con fondos estrechos.

Los relieves acolinados definen el límite oeste de la unidad topográfica, se mantienen en contacto transicional al norte y oeste con la unidad topográfica II, mientras que en el sector centro y oeste delimita con el relieve amesetado dentro de la misma unidad topográfica I.

Los relieves con topes acolinados son visibles en Hdo. Marabet, oeste de La Cejita, El Cerrito, entre otras muchas localidades.

3.2.1.4.- Tipo 4, valles: los valles están definidos por laderas con perfil asimétrico en forma de V, con fondos estrechos y encajados que se desarrollan paralelamente a las filas. Dentro de estos valles se despliegan drenajes tributarios subparalelos con patrón dendrítico, limitados por laderas asimétricas, en donde particularmente las vertientes norte de los valles presentan mayor pendiente.

En general, dentro de la unidad I se pueden distinguir relieves pocos predominantes, tal es el caso de las lomas y colinas al norte y oeste de las hojas topográficas, a lo largo de la trayectoria del Eje Vial y Local 1.

Dentro de la topografía que distingue la unidad I se destaca la presencia de relieves con topes redondeados en las zonas bajas, mientras que las filas con crestas agudas y asimétricas están representadas en las zonas de mayor altitud. Estos relieves de zonas altas constituyen parte del piedemonte andino que presenta un declive al norte.

La disposición de las topoformas en la unidad I generalmente presenta orientaciones de suroeste a noreste los cuales se interceptan en sus partes bajas con la unidad II.

El drenaje representa poco más del 60% del área total, más no de la zona de estudio. Los ríos de mayor importancia son la parte sur del Río Motatán, Qda. Agua Clara y Río Jiménez o San Lázaro, todos con fluencia al norte.

La red de drenajes dentro de la unidad I contiene afluentes adaptados en algunos de sus tramos, tomando rumbos similares a lo largo de las filas alargadas.

3.2.2.- Unidad II, valles amplios: esta unidad se encuentra ubicada en los extremos oeste y norte de las hojas topográficas, abarcando un área de 48 Km², lo que corresponde al 37,5% del área cubierta por la región de los mapas topográficos. Los límites de la unidad II se encuentran en los bordes oeste y norte del mapa y con contacto transicional con la unidad I.

Se caracteriza por planicies o valles piemontinos, presentan valles amplios y alargados, con perfil asimétrico de laderas cóncavas al sur y laderas más suaves al norte.

Dentro de esta unidad II se observa una interdigitación con colinas y lomas aisladas, similares a las orientaciones de las lomas y colinas descritas en la unidad topográfica I. Esto se puede observar en la región oeste de las cartas topográficas, en las cercanías de Motatán, norte de Valera y sur de Jiménez.

Los valles se extienden de este a oeste al norte y oeste de las hojas. Representan las partes bajas del piedemonte. Presentan líneas de talweg irregulares, y con un drenaje que corta los relieves alargados principales, formando gargantas e interrumpiendo la continuidad de las mismas en la zona norte de Jiménez, entre Jiménez y Hda. S. Gonzalo.

3.3.- Precipitación:

Dentro de este sub-capítulo se tomaron datos de precipitaciones mensuales y anuales entregados por M.A.R.N. (2005). En la estación Pampán se tomaron datos desde 1951 hasta el 2003, mientras que para la estación Trujillo-Liceo la toma de datos mensuales se realizó a partir de 1920 y los últimos datos reportados fueron hasta el 2003. Por último, para la estación Las Cruces, los datos corresponden a un intervalo que va desde 1990 hasta el año 2003.

Es importante destacar que estas tres estaciones están próximas a los corredores viales de estudio, Eje Vial y Local 1. Por lo tanto, sus datos permiten observar las tendencias en promedio de las precipitaciones en la zona de estudio, asimismo observar la intensidad en promedio anual en cada estación.

En el cuadro 10, se presenta en las columnas los datos en promedio mensual para cada estación, además de presentarse en la última fila el promedio anual de precipitación para cada estación:

Cuadro 10: Promedios mensuales de las precipitaciones de las estaciones Pampán, Trujillo-Liceo y Las Cruces.

Precipitaciones entre Valera y Trujillo			
Estaciones			
Meses	PAMPÁN (mm)	TRUJILLO-LICEO (mm)	LAS CRUCES (mm)
Enero	69,6	37,1	25,8
Febrero	69,7	41,2	26
Marzo	100,4	73,9	51,7
Abril	167,5	110,1	91,9
Mayo	146,9	91,5	62,3
Junio	71	47,8	59,4
Julio	74,1	33,6	49,8

Cuadro 10: Continuación...

Meses	PAMPÁN (mm)	TRUJILLO-LICEO (mm)	LAS CRUCES (mm)
Agosto	110,5	57,8	73
Septiembre	161,6	84,1	95,2
Octubre	212,9	109,2	99,6
Noviembre	194,4	108	77,6
Diciembre	98,7	44,2	51,6
	1477,3	838,5	763,9

La Estación Pampán se presenta a una altitud de 480 metros sobre el nivel del mar, ubicándose en las coordenadas latitud 9°27'33" y longitud 70°28'05". En la Estación Trujillo-Liceo la altitud alcanza 790 metros sobre el nivel del mar, ubicándose entre las coordenadas latitud 9°22'12" y longitud 70°25'34", mientras que la Estación Las Cruces está a una altitud de 756 metros sobre el nivel del mar, ubicándose en las coordenadas latitud 9°21'57" y longitud 70°39'44".

En la figura 6, se puede distinguir de manera descriptiva las tendencias mensuales para cada una de las estaciones, asimismo los meses de mayor y menor afluencia de precipitación.

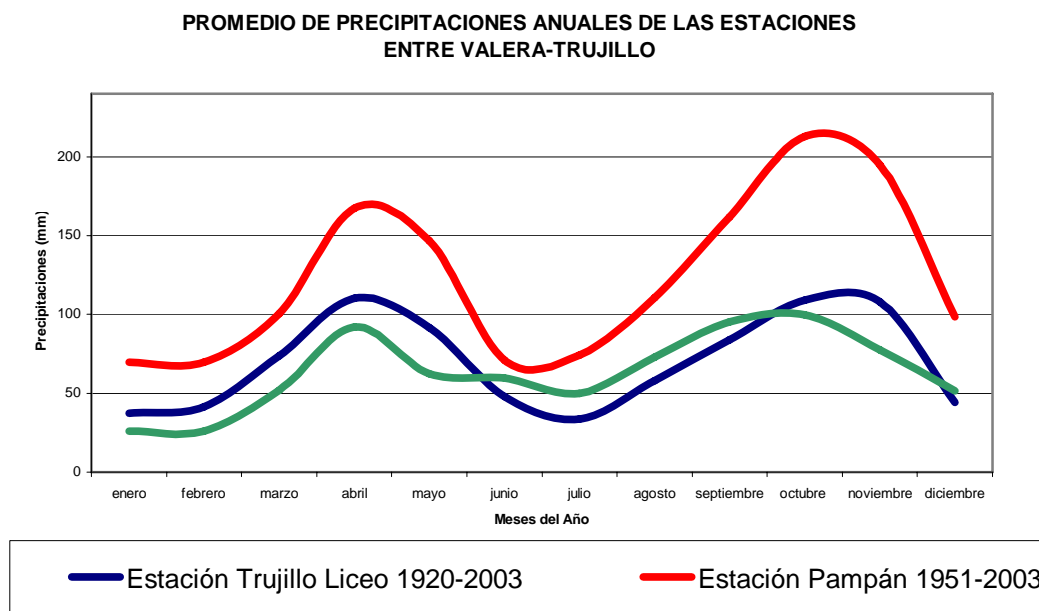


Fig. 6: Comparación de las estaciones ubicadas entre Valera y Trujillo.

Obsérvese que las tres estaciones se comportan de manera análoga en cuanto a la distribución de las precipitaciones, manteniendo un comportamiento bimodal, y en donde los meses de abril (12,17 %) y octubre (13,49 %) son los de mayor concurrencia en precipitaciones, mientras que las de menores precipitaciones son los meses de enero (4,17 %) y julio (5,18 %). Estos datos suministrados por el M.R.N.R. tienen variaciones en periodos anuales, muy puntuales en algunos casos, no asegurando de alguna forma la tendencia que adopta el gráfico a lo largo de los años.

3.4.-Temperatura:

Para la temperatura se tomaron datos presentados por el M.A.R.N.R. (1988) de la estación Valera. En el cuadro 11, se muestra en las columnas los datos en promedio mensual de la temperatura, además de presentarse en la última fila el promedio de temperatura de la estación:

Cuadro 11: Comportamiento mensual de la temperatura de la estación Valera.

Meses	Temperatura °C
Enero	24,4
Febrero	24,9
Marzo	25,3
Abril	25,5
Mayo	26,1
Junio	26,6
Julio	26,5
Agosto	26,0
Septiembre	25,7
Octubre	25,7
Noviembre	26,0
Diciembre	24,0
Anual	25,5

En la figura 7, se muestran las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas en la estación Valera. Obsérvese que junio y noviembre representan los meses de mayores temperaturas, mientras que en los meses de diciembre y enero se presentan las menores temperaturas, según datos suministrados por M.A.R.N.R. (1.985).

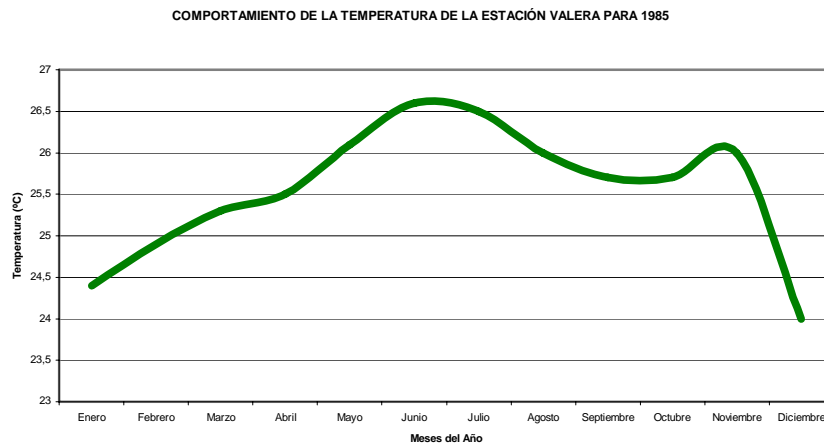


Fig. 7: Comportamiento de las temperaturas, datos tomados del MARNR (1985)

3.5.- Pisos Térmicos:

Según los rasgos establecidos por Andressen y Ponte en M.A.R.N.R. (1988), caracteriza a esta región con los siguientes pisos térmicos:

3.5.1.-Piso subtropical: se localiza a una altura que va desde los 1.000 y 1.500 metros sobre el nivel del mar, presentando temperaturas que oscilan entre 18°C y 22° C.

3.5.2.-Piso tropical o caliente: es el piso en donde se ubica el área de estudio, se caracteriza por presentar las zonas con altitudes menores de los 1.000 metros sobre el nivel del mar y sus temperaturas están por encima de los 22°C.

3.6.- Humedad Relativa:

La humedad relativa es alta para toda la zona de estudio y oscila entre 63 y 83%. Este parámetro es dependiente de los períodos de máximas y mínimas precipitaciones, siendo menor la humedad relativa al ser menor la precipitación y mayor al aumentar la precipitación. Asimismo, la influencia de la altitud es considerable, debido a la disminución del contenido de vapor de agua de la atmósfera al aumentar la altura.

3.7.-Regímenes de humedad y temperatura del suelo:

Para la región de estudio de tienen los siguientes regímenes de humedad y temperatura del suelo, según M.A.R.N.R. (1988):

3.7.1.-Regímenes de Humedad: en la zona de estudio se presenta el Ústico e Údico.

3.7.1.1.-*Ústico*: se presenta cuando la región control de humedad se seca en todas o alguna de sus partes durante 90 días acumulativos en varios años.

3.7.1.2.-*Údico*: la región control no se seca en sus partes en períodos largos, como es el caso de 90 días acumulativos.

3.7.2.-*Regímenes de temperatura*: para la zona de estudio los regímenes son Isotérmicos e Isohipertérmicos.

3.7.2.1.-*Isotérmico*: la temperatura media de los suelos es mayor a 15°C pero menor a 22°C.

3.7.2.2.-*Isohipertérmico*: la temperatura media anual es mayor a 22°C.

3.8.-*Estación Climática*:

Tomando en consideración las modificaciones de Álvaro y Mendoza (1974) en la clasificación de W. Köppen de las regiones montañosas intertropicales, se tiene la siguiente estación climática:

3.8.1.-*Clima tropical cálido*: se encuentra en las áreas por debajo de los 1.500 metros sobre el nivel del mar, las temperaturas más frías son superiores a 18°C y el mes más cálido es inferior a 22°C, con periodos secos entre los meses de diciembre y marzo, con vegetación de selva estacional montano.

3.9.- *Vegetación*:

Es unas de las variables físicas de mayor importancia, siendo dependiente del clima, evaporación, regímenes de temperatura y humedad, humedad relativa, precipitación y suelo. La descripción de la vegetación en esta sección será solo utilizada para

descripción de la geografía física, ya que carece de valor geotécnico para su uso en este trabajo, para más detalle sobre la vegetación para fines de trabajo consultar el capítulo VII.

De acuerdo a M.A.R.N.R. (1988), basándose en la clasificación de Holdridge, se describen en el área de estudio, las siguientes zonas de vida:

3.9.1.-Bosque seco tropical (bs-T): se caracteriza por presentar un promedio de temperatura que está entre los 24°C y 29°C, con un promedio de precipitación anual cercano a 1.000 mm. Los sectores de Valera y La Cejita corresponden a este tipo de zona.

3.9.2.-Bosque seco premontano (bs-P): esta zona de vida se encuentra en una altitud que oscila entre los 500 y 1.500 metros sobre el nivel del mar, presentando una temperatura promedio anual que se encuentra entre 18° y 24°C, en donde la precipitación promedio anual está entre los 550 y 1.100 mm., con períodos de déficit de agua.

3.9.3.-Bosque húmedo premontano (bh-P): se encuentra entre los 550 hasta 1.500 metros sobre el nivel del mar; la temperatura media anual es aproximadamente de 24°C y su precipitación media anual está próximo a los 1.000 mm. Las condiciones son propicias para el cultivo.

3.10.- Drenaje:

A nivel regional se encuentra una gran cuenca en la parte norte “Embalse de Agua Viva”, y hacia donde confluyen todos los drenajes de la zona. Los drenajes afluentes a esta zona son:

-
- Río Motatán: ubicado en la zona sur-oeste de la zona de estudio, con trayectoria de sur a norte. Es el resultado de los afluentes de los ríos Momboy y Motatán.
 - Río Castán: ubicado al este de la zona de estudio, con trayectoria este a oeste.
 - Río Jiménez: su ubica dentro de la región de estudio en la parte central y centro- oeste. Con trayectoria desde el sur al centro, en Santo Domingo se une con el Río Castán y varía levemente su trayectoria al nor-oeste. En Hda. S. Gonzalo se une con el Río Motatán.

3.10.1.-*El Río Motatán*: funciona como colector principal de la región sur-oeste y oeste, se une al sur de la Ciudad de Valera con el Río Momboy, específicamente en La Urbanización Bella Vista.

De acuerdo a la clasificación geométrica de Schumm en 1963, a partir de la Urb. Bella Vista hasta Agua Blanca se presenta geometría transicional, pero a partir de Agua Blanca y hasta El Embalse de Agua Viva se presenta trayectoria rectilínea al norte.

Presenta un amplio valle aluvial en todo su recorrido desde la parte norte de la Urbanización Bella Vista, lo cual permite observar diferentes grados de encajamiento, generando depósitos laterales que generan cuerpos de terrazas, determinado como “Terrazas Laterales”.

El cauce se desarrolla más al extremo oeste del valle aluvial, presentado un patrón anastomosado en algunos de sus tramos, San Luis, San Antonito, entre otras. El patrón anastomosado es un término relativo que se emplea para describir el Río Motatán, debido a que mediante la observación de las misiones 0103103 del año 1977 y la 0103105 del año 1980, se observan cambios en el patrón de drenaje y en

ocasiones se ven vestigios de drenajes abandonados, siendo numerosos en un mismo sector de la región de estudio.

La observación de canales abandonados dentro del mismo tramo del Río Motatán es evidencia del desplazamiento lateral, no manteniendo un lugar relativamente fijo en el tiempo y pudiendo afectar, a largo de su recorrido, algunos contornos geográficos que están a su alrededor. Igualmente, ocasiona que las terrazas laterales sean asimétricas una de la otra.

El Valle del Río Motatán en el sector de estudio, mantiene una anchura constante. Pero el recorrido varía siendo desde Valera Hasta El Zanjón de Colorado N5°W - N5°E con dirección de su cauce al norte. En El Zanjón del Colorado hasta Hda. S. Gonzalo cambia el rumbo del cauce principal a N10°E, manteniendo un sentido de la dirección del cauce principal hacia el norte. Desde Hda S. Gonzalo hasta El Embalse de Agua Viva, se presenta otro quiebre que termina siendo paralelo al primer rumbo mencionado.

En posible observar en las fotografías aéreas antes mencionadas depósitos sedimentarios, un ejemplo se puede observar al norte de la Zona Industrial y en el centro poblado de Motatán; asimismo se observan meandros abandonados en equivalentes sectores.

Mediante las fotografías aéreas y los mapas topográficos se visualiza la migración del cauce del río al sector oeste del valle, puntualizando de esta manera un valle asimétrico. Además, se pueden precisar en dichas fotos movimientos en masa que han modificado el curso del río, en algunos de sus tramos.

La presencia del cauce del río al sector oeste ha inducido la socavación lateral en la base de la Terraza de Valera.

Al margen oeste del río se observan un conjunto de tributarios poco numerosos que presentan un patrón de drenaje dendrítico, cuya confluencia al Río Motatán presenta un rumbo general N30°E. Hacia las zonas más altas de dicho sector la red se hace más tupida, asimilando un patrón subparalelo a dendrítico al norte y sur de los tributarios principales.

En el margen este del valle, se presenta un conjunto de tributarios que se incorporan con un patrón subparalelo al Río Motatán y hacia las partes altas se observa un patrón de drenaje dendrítico a subparalelo.

3.10.2.-Río Castán: el cauce presenta un rumbo este a oeste, con una geometría irregular, según la clasificación geométrica de Schumm en 1963.

Asimismo, en las cartas topográficas de escala 1:5.000 del año 1980 y 1:10.000 del año 1989, siendo esta última elaborada con fotografías aéreas de la misión 0103114 del mismo año, se puede constatar que a 200 metros del sur de Jiménez se observan cambios laterales en cuanto a la trayectoria del Río Castán, por los procesos de deslaves a lo largo de sus recorrido y el control tectónico-estructural de la zona, esto se puede apreciar en el mapa geomorfológico de la región.

El Río Castán presenta un amplio valle aluvial, mostrándose terrazas recientes aluviales a lo largo de su trayectoria, los cuales presentan una red de drenajes entallados.

El Río Castán es no pareado y su cauce suele estar al sector norte del valle, por lo tanto su valle es asimétrico. El valle aluvial tiende ser angosto al este en El Prado, ampliándose al oeste, en las cercanías del Puente Jiménez.

A este drenaje se le suelen unir drenajes tributarios de forma subparalela, pero hacia sus partes altas, en conjunto presenta patrón dendrítico. Los drenajes tributarios con

dirección N30°W interceptan al Río Castán en la parte central de la zona. En el norte, los drenajes tienden hacerlo con dirección N-S, específicamente de Jiménez hasta Pampanito.

Es importante añadir que el Río Castán mantiene un cauce de este a oeste, en el sector oeste se intercepta con la Quebrada de Agua Clara y el Río Jiménez, en este sector cambia el sentido de sus aguas al noroeste, específicamente entre La Sabana y Jiménez.

3.10.3.-Río Jiménez: ubicado en la zona central de la zona de estudio, específicamente entre los centros poblados de Jiménez y Santa Rita, también se conoce o se renombra en cartas topográficas de 1977 como Río San Lázaro.

Presenta un geometría irregular según Shumm en 1.963, un valle que estrecho en la zona de Santa Rita y en Jiménez se amplía. Presenta acumulaciones sedimentarias y terrazas en los laterales del río, además lentes de sedimentos y tramos anastomosados en algunos de sus tramos, tal es el caso que se presenta a 700 metros al sur de Jiménez.

La red de drenaje tributario presenta un patrón dendrítico en conjunto, pero localmente está adaptado a ser subparalelo.

Se une al Río Castán al oeste de Jiménez, cambiando su trayectoria hacia el noroeste, para posteriormente unirse al sur de Hda. S. Gonzalo con el Río Motatán.

CAPÍTULO IV
GEOLOGÍA REGIONAL

4.1.- Geología Estratigráfica Regional:

4.1.1- Paleozoico:

4.1.1.1.-Formación Mucuchachí (Paleozoico Tardío):

En las consideraciones históricas, Christ (1927) definió a este conjunto de sedimentos metamorfizados de esquistos arcillosos y localmente calcáreos o silíceos cercanos al pueblo Mucuchachí como “Serie” Mucuchachí. Oppenheim (1937), utiliza esta terminología. Kehrer (1938), considera en incluir la Serie de Río Momboy de Liddle (1928) dentro de la Serie Mucuchachí.

Küding (1938), le designa Grupo Mucuchachí a todas aquellas rocas de bajo metamorfismo, como lo son las filitas con coloraciones de gris oscuro a negro con brillo sedoso y a las areniscas finamente conglomeráticas con cierto grado de metamorfismo. Kehrer (1938), en el Estado Táchira se los designa a las pizarras, areniscas cuarcíticas y cuarcitas al Grupo Mucuchachí, con edades provisoriamente del Devónico.

Sutton (1946), los designa con edades desde el Cámbrico Superior hasta el Ordovícico Superior, en donde su columna generalizada lo ubica por debajo de Río Momboy, atribuido al Devónico.

Para González de Juana (1951), las relaciones de Mucuchachí con las unidades infrayacentes aún no se han resuelto, como es el caso de Caparo, que no presenta semejanza en edad, sabiendo que en Mucuchachí por determinaciones paleontológicas las edades solo son firmes en su parte superior, señalando una

relación por discordancia con un considerable hiato intermedio o una relación más normal por translación hacia el norte de la cuenca paleozoica. Los dos últimos autores catalogan a Mucuchachí como una unidad con rango de grupo.

Pierce (1960), plantea dividir las capas devónicas como formaciones Río Momboy, Libertad y Remolino, por los que los geólogos de la Shell y Creole (1964) rechazan esta idea, considerando que estas unidades formacionales no son cartografiables, por lo que proponen asignarle un rango formacional a Mucuchachí. (González de Juana, 1980).

En la descripción litológica, esta unidad se describe como una secuencia monótona de rocas pelíticas con pizarras limosas, pizarras laminadas en parte filíticas y carbonosas, filitas y esquistos que se intercalan a su vez con capas masivas de cuarcitas y algunos metaconglomerados interformacionales. Es habitual la presencia de pirita, resultado del reemplazo de los fósiles.

Las rocas más comunes de Mucuchachí según Ramírez, García y Campos (1972) están representadas por las filitas, intercaladas con metareniscas, cuarcitas y metalimolitas, describiéndolas como:

- Filitas y pizarras: presentan coloraciones gris azulado, verdosas y negro, su meteorización muestra tonalidades amarillentas y marrones, su superficie fresca es brillante con bandeamiento muy fino. Ocasionalmente exponen vetas de cuarzo, en dirección de la foliación y tienen presencia de vetas de calcita blancas. Se presentan compactas con buena laminación, son suaves al tacto.
- Cuarcitas: son compactas y eventualmente bien laminadas, con coloraciones verdosas y bandeamiento fino, se pueden apreciar escamas de moscovita y la presencia de óxido de hierro.

- Metareniscas cloríticas: su color suele variar entre gris a gris verdoso, su superficie meteoriza a marrón, con grano fino y la presencia de óxido de hierro. Son muy micáceas y compactas, se exhiben en grandes paquetes y se encuentran diaclasadas.
- Metalimolitas: muestran un color gris verdoso, que meteoriza de marrón rojizo a amarillento, con granos finos y levemente foliados.
- Hornfels de Andalucita: solo se presenta en zonas de contacto con granitos intrusivos, con color negro, compactos y cristales alargados de andalucita.

Este tipo de roca se presenta en el recorrido entre Santa Bárbara de Barinas hasta los alrededores del pueblo de Mucuchachí en el Estado de Mérida. Esta unidad formacional es posible distinguirla en la mayoría de los andes venezolanos, como es el caso de Mérida, Táchira y Trujillo.

La compañía Shell y Creole (1964) estimó un espesor aproximado de 5000 metros, aunque Marechal (1983) con datos de la misma compañía, menciona que el espesor oscila entre 3.000 y 4.500 metros. Otros como Ramírez, García y Campos (1972), mencionan que en esta formación es posible calcular un espesor entre los 1.500 y 2.500 metros, y manifiestan que la variabilidad en estos espesores esta en función de la resistencia o susceptibilidad de la filita.

En la expresión topográfica, cuando se trata de las cuarcitas y las calizas que están dentro de esta unidad, se hacen frecuentes los escarpes y las pronunciadas pendientes a nivel topográfico. El contacto entre las rocas de Mucuchachí y Sierra Nevada exhibe un notable contraste topográfico.

El contacto geológico de La Formación Mucuchachí es suprayacente al complejo basal, como es el caso el contacto de rumbo noreste con las rocas de Sierra Nevada, y

entra en contacto de falla o discordancia a otras unidades pertenecientes al Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, en este último está el ejemplo de la Formación Betijoque e Isnotú, al norte de Trujillo.

De acuerdo a la flora y vertebrados existentes dentro de la Formación Mucuchachí, esta se restringe a edades del paleozoico superior, específicamente al pensilvaniano.

La Formación Mucuchachí se correlaciona litológicamente con la Formación El Águila en su miembro inferior (El Gavilán) y medio (El Balcón); la Formación Río Momboy en su miembro inferior con Mocojó, la Formación Los Torres, y en una parte con la Formación Cerro Azul. Esta última según Grauch (1975), posee fuertes semejanzas, asimismo, Burkley (1976) realiza un estudio de isocronas (Rb - Sr), presentando edades del carbonífero superior en ambas unidades.

Shagam (1968), atribuye a la Formación Mucuchachí una serie tipo flysch, para García (1972) esto se traduce que las condiciones son de depósitos más colmados y de gran profundidad.

Ramírez, García y Campos (1972), mencionan que los granos finos de la Formación Mucuchachí evidencian una sedimentación en una cuenca profunda y angosta, conforme a un canal, en donde las fuentes sedimentarias eran las facies de Sierra Nevada. Por estos canales penetraron los mares del paleozoico superior del norte. La presencia de pirita, material carbonáceo y la conformación litológica de pizarras y filita en esta formación, indican la acumulación rápida bajo condiciones anaeróbicas, aunque la presencia de plantas fósiles indican ambientes de pantanos y marismas.

4.1.2.- Cenozoico:

4.1.2.1.-Formación Isnotú (Terciario): en las consideraciones históricas, Sutton (1946) define a las rocas expuestas en el flanco noroccidental de Los Andes

como las formaciones El Palmar, Isnotú y Betijoque, las cuales fueron utilizadas de manera variable en tablas de correlación sin discusión textual. En la actualidad, estas son utilizadas con sus denominaciones iniciales y actualmente están incluidas dentro del Grupo Guayabo.

Es importante mencionar que Garner (1926), destacaba para estas formaciones los nombres de Timiache, Hormiga y Mene Grande, los cuales están en desuso para estos tipos de roca.

El *Léxico Estratigráfico Venezolano II* (1970), menciona que las arcillas representan alrededor del 65% de la formación, son masivas y se encuentran con cantidades subordinadamente de arcillas laminares, micáceas, carbón y conglomerado; es frecuente encontrar estas arcillas intercaladas con areniscas.

Las arcillas son de color gris, siendo suaves al tacto, es común encontrarlas moteadas de rojo púrpura y amarillo; las areniscas son gris claro a blancas pero es posible encontrarlas con tonos gris claro a oscuro y gris verdosas, con pelotillas de arcillas, laminadas, localmente micáceas y con rizaduras, además pueden ser carbonáceas.

Para García (1977), esta intercalación de arenisca con arcillas puede presentarse con conglomerados, no tan frecuente. Conjuntamente menciona que las areniscas son de grano fino hasta llegar a ser finamente conglomeráticas, friables con color pardo amarillento a pardo rojizo, y acota que las arcillas son de varios colores, predominando el color pardo.

En el *Léxico Estratigráfico de Venezuela* (1999), mencionan que el afloramiento se encuentra en la carretera que se dirige a Isnotú, en su parte norte, específicamente en la carretera Motatán-Betijoque, en el oeste del estado de Trujillo.

Las rocas que definen esta formación se encuentran en el flanco noroccidental de Los Andes, siendo posible ubicarlas de manera casi continua desde el estado Táchira hasta el estado Trujillo, L.E.V. (1999).

En el subsuelo encontrado en el Lago de Maracaibo se ha aplicado el término de la Formación Isnotú, que se encuentra suprayacente a la Formación Lagunillas, Borger y Lenert (1959). Algunos autores mencionan este mismo intervalo como la Formación La Puerta, Young (1960).

Para Sutton (1946), el espesor de la Formación Isnotú alcanza los 1.100 m, en el área tipo, considerando que este no varía a lo largo de la faja de afloramientos del frente de montaña de Los Andes. Ramírez y Campo (1972) señalan un espesor de 300 m. El L.E.V. (1999) menciona que el espesor es constante y tiende a disminuir de norte a oeste.

La Formación Isnotú esta en contacto transicional con la Formación El Palmar infrayacente y con la Formación Betijoque suprayacente, simultáneamente es discordante con unidades más antiguas y con la Formación Paují en el sector de Monay, estado Trujillo, Salvador para 1961, en González de Juana (1980).

Por medio de correlaciones laterales y regionales su edad comprende el Mioceno medio a superior.

Esta Formación se correlaciona por edad y tipo sedimentario con las secuencias formacionales de Cuiba, Los Ranchos y La Villa en la Sierra de Perijá; y hacia el sector norte, concretamente en Falcón y Zulia nororiental, con los cuerpos rocosos de la Formación La Puerta.

El ambiente de sedimentación es fluvial para Salvador (1961), mientras que Fiorillo (1976), destaca que la Formación Isnotú es el resultado de un proceso sedimentario

de abanicos aluviales y ríos entrelazados, los cuales eran controlados por movimientos tectónicos del levantamiento andino y por variaciones climáticas de la región.

4.1.2.2.-*Formación Betijoque (Terciario)*: Garner (1926) definió a las rocas que se encontraban aflorando en las colinas bajas, al oeste del poblado de Betijoque, como la Formación Betijoque. Liddle (1928), menciona a Argabrite, el autor que incluyó el término de “Capas Betijoque” en unos de sus trabajos particulares de 1919.

Sutton (1946) incluye el término de “Capas Betijoque” a la Formación Betijoque y a su vez mantenía esta denominación de formación restringida, siendo utilizada en la actualidad en los Cuadros de Correlación de Miller (1963), Renz (1961) y La Sociedad Venezolana de Ingenieros en Petróleo (1963), en González (1980).

Liddle (1946), Mencher *et al.*(1951, 1953) y Young *et al.*(1954), amplían el sentido de la unidad como Grupo Betijoque, conociéndose e incluyéndose actualmente como parte de Grupo Guayabo, que se caracteriza por presentar todas aquellas unidades mio-pliocenas no marinas y depositadas a lo largo del flanco occidental de Los Andes, durante el proceso de levantamiento.

Para Sutton (1946), esta unidad (la Formación Betijoque) está constituida por capas de conglomerados, arcillas, areniscas y limolitas, presentándose considerable intergradación lateral entre éstas.

Feo-Codecido en el Léxico Estratigráfico de Venezuela (1956) divide a esta unidad en dos Miembros: el inferior como Vichú y el superior como Sanalejos, aplicándose esta división solo en estudios locales detallados.

El Miembro Sanalejos, que constituye el 25% de la Formación Betijoque, se compone de capas de conglomerados de grano fino a grueso de hasta 12 m. de espesor, los cuales aparentan ser mal escogidos, mal cementados y más gruesos. García (1977) describe a la matriz como arcillo-arenosa y acota que los espesores de este miembro son de 8 m.

Por otro lado, el Miembro Vichú, se compone de areniscas, arcillas y limonitas. Las areniscas presentan colores gris a marrón, en ocasiones se presentan en estratificación cruzada, suelen ser macizas con granos finos a grueso y poco cementados, friables, localmente pueden ser un poco arcillosas en algunos afloramiento y micáceos en otros.

Las arcillas representan la mayor porción del Miembro. Son de color pardo amarillentas con tonalidades gris verdosas, son macizas, por lo general suelen ser arenosas, pero localmente pueden ser carbonáceas. Las limolitas presentan de gris claro a gris verdoso, micáceas, masivas y pueden estar laminadas localmente.

La sección tipo de la Formación Betijoque se localiza en las cercanías del pueblo Betijoque, específicamente en las colinas bajas del sector oeste, Liddle (1928) menciona que algunas capas forman badlands al sur del pueblo.

Sutton, consideró a esta formación con un espesor de 4.365 m., Salvador (1961) considera que en el valle del Monay se contabiliza un espesor de 2.000 m., mientras que Ramírez y Campos (1972) calculan en el Estado Táchira un espesor de 650 m.

Por otro lado, Zambrano *et al.* (1971) sugiere que la antefosa con 5.000 m. de espesor de sedimentos son en su mayoría de la Formación Betijoque. El Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999) indica que el espesor para el Miembro Vichú es de 2.135 m y para el Miembro Sanalejos es de 2.385 m.

Esta unidad aflora a lo largo del flanco noroccidental de Los Andes, entre los estados Táchira y Trujillo.

El contacto entre la Formación Betijoque con Formación Isnotú es transicional. Está en contacto discordante con formaciones más antiguas y su tope es truncado angularmente por sedimentos más jóvenes, tal es el caso que se presenta con la Formación Carvajal, en donde es cubierto por gravas, suprayacentemente.

En esta unidad por correlaciones regionales se infiere una edad del Mioceno Superior a plioceno.

Al constituir parte del espeso talud aluvial durante el proceso de levantamiento de la cordillera andina, se correlaciona con la Formación Paraguaya en su parte superior, La Formación Río Yuca en la cuenca de Barinas, mientras que en el estado Zulia o Sierra de Perijá es correlacionable con la Formación Perijá.

González de Juana (1993), dice que esta unidad es el producto de los abanicos fluviales coalescentes y llanuras de inundación, en donde el proceso de remoción del material era acelerado.

4.1.3.-Cuaternario:

4.1.3.1.-Formación Carvajal: Ramírez, García y Campos (1972) mencionan que Abadilla en uno de sus trabajos particulares introduce los nombres de Carvajal y Dividive.

Sutton (1946), utiliza el nombre Dividive para posteriormente sustituirlo por el de Formación Carvajal, utilizando esta última definición por Senn (1935) para describir a los sedimentos pleistocenos ubicados en las carreteras Sabana Mendoza-Agua Viva en el centro y noreste del estado Trujillo. Cuando Sutton definió esta unidad

sedimentaria, lo hacía con la intención de hacerlo para las terrazas de los valles andinos, sin hacer referencia a región en particular.

Según Gonzáles de Juana (1993) la litología de esta unidad de Formación Carvajal consiste de arenas y gravas mal gradadas y macizas, con estratificación cruzada, mal cementadas, micáceas y con colores pardo.

Para García (1977) en la región de Valera es posible distinguir dos contenidos litológicos diferentes. El primero de ellos consiste de conglomerados mal escogidos y cementados, estos afloran en el graven de Valera, sumando a esto reseña que estos se constituyen por rocas y sedimentos provenientes de la Formación Sierra Nevada y los granitos de Valera-la Puerta y Timotes, con matriz arenosa gruesa.

Además menciona que estos conglomerados se distribuyen en dos terrazas, la más alta consta de un paleo suelo de arcillas rojas y profunda meteorización de los guijarros. El segundo de los contenidos litológicos se encuentra en la región de Agua Viva, compuestos por guijarros y areniscas cuarzosas, están mejor escogidas y estratificadas, probablemente el aporte es de la Formación Misoa.

Sutton (1946) menciona que la sección tipo se encuentra en la antigua línea férrea Agua Viva- Sabana Mendoza cerca de la Villa de Dividive en el Estado Trujillo.

Los espesores máximos en el valle de Río Motatán según Canelón y Ramírez (1977) es de 150 m., hacia los pies de monte, reportando una disminución de 120 m. en los ríos Tucán y Perdido en la ciudad de Mérida.

Para Gonzáles de Juana (1993) la Formación Carvajal alcanza sus máximos espesores cerca del frente de montaña, estando en el orden de los 150 m., pero que rápidamente estos disminuyen a 120 m. cuando alcanza las bajas cuencas.

Esta unidad se presenta según el L.E.V (1999) en los piedemontes de las regiones altas del flanco noroccidental andino, en los estados de Trujillo, Mérida, Zulia y Táchira.

La Formación Carvajal se encuentra discordante sobre todos aquellos sedimentos recientes, al igual de todas aquellas rocas con edades más antiguas. Se le asigna edades del pleistoceno.

Se correlaciona con otras formaciones que fueron producto de eventos fluviales, un ejemplo de esto son las Formaciones Necesidad, Monay, Guanaca y en Esnujaque en una porción.

García (1977) lo atribuye a eventos fluvio-continetales, mientras que Gonzáles de Juana (1993) se refiere a estos sedimentos como el producto de abanicos aluviales y llanuras de inundación.

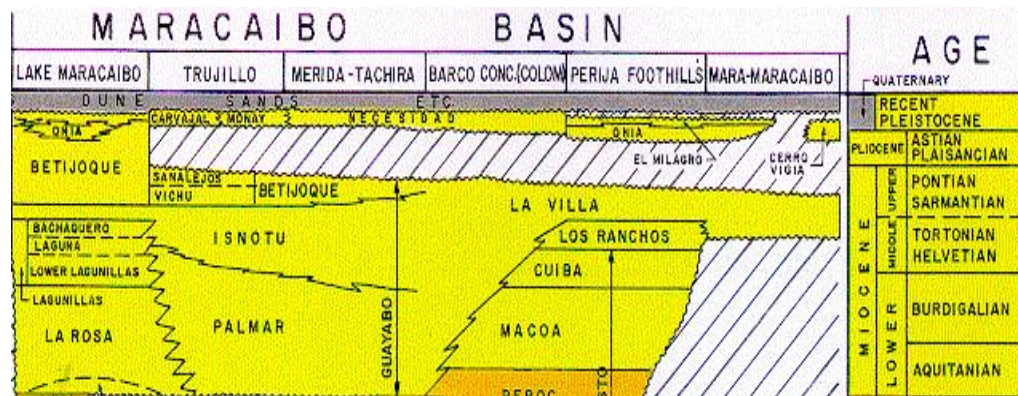


Fig. 8: Columna Estratigráfica de la parte superior de la región de estudio, además de su correlación lateral, tomada del Léxico Estratigráfico Venezolano (1.999).

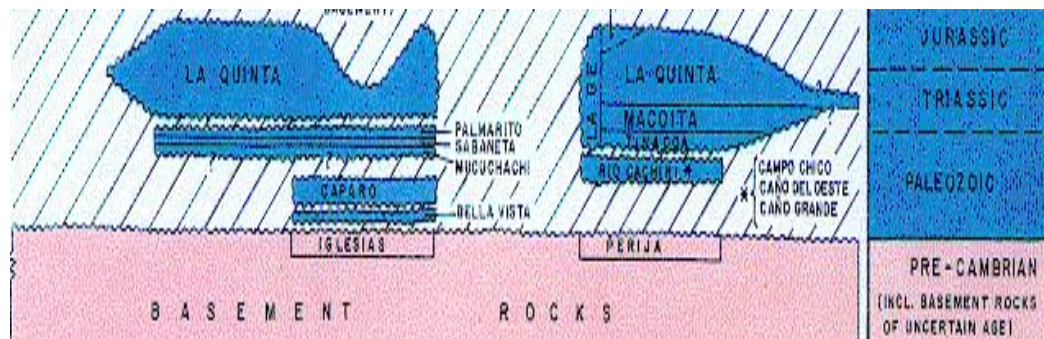


Fig. 9: Columna Estratigráfica de la parte inferior de la región de estudio, además de su correlación lateral, tomada del Léxico Estratigráfico Venezolano (1.999).

4.2.-Geología Histórica Regional:

4.2.1.-*Proterozoico*: el origen de la Cordillera de Los Andes venezolanos está ligado a la evolución geológica tectónica del norte del continente Suramericano. Aunque aun es incierto la evolución de la cordillera, se tiene con firmeza que es producto del dinamismo entre la Placa del Caribe, Suramericana, Nazca y Cocos.

En primera instancia estuvo el dinamismo de la Placa Suramericana, con el desplazamiento al oeste y noroeste, esto genera una subducción por la convergencia de la Placa del Pacífico con la de Suramérica, después de la separación de África y Suramérica.

Al norte de la Placa Suramericana se genera un contacto transcurrente, producto del desplazamiento de la Placa del Caribe, esto ocasionó deformación estructural que influyó directamente con la Cordillera de Los Andes. Dicha transurrencia es el producto de la expansión del fondo del Océano Atlántico en un ambiente rifting, además, a esto se incluye la convergencia que se presentaba entre la Placa Suramericana y la Placa del Pacífico.

La tectónica en sus primeros eventos está enmarcada a finales del proterozoico y principios del paleozoico, en este lapso de tiempo se consolida el basamento de la

cordillera. Uno de los dos bloques más antiguos lo constituyen el Terreno de Mérida, que se considera como alóctono, debido a que se ubicaba en principio al sur de México y al norte de Centroamérica, en la actualidad es una región ubicada al norte de la Falla de Motagua, donde se encuentra el Bloque Maya del Terreno de Yucatán.

La litología del basamento de Yucatán evidencia que estuvo en el margen convergente norteño de Gondwana, y donde se encontraba el contacto entre Norteamérica y Suramérica.

Otras de las evidencias, se encuentran en la faja ígneo-metamórfica (alóctona) que se presentaba con el Terreno de Mérida, y que tendría relación con la paleogeografía del Terreno de Yucatán. Dicha faja se localiza en el subsuelo de la cuenca de Venezuela y Cuenca Barinas-Apure, aflorando únicamente en el Macizo del Baúl.

El Terreno de Mérida se incorporó a la paleogeografía de Los Andes hace 280 m.a., durante La Orogénesis Herciniana. Posteriormente, sobre este Terreno de Mérida y el Bloque Autóctono de Caparo, se dio inicio a una serie de depósitos sedimentarios que comienzan con la Asociación de Tostos.

La Cordillera de Los Andes se dio inicio a partir de una cubierta sedimentaria metamorfizada, donde también había intrusiones graníticas.

4.2.2.-Paleozoico: se puede decir que el período precámbrico dejó un ciclo de deformaciones producto de la Orogénesis Huroniana, que vino acompañada de esfuerzos compresivos y un posterior metamorfismo regional en las rocas depositadas, que alcanzaron facies de anfibolita-almandino, además de presentarse una serie de plegamientos norte-sur en la región de Los Andes (Grupo Iglesias).

4.2.2.1.- El Paleozoico Inferior: el Paleozoico Inferior dio lugar a la Orogénesis Caledoniana, en donde no hubo período de depositación en la región de

Los Andes, desde el Devónico hasta el Carbonífero inferior. Dicha Orogénesis estuvo acompañada de metamorfismo regional en las rocas formadas en el Paleozoico Inferior y en el Precámbrico, con muy pocas evidencias de la segunda mencionada.

El período Orogénico produjo en el Flanco Sur-Andino un largo “hiato” durante el Devónico y el Missisipiense, antes de comenzar un nuevo ciclo sedimentario en el Paleozoico superior. En la región andina no ha sido posible presentar una columna estratigráfica completa y confiable, es decir, con todos los intervalos fosilíferos de cada período.

4.2.2.2.-Paleozoico Superior: luego de levantamientos, deformaciones y erosiones en el Paleozoico Inferior, tuvo lugar una depositación del Paleozoico Superior, representada por la Asociación Río Momboy, Formación Mucuchachí y Formación Palmarito, la cual se yace discordante sobre rocas más antiguas.

La Fm. Mucuchachí y parte inferior de Río Momboy, Miembro Mocojón, se forman adyacentes entre sí, en canales de alta profundidad, pero separados por rocas del Paleozoico Inferior, lo cual sirvió de aporte sedimentario para la formación de las rocas del Paleozoico Superior. Aunque se tiene indicio de que la Fm. Mucuchachí es de origen marino, por la presencia de filita, pizarra, material carbonáceo y pirita, estos son típicos de fondos profundos, con ambientes reductores y anóxicos. La cuenca pudo profundizarse rápidamente al norte, donde es posible encontrar secciones polimíticas más monótonas.

Al rellenarse dichas cuencas por sedimentos, la profundidad y anchura de los canales disminuyeron, originándose de esta forma ambientes favorables para la formación de calizas, representadas por la Fm. Palmarito y la parte superior de la Asociación Río Momboy, Miembro Mendoza.

Por otro lado, las intercalaciones de metarenisca y metaconglomerado, indican sedimentación en plataforma o en flujos turbidíticos, estas características indican una

sedimentación transgresiva en la misma dirección, cuyo bisel está al sur de la zona de afloramiento del Paleozoico Inferior.

A finales de Paleozoico se produce un nuevo ciclo de deformaciones, que equivale a la Orogénesis Herciniana, la cual le confiere a las rocas del Paleozoico Superior un metamorfismo regional, que afecta de manera aún no descifrable a las rocas Precámbricas y Paleozoico Inferior.

4.2.3.-Mesozoico: a pesar del largo hiato existente en el Paleozoico Medio, se presume que la región meridional andina fue afectada por la Orogénesis Caparoensis.

4.2.3.1.-Cretácico: en la región andina se inicia este período Cretácico con una invasión marina desde el norte y oeste, cubriendo en su mayoría el occidente de Venezuela y alcanzando su extensión máxima en el cretácico superior, representada por la Formación La Luna. El final del Cretácico Superior estuvo acompañado de una regresión que dio origen a la Fm Colón.

4.2.4.-Cenozoico: la regresión y la Formación Colón, mencionada en el Cretácico, alcanzan su punto culminante en el Paleoceno, cuando se presume que Los Andes emergió en su totalidad.

4.2.4.1.-Terciario Inferior: se representa por una regresión marina, producto de la Orogénesis a finales del Cretácico. En Los Andes esto se simboliza por el levantamiento del borde pericratónico y por la progradación de los ambientes deltaicos sobre la plataforma soportada por la sedimentación cretácica.

Esto pudo dar origen al arqueamiento de Los Andes y a un sistema de fallas normales, acentuado por grandes desplazamientos en la región central de la cordillera de Los Andes.

4.2.4.2.-*Terciario Superior*: el Mio-Plioceno se encuentra representado por el Grupo Guayabo, constituido por las formaciones Palmar, Isnotú y Betijoque. Estas formaciones se asocian con movimientos Orogénicos, responsables del levantamiento de la Cordillera de Los Andes. Se presenta una sedimentación de ambientes continentales, y la parte norte de Los Andes se acompaña de ambientes marinos.

A finales del Plioceno y parte del Pleistoceno se presenta una Orogénesis corta, pero intensa, acumulándose grandes espesores sedimentarios.

4.2.5.-*Cuaternario*: se enmarca en un período periglaciario. En esta etapa se forman numerosas terrazas, características de la región andina, denominadas “Terrazas Cuaternarias”. En Trujillo resaltan las terrazas en los valles del Río Motatán y Río Momboy, dando origen a lo que se conoce como los sedimentos conglomeráticos de origen fluvial de la Formación Carvajal.

4.3.-*Geología Estructural Regional*:

La cordillera andina tiene un patrón morfo-estructural ligado a la evolución tectónica. Esta región ha sido afectada por fallamiento, fracturamiento y diaclasamiento, producto de la tectónica circundante de la región.

En la cordillera andina existen dos alineaciones de importancia, la primera de ellas 35° NE y la segunda 55° NE, incluyendo uno de los sistemas de fallas mayores, como lo es la falla de Boconó en la parte central, la falla de Las Virtudes en la zona norte y las fallas de Caparo y Valera. Las primeras tres se presentan en la parte sur de la Falla de Boconó, y representan movimientos verticales con trazas de desplazamientos transcurrentes.

Durante el Mesozoico se presenta una distensión en la región, provocando la depositación de sedimentos y la incursión de aguas marinas, dando origen a la Formación La Quinta. En este período se reactivan fallas preexistentes y se da origen a la creación de nuevos sistemas de fallas, esto ocurre hasta finales del cretácico.

La Falla de Boconó es el producto de la pulsación de dos directrices principales. Kovisar (García y Campos, 1972) coincide con Rod (González de Juana, 1956) en señalarla del Cretácico Superior al Oligoceno. Rod (González de Juana, 1960) y Schubert (González de Juana, 1980), le encierran con carácter transcurrente. La Falla de Boconó constituye la conformación actual, dando lugar a un complejo estructural, conformado por corrimientos notorios. Tal caso se presenta en el Corrimiento de las Virtudes y corrimientos en rocas Cretácicas y Terciarias.

Del Eoceno Superior al Oligoceno se presenta un período de fallamiento, que finalmente resulta en el Mioceno con un levantamiento en la parte central de la Cordillera de Los Andes. Además, hay intensas subsidencias al norte y sur de los flancos, esto se verifica por los grandes espesores de sedimentos molásicos.

A finales del Plioceno y principios del Pleistoceno se vuelve a presentar un levantamiento en la parte central de la Cordillera de Los Andes, que ocasiona un levantamiento noroeste de grandes bloques de basamento y cobertura sedimentaria.

En general, la Cordillera de Los Andes es el resultado de la interacción de la Falla de Boconó y Falla de Santa Marta, en la zona centro-occidental, que es consecuencia de una componente de máximo stress horizontal con orientación N 70° W. La zona central de dicha cordillera presenta movimientos asociados a la Falla de Boconó y Falla Oca, esta última se ve influenciada por el comportamiento norte que existe entre las Placas del Caribe y Suramericana. En la figura 10 se muestra regionalmente el patrón tectónico-estructural de la región.



Fig. 10: Mapa Regional Estructural de una porción de los Andes de Venezuela, tomado de Audemard et al.(2000).

4.4.-Geología Estructural Local:

La región de estudio presenta gran influencia tectónica, ya que esta dentro del triangulo definido por las fallas Valera-Oca-Boconó. Para este estudio se definieron un conjunto de elementos estructurales, ya sean pliegues, fallas, estratificaciones y foliaciones.

En la zona de estudio se lograron definir estructuras sinclinales y anticlinales, con ejes de inmersión al norte, a través de datos directamente tomados de campo y a partir de estructuras planares interpretadas en fotografías aéreas.

Las estructuras están definidas de acuerdo a nombres informales como Sinclinal de Motatán y Anticlinal de La Cejita.

Estas estructuras presentan la misma dirección del eje del Sinclinal de Bella Vista, N10°E. Muestran cierta relación con las características topográficas del relieve, definiendo formas alargadas en la misma dirección a los ejes de las estructuras, siendo depresiones cuando se tratan de sinclinales y altos topográficos cuando son anticlinales.

De igual forma, en la interpretación de las fotografías aéreas, se destaca un alineamiento que había sido definido anteriormente por los geólogos de la Creole, como La Falla de Motatán. En nuestra interpretación se coloca como falla inducida, ya que ésta no pudo ser evidenciada durante el trabajo de campo realizado en el área de estudio.

En la zona norte del área de estudio, específicamente en La Concepción, se deduce una falla con rumbo N15°E, colocando en contacto las formaciones Mucuchachí e Isnotú. Esta falla se interpretó de las fotografías aéreas de la región, como un alineamiento topográfico y cambio en el relieve. Cabe destacar que dicha falla no fue respaldada por dato de campo, por esta razón la clasificamos como una falla inducida.

Al sur de de la Meseta de Chimpire se interpretó una falla normal, con orientación N20°W68°N. Asimismo, al suroeste de Jiménez se presenta una falla normal como se muestra en la figura 11, aunque no se tiene evidencia en cuanto a la orientación del movimiento, se deduce por desplazamiento existente a ambos lados de la falla.



Fig. 11: Falla normal al suroeste de Jiménez, foto con azimut 167°.

Se identificaron dos familias de diaclasas, una con orientación promedio general entre N40°-45°E y la otra con N65°-70°W. considera que ambas controlan el rumbo del Río Castán en algunos de sus tramos.

Las orientaciones de la estratificación para la Fm. Betijoque, se ajustan de acuerdo con las estructuras sinclinales y anticlinales, antes mencionadas. La estratificación de la Fm. Carvajal suele variar entre planos horizontales hasta de 19° al norte. Para la Fm. Isnotú presenta rumbo N70°-75°E buzando entre los 65° a 70° en dirección al norte. Por último la Fm. Mucuchachí presenta foliación N60°E33°S, aunque suele variar su foliación por deformación de esfuerzos nivel regional.

4.5.-Sismicidad Regional:

La región occidental de Venezuela, constituye una región que suele ser afectada por la actividad sísmica. El objetivo de esta sección es enmarcar a escala regional las amenazas del factor sísmico en la zona de estudio.

En tal sentido, se tomaron las características más resaltantes en un estudio realizado por Castilla, Audemard y Rodríguez (2003), denominado de “Ensayos de Cálculo de Amenazas Sísmica por Método Determinista en el Triángulo de Fallas Valera-Boconó-Oca al occidente del País”.

La zona incluida en este estudio comprende porciones de diversos estados como Mérida, Zulia Lara, Falcón Trujillo y Portuguesa, siendo una zona influenciada por una complejidad estructural y cinemática de interés. La región está delimitada por tres fallas transcurrentes de diferentes tasa de movimiento, con una cinemática externa e interna de relevante importancia. Castilla, Audemard y Rodríguez (2003), menciona que su estudio fue delimitado por la falla de Oca-Ancón, Boconó en sus segmentos de Mucuchíes-Anzoátegui, Anzoátegui-Barquisimeto y Cabudare-Morón, y Valera en sus dos segmentos (Valera y Río Momboy).

Para el estudio se incluyen 13 fallas activas encontradas en la zona del triángulo, potenciales en la generación de sismos. En el cuadro 12 se muestran las características más resaltantes de las 13 fallas.

Cuadro 12: Tabla resume con las características más resaltantes de las 13 fallas activas consideradas, tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).

Nombre de la Estructura	Sentido del Movimiento (mayor/menor)	Edad del último movimiento	Tasa de movimiento (mm/año)	Sismo máximo creíble	Período de retorno (años)
Oca	Dextral	<15Ka	0,45-2,0	7,4	4295±1020
Ancón	Dextral	<15Ka	1,6	7,4	1900
Camare-Paraiso	Dextral/Inversa	Probablemente <15Ka	? 2,0	7,1	670
---	Dextral/Normal	Probablemente <15Ka	? 3,0	6,7	390
Socremo	Inversa/Dextral	<1,6Ma	<2,0	6,7	390
Urumaco (oeste)	Dextral	<1,6Ma	0,05	6,6	14000
Urumaco (este)	Dextral	<15Ka	0,05	6,4	12000-15000
Río Seco	Dextral	<15Ka	0,35	7,0	1500
Valera	Sinestral	<15Ka	1,0	6,9	2000
Boconó (Anzoátegui-Barquisimeto)	Dextral	<15Ka	5	7,5	400
Boconó (Cabudare-Morón)	Dextral/Inversa	<15Ka	1-3	7,5	700-2000
Flexura Frontal Surandina	Reverse	<1,6Ma	0,5	7,0	500-750
La Victoria-Guacamaya	Dextral	<1,6Ma	0,6	7,0	2000

En la siguiente figura 12 se muestra la distribución de los epicentros en Venezuela y el Triángulo Valera-Oca-Boconó.

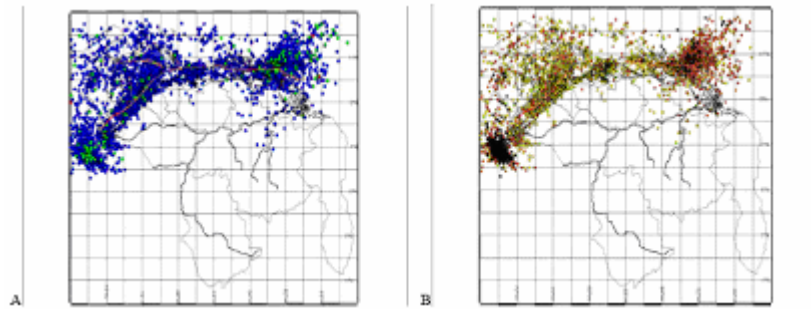


Fig.12: A) distribución espacial del catálogo de sismicidad en Venezuela con los epicentros discriminados según su magnitud. Azul= $m_b < 5,0$; Verde= $5 < m_b < 6,9$; Rojo= $m_b > 7$. B) Distribución espacial del catálogo de sismicidad en Venezuela con epicentros discriminados según su profundidad. Amarillo=somera; Naranja=Intermedia; Negro=profundidad. Tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).

En la figura 13, se resalta el grado de importancia sísmica que presenta el occidente del país, específicamente el triángulo demarcado entre Valera-Oca-Boconó, influenciado por la geometría de las trece fallas descriptivas de la zona.

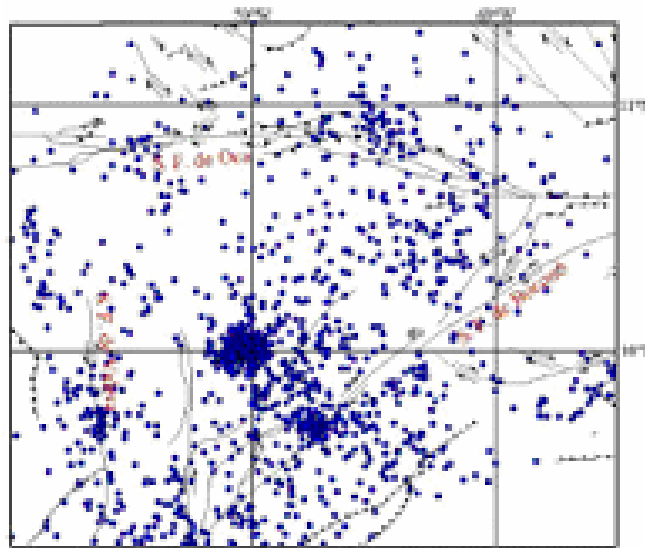


Fig. 13: Características de la sismicidad en la zona del triángulo, ubicación de epicentros reportados en el catálogo. Tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).

Dentro del estudio presentado por estos autores, no se desestimó el mapa de aceleraciones de sismos máximos, uno de los mapas más importantes por que en estos se permite determinar la aceleración sísmica para cada espacio, además de observar la influencia para cada estructura (falla). Este mapa permite plantear un escenario de máxima aceleración sísmica.

En la figura 14 siguiente se muestra para la región de estudio las diferentes aceleraciones sísmicas a que es sometida la zona, obsérvese que para la zona entre Valera y Trujillo las aceleraciones sísmicas están en el orden entre los 0,4 y 0,2. Estos autores acotan que “cada valor asignado a cada punto es equivalente a la máxima aceleración esperada en roca para ese sitio, según la ley de atenuación usada”.

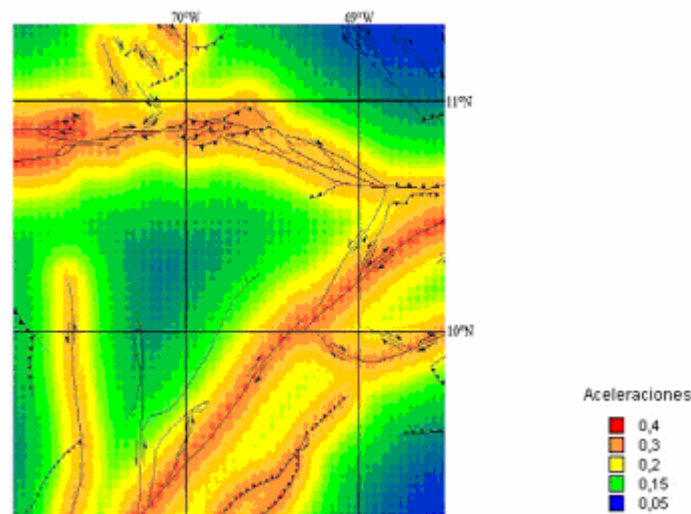


Fig.14: Mapa de aceleraciones calculado con los sismos máximos creíbles para cada falla. Tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).

Además, en su estudio agregaron el cálculo del período de retorno de cada sismo máximo creíble, lo cual permite crear parámetros más ajustados a la realidad, y que fueron estimados por datos geológicos. En la figura 15 siguiente se muestra el resultado al aplicarles los períodos de retorno de los sismos máximos creíbles.

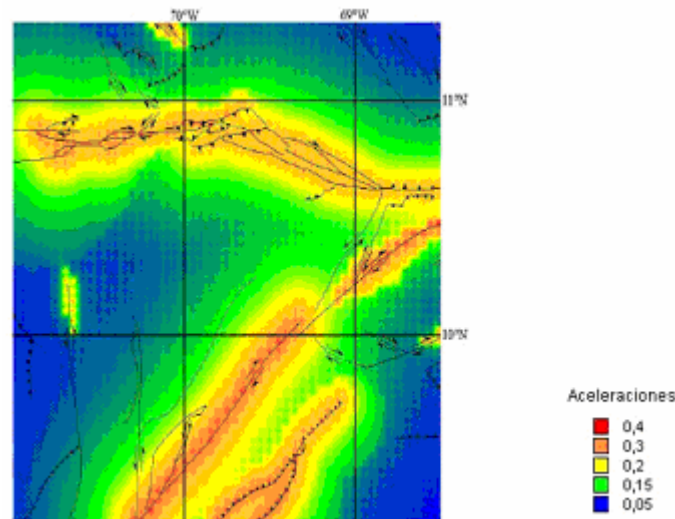


Fig. 15: Mapa de aceleraciones calculado con los sismos máximos creíbles y el período de retorno para cada falla. Tomado de Castilla, Audemard y Rodríguez (2003).

Estos autores estimaron que los cambios presentados entre ambos mapas, se observan en los alrededores de la falla de Valera, La Victoria y Boconó, en su segmento Cabudare-Morón, con períodos de retorno de 2000 años para las dos primeras y 1000 años para la última mencionada. Cabe destacar, que este método determinista estuvo limitado debido a falta de información e interpretación geológica.

En conclusión, el área estudiada para los tramos viales, Eje Vial y Local 1, están siendo influenciados por un régimen sísmico de gran importancia, que pudiera ser incluido en la elaboración de posteriores estudios, como puede ser en la elaboración de mapas de estabilidad que involucren factores desencadenantes.

CAPITULO V
GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

5.1.-Aspectos Generales

El estudio geológico-geotécnico de las litologías presentes, tanto en el eje Vial como en Local 1, en base a su ubicación, localización de contactos y diagnóstico de materiales presentes en cada área, permitió que las mismas fueran catalogadas como unidades informales, a las cuales se le designaron nombres específicos, describiéndose en orden cronológico, de más joven a más antiguo, correspondiente a la formación geológica o unidad litodémica a las cuales pertenecen, descripción ésta que se considera necesaria para la confección del mapa de susceptibilidad

La caracterización geotécnica se presenta como una guía de referencia práctica, para los diversos lectores profesionales involucrados tanto en el diseño, construcción y mantenimiento de obras civiles, así como para todos aquellos interesados en conocer las características de los materiales que conforman los taludes y laderas presentes en el área de estudio, con la finalidad de obtener parámetros que conduzcan hacia la estabilidad de taludes y laderas. La distribución areal de cada una de las unidades litológicas se muestra en el mapa litológico-estructural.

5.2 Depósitos Cuaternarios.

5.2.1. Depósitos aluviales recientes (Qal):

5.2.1.1.-Descripción litológica: se trata de sedimentos granulares transportados y depositados por ríos y quebradas, rellenando valles longitudinales y transversales correspondiente al Río Castán, formando parte de su planicie de inundación. Están compuestos por mezclas de todos los tamaños granulométricos,

tales como bloques, gravas, arenas y limos, con formas y espesores que varían de acuerdo a la dinámica, morfología fluvial y grado de transporte.

5.2.1.2.-*Características geotécnicas:* material granular, muy permeable, friccionante, no cohesivo, con una densidad relativa de medianamente densa a densa. En el cuadro 13 se presentan algunas de las características físicas descritas por González de Vallejo (2002).

Cuadro 13: Parámetros estimados a partir de las características físicas, tomado de González de Vallejo (2002).

Clasific.	PARÁMETROS GEOMECÁNICOS			
	K(m/s)	Y(kg/cm ³)	C(Kg/cm ²)	ϕ
SW-SL	10 ⁻¹ -10 ⁻⁴	1.8 - 2.0	0	>25
GW	10 ² - 1	1.9 - 2.1	0	35-45

5.2.1.3.-*Propiedades hidrogeológicas:* niveles freáticos superficiales. Porosidad y permeabilidad altas, como se muestra en la figura 16:



Fig. 16: (A la izq.) Planicie aluvial del Río Castán. (A la der.) Perfil longitudinal de la vega.

En la figura 16 se visualiza material conformado de base a tope por: gravas con limos (bien gradada), arenas finas, limos orgánicos y una capa vegetal superficial de 0,20 m.; los espesores y disposición de las capas varían de acuerdo a la dinámica,

morfología fluvial y grado de transporte existentes. Esto se muestra en las adyacencias de la entrada de Trujillo por el Eje Vial.

En la figura 17, se observa un material presente en la planicie aluvial (correspondiente a eventos de depositación por procesos de factores detonantes), presentándose cantos de filita angulosos de hasta 20 cm. de diámetro en una matriz arenosa limosa, orgánica, se encuentra saturado de agua y es altamente compresible, L3-2-25.



Fig.17: Vega Río Castán próxima a la ladera L3- 2- 25.

5.2.1.4.-Condiciones de estabilidad: materiales sometidos, en los bordes, a continua erosión hídrica y lavado de finos por escurrimiento concentrado y socavación basal. Las márgenes y zonas bajas están expuestas a eventos periódicos de inundación. Se debe evitar la ocupación de estas áreas con fines urbanos.

En la figuras 18 y 19 se muestran el valle del Río Castán y la marca de un evento fluvial, respectivamente.

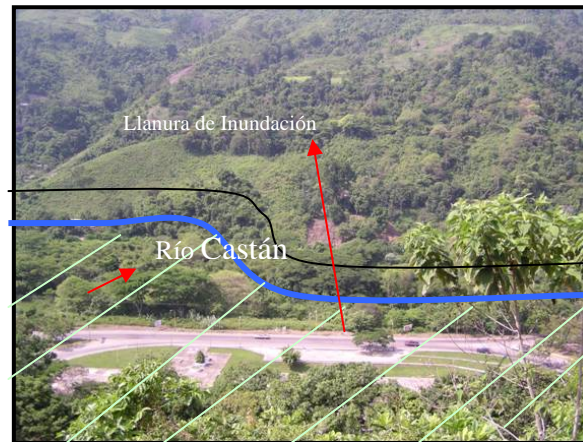


Fig. 18: Planicie de inundación Río Castán, tramo cercano a la entrada del eje vial (Trujillo)-



Fig. 19: Marca de evento de inundación fluvial, de hasta 5m de altura sobre las bases de un puente en el eje vial, situado en las adyacencias de la unidad de trabajo L3-2-25.

5.2.2.-Depósitos Coluviales (Qco):

5.2.2.1.-*Descripción litológica-geotécnica:* los suelos coluviales representan depósitos de ladera y de pie de talud constituidos por una mezcla heterogénea de materiales semiconsolidados, tales como bloques y fragmentos de roca, angulares a subangulares, en matriz de suelo areno-limo-arcillosa.

Las unidades en general, presentan cantos con tamaño tipo bloques (desde 2 mm. hasta 50 cm. de diametro), geometría subredondeada a angulosa y naturaleza

polimítica (fuentes: Mucuchachí, Sierra Nevada, Betijoque, entre otras), con imbricación observable en sentido al paleoflujo (NE-SW, aproximadamente), con una proporción de un 55% del total del suelo, ya que el otro 45% corresponde a la matriz limosa, la cual presenta las siguientes características físicas: coloración de pardo a marrón clara, compactidad suelta, cementación débil, olor terreo, limosa, cohesiva, denominándose en general como un suelo gravoso-limoso bien gradado. Ver figuras 20 y 21.



Fig. 20: Disposición de los cantos pertenecientes al coluvión, embebidos en una matriz limo arcillosa.

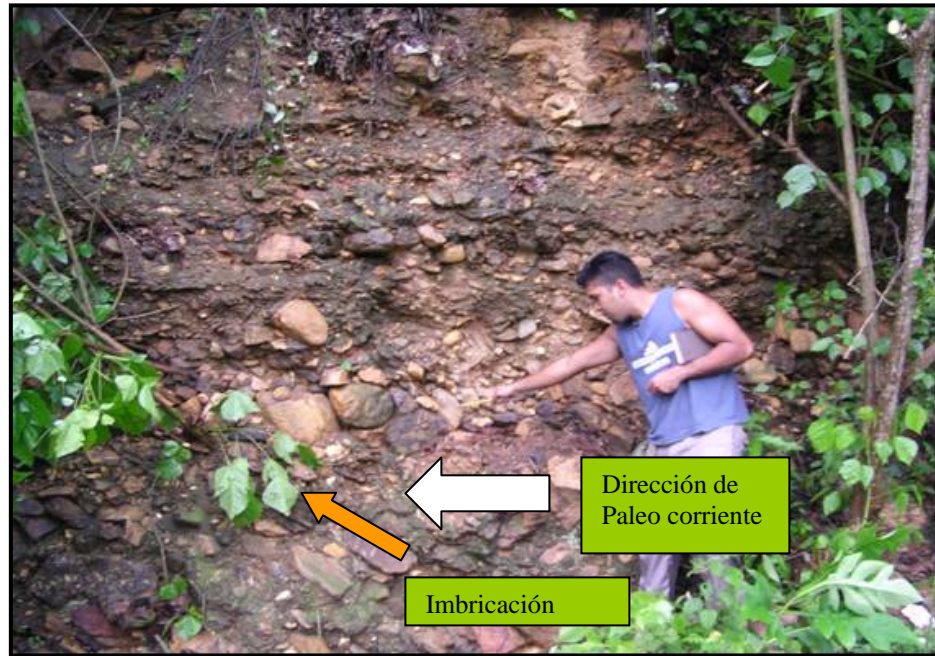


Fig. 21: Dirección del paleo flujo torrencial que transportó y depositó el material coluvial, evidenciado por la inclinación preferencial de los cantos, Ingeniero Hernán Guzmán, señalando la imbricación.

5.2.2.2.-Procesos geomorfológicos implicados: las unidades de trabajo que contienen este tipo de material, presentan procesos de remoción en masa como caída de rocas y flujo de rocas, por alteración de las condiciones originales del macizo (tensiones naturales, infiltración de agua y escorrentía, intervención antrópica, entre otros). Particularmente, en las estaciones, T1-2-1y T18-2-27, se encuentra material coluvial al ras de la vialidad, producto del efecto de los procesos, trayendo consigo afectación del alumbrado público y cierre parcial del Eje Vial en período de precipitación, especialmente en esta última estación. Ver figura 22.



Fig.22: Proceso de caída de bloques pertenecientes al talud T1 -2-1, con cantos encontrados dentro del material desplazado hacia la vialidad, diámetro de hasta 45 cm.

5.2.2.3.-*Características geotécnicas generales:* material de granulometría heterógena, origen coluvial, tamaño entre 2 mm. hasta 40 cm., cantos subangulares a angulares, de matriz semicohesiva, olor térreo, de color pardo a marrón claro, consistencia media a alta, permeable (dominio de la infiltración), friccionante y cohesivo, con una densidad relativa de baja a media.

En los cuadros 14 y 15 se visualizan las condiciones físicas del suelo, además de observar las clasificaciones y los porcentajes de abundancia presentados por la difracción de rayos X.

Cuadro 14: Resultados ensayos de laboratorio (suelos).

Unidad de trabajo y muestras	Peso(Kg./m ³) Unitario Suelto	% Humedad Natural	Clasific. SCU	Nombre del material (granulometría)	Plasticidad (%)		
					LL	LP	IP
T1 -2 - 1; MS -2 -1-(1) (matriz coluvión)	1264	8	GM	Gravas limosas, mezcla de grava_arena_limo con ligera plasticidad	29,8	23,4	6,4
T1-2-1 MS-2-1-(3) (matriz coluvión)	1015	17,9	GC	Grava arcillosa, de baja a media plasticidad	38,9	25,5	13,4
T1-1-1 MS-1-1-(1) (Matriz Coluvión)	1144	7,9	GP_GC	Grava mal gradada, con mezcla de grava_arena_arcilla, de baja a media plasticidad	37	23,3	13,7

Cuadro 15: Ensayo de difracción.

Análisis de Difracción de Rayos X		Unidad de Coluvión							
Roca o Suelo asociados	Muestra	Componentes Minerales							
		Cz	Caolinita	III/Mosc	Esmect	Goet	III/esmect	Pl	Cl
Coluvión (matriz)	MR-2-1(1)	A	E	E	-	ME	-	ME	-
Coluvión (matriz)	MS-2-16(6)	MA	E	E	-	ME	-	ME	-

- Leyenda: Cz (Cuarzo), Caol (Caolinita,III / Musc (illitaomuscovita), Esmect (Esmectita), Goet (Goetita), III/ Esmect (illita esmectita estratificada), Pl (plagioclasa), Cl (clorita).

- Escala de abundancia mineral: (MA) muy abundante (mayor a 65%), (A) abundante (64 y 35 %), (MP) menor porcentaje, (E) escaso (14 y 5 %), (ME) (4-1 %), trazas (< 1%).

5.2.2.4.-*Condiciones hidrogeológicas:* materiales porosos y permeables.

5.2.2.5.-*Condiciones de estabilidad generales:* materiales originados por deslizamientos o derrumbes, en laderas de fuerte pendiente, susceptibles a la erosión y a deslizar ante un evento sísmico. Los cortes efectuados con fines viales presentan condiciones precarias de estabilidad. Ver figura 23.



Fig. 23: *Proceso en el talud T18-2- 27.*

En la figura 23, se visualiza proceso activo de erosión hídrica (generación de cárcavas) y remoción en masa del material (flujo de detritos). En particular, cada vez que llueve, se ve afectado el Eje Vial, por acumulación del coluvión en dicha vialidad.

Cabe destacar que la estabilidad de los taludes coluviales está influenciada por su permeabilidad, presencia de agua en su interior y pendiente, presentándose planos de discontinuidad en aquellas superficies donde se depositan sedimentos por procesos de eventos detonantes sucesivos.

Otro factor a considerar, es que los coluviones se encuentran sobre suelo de origen residual, creando contactos abruptos entre ambas superficies, con características mecánicas diferentes (ver figura 24). Los coluviones al suprayacer sobre otro tipo de suelo (especialmente los de origen residual), crean una columna de suelo con mayor espesor y mayor carga vertical. Si los suelos infrayacentes presentan estructuras heredadas desfavorables a la cara de un talud o ladera, es probable que toda la columna entre los dos suelos se de por estas estructuras, implicando la falla del talud.

Se debe recordar que al diseñar un talud en coluviones, el estado tensional y las condiciones naturales de estabilidad ya no serán las mismas, ya que el estado interno de carga tensional se incrementará.

Los coluviones suelen estar conformados por materiales meteorizados de rocas anteriormente expuestas a la intemperie, de esta forma los suelos tienden a estar condicionados a las propiedades físicas del material que conforma al coluvión (ver figura 24).

De acuerdo a las observaciones e información recabada en campo, al igual que lo expresado en los análisis de laboratorio, se ha considerado que la condición de estabilidad de este perfil de meteorización se encuentra parametrizado entre “Parcialmente Inestable” e “Inestable”.

A continuación se muestran las figuras 24 y 25, presentando las características descritas en párrafos anteriores.

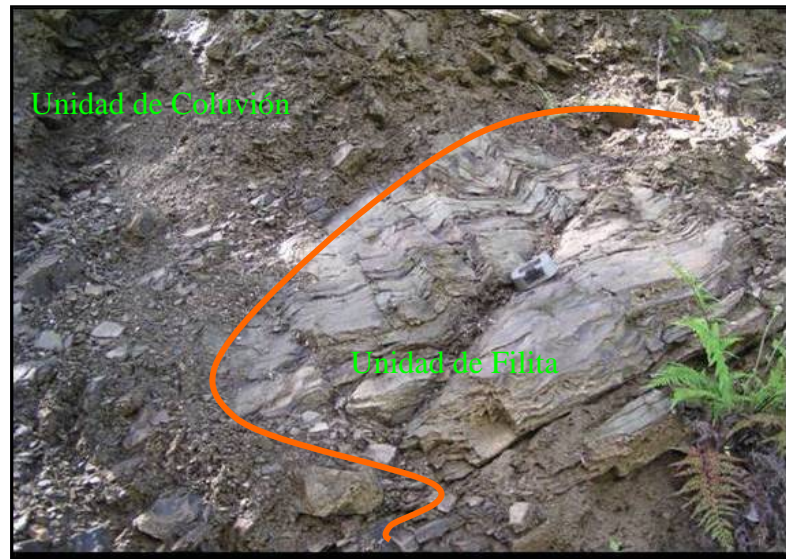


Fig. 24: Contacto geológico discordante entre la unidad metamórfica (Filita) y el coluvión, situado en la estación de trabajo L3 – 2 – 25, sentido Trujillo Valera.



Fig. 25: (A la izq.) Tamaño promedio de los cantos pertenecientes al coluvión presente en la unidad L3-2-25, (A la der.) Mesa de agua superficial en L3-2-25.

Las unidades de trabajo implicadas son: T1–2(1); T2–2-2; T32–1-32, T33–1–33; T34-1–34; T18–2–27, L3–2–25, T32-1-32, T33-1-33 y T34-1-34.

5.2.3 Depósitos aluviales de terraza (Qt):

5.2.3.1.-*Descripción litológica:* sedimentos granulares recientes, transportados y depositados en sentido logitudinal al curso de los Ríos Motatán, Castán y Jiménez. Cubren extensas áreas planas, en diferentes niveles de terrazas, con taludes abruptos. En la terraza de Valera y en taludes adyacentes a las vialidades sometidas a estudio, se presentan en potentes capas conglomeráticas, compuestas por mezclas de todos los tamaños, tales como bloques en una matriz de gravas areno limo-arcillosa, mostrando gradación y una pobre estratificación. Los elementos granulares, de filitas, cuarcitas gneíses y granitos, son subangulares a subredondeados. Ver figuras 26, 27 y 28.



Fig. 26: Caída de bloques y generación de cárcavas producto de la erosión hídrica y fallas en obras de canalización (talud T17 – 2 – 24).



Fig. 27: Bloques subangulares conformados por gravas embebidas en matriz limo arcillosa, mostrando gradación y una pobre estratificación, talud ubicado en la entrada de Valera, Eje Vial (talud T17- 2-24).

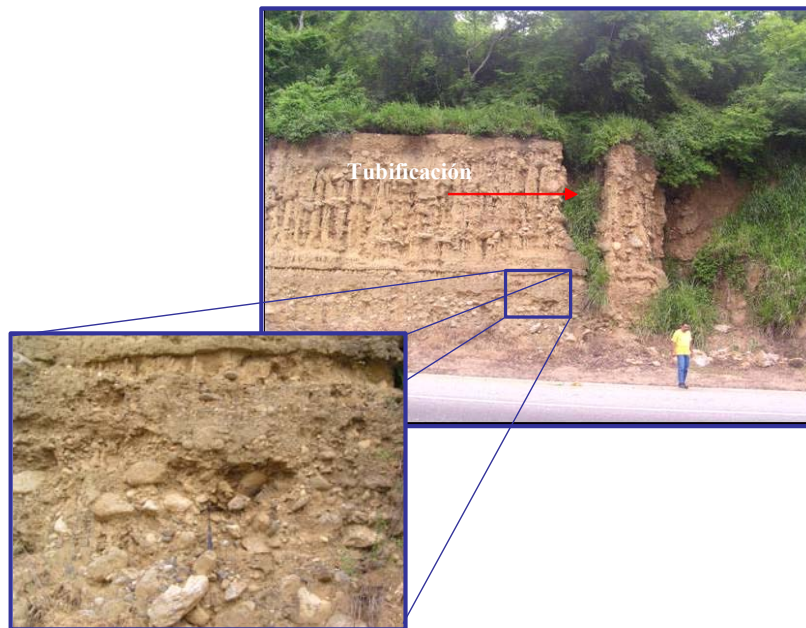


Fig. 28: Cantos de fuente polimictica embebidos en la matriz limosa de la unidad de terraza, talud ubicado en la entrada de Valera, Eje Vial T17 - 2 - 24.

5.2.3.2.-*Características geotécnicas generales:* material granular permeable con cantos entre 1 cm. a 0,8 m. de subangulares a angulares, con matriz color pardo, cohesivo (en condición seca), con una densidad moderada, húmeda (en la mayoría de los casos), bien gradada GW, sin estratificaciones definidas, presenta lentes de arena y paleodrenajes.

Estructuralmente se encuentra conformada aproximada y generalmente por 55% matriz, 45% cantos polimícticos.

5.2.3.3.-*Condiciones de estabilidad:* en el área de estudio, los taludes de las terrazas de Trujillo – Valera tienen pendientes casi verticales, con alturas de hasta 35m., con buena estabilidad en cuanto a carga (capacidad portante), producto de la alta densidad y cohesión del material. Sin embargo, los taludes son susceptibles a la erosión por aguas de escorrentía y por aguas servidas, es decir, taludes estables en condición seca, inestables en condición húmeda o saturada, originada por pérdida de la cohesión. Los procesos de desforestación potencian la actividad erosiva en los taludes expuestos, generándose desprendimientos y deslizamientos.

Se aprecia que la tendencia de caída de cantos dentro de las unidades de estudio se manifiesta en niveles donde hay cantos de mayor tamaño y en mayor densidad, conjuntamente a la condición de estado húmedo de la matriz. En los cuadros 16 y 17, se permite visualizar algunas propiedades físicas de los suelos.

5.2.3.4.-*Condiciones hidrogeológicas:* permeabilidad de media a alta. Presencia de paleocanales. Ver cuadros 16 y 17.

Cuadro 16: Resultados ensayos de laboratorio (suelos).

Unidad de trabajo y muestras	Peso(Kg./m ³) Unitario Suelto	% Humedad Natural	Clasific SCU	Nombre del material(granulometría)	Plasticidad(%)		
					LL	LP	IP
T22-1-22-(20) MS-1-22-(20) (Suelo IB)	1264	2,0	SM	Arenas limosas con finos no plásticos o de plasticidad reducida	NL	NP	NI
T22-1-22 MS-1-22-(19) (matriz de Roca)	1674	1,2	GM	Grava limosa con finos no plásticos	NL	NP	NI
T21-1-21 MS-1-21-(18) (Suelo IC)	1559	1,8	SM	Arenas limosas con finos no plásticos o plasticidad reducida	23,3	NP	NI

Cuadro 17: Ensayo De Difracción.

Análisis de Difracción de Rayos X		Unidad de Terraza							
Roca o Suelo asociados	Muestra	Componentes Minerales							
		Cz	Caolinita	III/Mosc	Esmect	Goet	III/esmect	PI	CI
Matriz (terrazza)	MS-1-6-(7)	MA	E	ME	ME	-	-	-	-

- Leyenda: Cz(Cuarzo), Caol (Caolinita, III/ Musc (illitaomuscovita), smect (Esmectita), Goet (Goetita), III/ Esmect (illita esmectita stratificada), PI (plagioclasa), CI (clorita).
- Escala de Abundancia Mineral: (MA) Muy Abundante (Mayor a 65%), (A) Abundante (64 y 35 %), (MP) menor porcentaje, (E) Escaso (14 y 5 %), (ME) (4-1 %), Trazas (menor 1%).

Las unidades de trabajo implicadas son: T21-1-21, T22-1-22, T23-1-23, T24-1-24, T25-1-25, T17-2-24, T17-1-17, T18-1-18, T19-1-19, T8-1-8.

5.2.3.5.-*Descripción del perfil de meteorización y sus condiciones de estabilidad:* generalmente el perfil de meteorización de esta secuencia es observable en campo, identificándose tres niveles de suelo conformados de tope a base por (ver cuadro 18):

- Horizonte IA: presenta un espesor generalizado entre los 20 y 25 cm., representado por un material conformado (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de estos) por una arcilla de baja plasticidad CL.
- Horizonte IB: presenta un espesor generalizado entre 30 y 40 cm., representado por un material conformado (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de estos) por una arena limosa SM.
- Horizonte IC: presenta un espesor promedio entre 40 y 50 cm., representado por un material conformado (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de estos) por una grava limosa GM.

Cuadro 18: Descripción del perfil de meteorización, ensayos in situ.

Horizonte	Tipo de suelo y estado de roca asociada	Suelos de grano fino					Suelos de grano grueso				
		Dilatancia	Tenacidad	Resistencia en estado seco	Color	Olor	Tamaño de Partículas	Gradación	Granulometría predominante		
									Fración principal	Fración secundaria	
IA	CL	Nula-muy lenta	Media	Media a alta	Pardo claro	Terreo	Arcilla	No aplica	No aplica	No aplica	
IB	SM	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Gradada	Arena	Limos	
IC	GM	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Bien gradada	grava	Arena, limos	

Dentro del estudio de este perfil, en concordancia con la descripción y delimitación de sus horizontes, los tres niveles son observables en campo, con mayor distinción que el de las otras unidades.

Las condiciones de estabilidad ofrecidas por este perfil se deben a la transición granulométrica de sus horizontes. Dentro de IA, IB y IC se puede apreciar que el tamaño de la partícula no varía abruptamente, contribuyendo a que no se originen de

superficies de inestabilidad (discontinuidad), como las citadas en los otros perfiles estudiados, y haciéndose por ende más estable.

De acuerdo a los resultados de los ensayos de suelo y de difracción, pudo establecerse que el perfil de meteorización se encuentra afectado por la presencia de esmectitas, caolinita e illita, además de encontrarse minerales correspondientes a filosilicatos (moscovita), que en conjunto conforman entre el 3 y 5% del total promedio de muestras, representando en conclusión un bajo porcentaje en contenido de minerales contribuyentes a la inestabilidad en general, aunque no se deben descartar.

Cabe destacar que la caída de cantos en los cortes y laderas de la terraza se deben, en mayor proporción, a la socavación tangencial de la matriz en el borde de los cantos y al decremento del valor de la cohesión en la superficie de la cara del talud.

De acuerdo a las observaciones e información recabada en campo, al igual que lo expresado en los análisis de laboratorio, se ha considerado que la condición de estabilidad de este perfil de meteorización se encuentra parametrizada entre “Parcialmente Estable” y “Estable”.

5.3 Unidades de Rocas del Terciario: Fm. Betijoque (Mio-Plioceno).

5.3.1 Unidad de areniscas intercaladas con limolitas y lutitas (UALL):

5.3.1.1.-*Descripción litológica:* capas potentes de areniscas cuarzosas, mayores de 2,5 m. de espesor, de grano medio a grueso, bien estratificadas, duras R3. En superficie fresca, presentan colores claros y meteorizan a tonos crema con manchas ferruginosas. Se intercalan con capas de lutitas, grises, con espesor entre 1,85 a 3m. (ver figuras 29, 30 y 31).



Fig. 29: Interestratificación de arenisca y lutita expresadas para la unidad determinada T24-1-24.

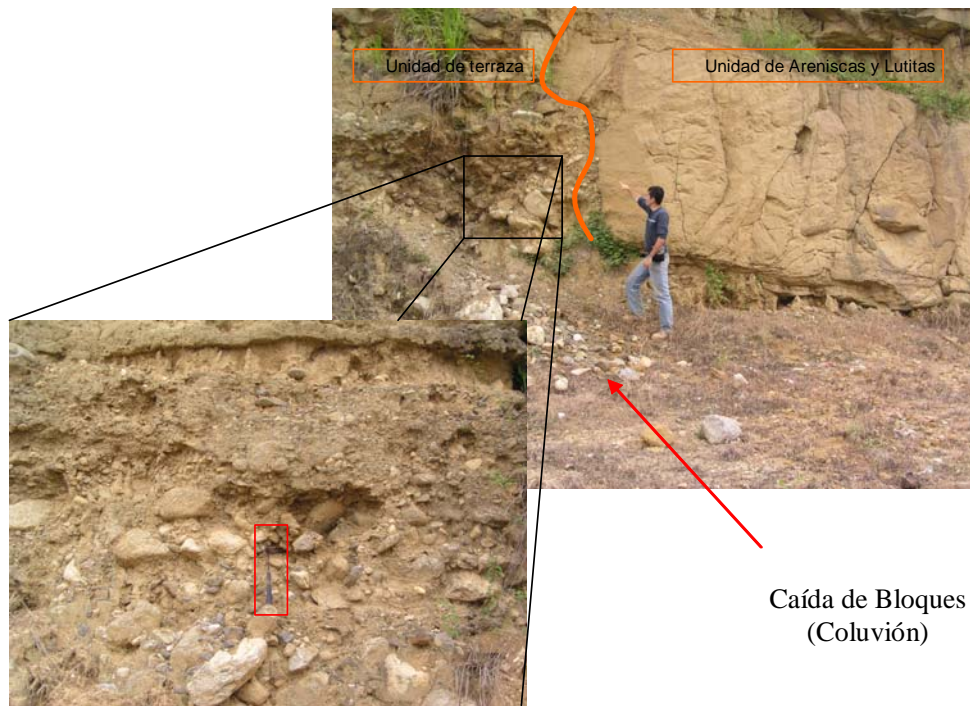


Fig.30: Representación del contacto entre las unidades de terraza y arenisca-lutita, observadas en T21-1-21, observándose a detalle la variabilidad granulométrica de los clastos de diversas fuentes.



Fig. 31: Se evidencia el grado de socavación que presenta la capa de lutita, trayendo consigo la inestabilidad de la capa de areniscas, en forma de caída de bloques (talud ubicado en la entrada de Valera, Eje Vial, T24-1-24.

5.3.1.2.-Características geotécnicas generales: macizo rocoso resistente, poco competente, de calidad geotécnica intermedia por socavación de las capas de baja dureza. Las rocas de esta unidad presentan un grado de meteorización moderado, con escasos espesores de suelos residuales (3 a 5 cm.). En el cuadro 18 y 19, se muestran algunas propiedades de los suelos.

En general, se presenta parcialmente fracturado (arenisca), con dos sistemas de discontinuidad, presentando separaciones mayores de 50 cm., superficies rugosas, aberturas menores de 1 mm. y rellenos duros (limos y arenas). Se presentan procesos de remoción en masa en la unidad como caída de bloques por socavación de las capas menos competentes y por las familias de diaclasas presentes, ver figura 32.

Dentro de las areniscas presentes en la unidad se determinó como valor máximo de resistencia a la compresión, R3 (entre 250-500 Kg. /cm²). Mientras que para la lutita valores máximos de R2 (entre 50 y 250 Kg. / cm²). Para mejor detalle con relación a

los valores obtenidos de las mediciones planares y condición del macizo, revisar las planillas presentadas en el capítulo 9 para cada unidad asociada. Los taludes presentan pendiente promedio de 35° a 40°, (ver figura 32).

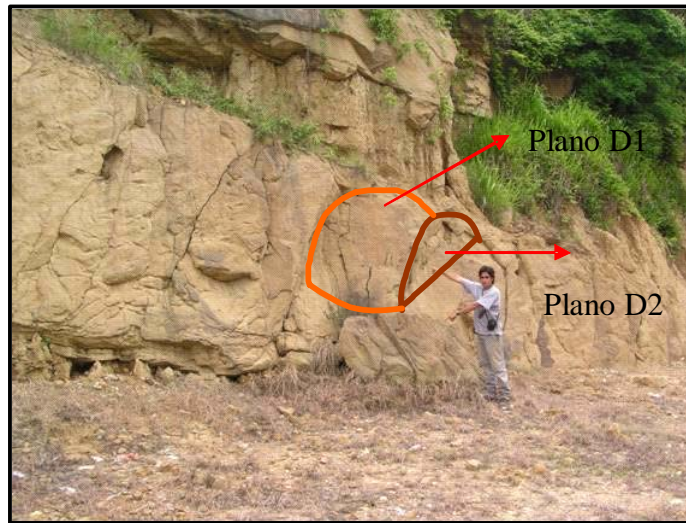


Fig. 32: Dirección de los planos de diaclasas principales, participes de la inestabilidad dada por caída de bloques, en rojo se muestra la dirección de D1, en naranja D2, participes de fallamiento en cuña. Talud ubicado en la entrada de Valera, Eje Vial T25-1-25.

5.3.1.3.-Propiedades hidrogeológicas: macizo de baja permeabilidad por fracturamiento, de igual forma presencia de material lutítico impermeable, implicando escorrentía y génesis de procesos de erosión hídrica, figura 33.

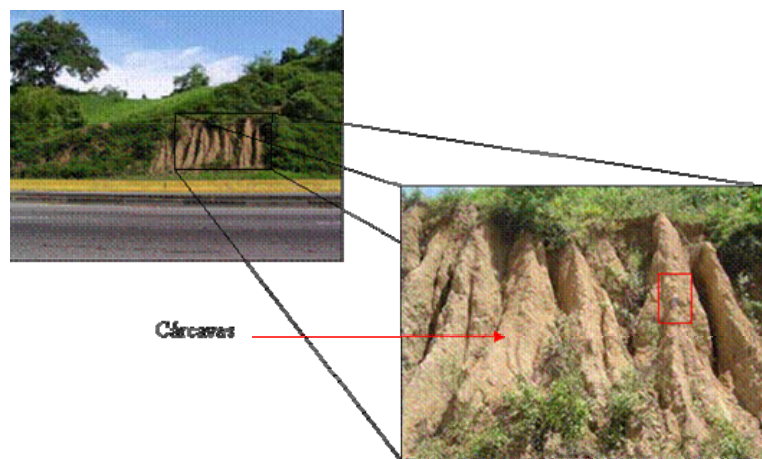


Fig. 33: Vista a detalle del proceso de erosión hídrica en el extremo oeste del talud T2-2-2, desprovisto de vegetación, conformado por limolita convertida en saprolito.

En los cuadros 19 y 20, se presentan propiedades físicas, por medio de ensayos de suelo y difracción de rayos X.

Cuadro 19: Resultados de ensayos de laboratorio (suelos).

Unidad de trabajo y muestras	Peso (Kg./m3) Unitario Suelto	% Humedad Natural	Clasific. SCU	Nombre del material (granulometría)	Plasticidad(%)		
					LL	LP	IP
T2-1-2 MS-1-2-(2) (Suelo IC limolita)	1446	4,8	GC	Grava arcillosa inorgánica, de baja a media plasticidad	21,9	13,4	8,5
T4-2-6 MR-2-5-4 (matriz Arenisca Conglomerática)	1314	8	GC	Grava Arcillosa inorgánica, de plasticidad media a baja	22,1	14,3	7,8
T2-1-2 MS-1-2-(3) Arenisca Conglomerática (matriz)	1288	6,7	GC	Grava arcillosa, de baja a media plasticidad	22,3	13,6	8,7
T3-1-3 MS-1-3-(3) (Suelo IB Limolita)	1140	15,8	ML, CL	Suelo fino, mezcla de limo y arcilla de baja a media plasticidad	20,2	16,4	3,8
T3-1-3 MS-1-3-(4) (Limolita)	1394	2,7	CL	Suelo de grano fino, compuesto de arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad	25,4	14,6	10,8
T5-1-5 MS-1-5-(4) (Lutita)	1419	5,2	GP, GM	Grava mal gradada. Mezcla de grava_arena_limos, con finos de plasticidad reducida	23,15	No	No
T6-1-6 MS-1-6-(6) (Lutita)	1244	7,9	SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla con finos de plasticidad baja a media.	27,2	17,1	10,1
T9-1-9 MS-1-9-(10) Suelo IC (limolita)	1336	4,8	GC	Grava arcillosa, inorgánica, de plasticidad baja a media	25,2	18,7	6,5
T7-1-7 MS-1-7-(9) (matriz)	1153	15,9	SC	Arenas arcillosas, mezcla de arenas y arcillas con plasticidad media	26,5	17,8	8,7

Cuadro 19: Continuación...

Unidad de trabajo y muestras	Peso (Kg./m3) Unitario Suelto	% Humedad Natural	Clasific. SCU	Nombre del material (granulometría)	Plasticidad (%)		
					LL	LP	IP
T20-1-20(17) MS-1-20-(17) (Suelo IA Lutita)	1233	4,7	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media	23	15,9	7,1

Cuadro 20: Ensayos de difracción.

Análisis de Difracción de Rayos X					Unidad de Arenisca y Lutita				
Roca o Suelo asociados	Muestra	Componentes Minerales							
		Cz	Caolinita	III/Musc	Esmect	Goet	III/esmect	Pl	Cl
Limolita	MS-1-3-(3)	MA	E	ME	ME	ME	-	-	-
Limolita	MS-1-3-(4)	A	E	ME	E	ME	-	-	-
Lutita	MS-1-6-(6)	MA	ME	ME	-	-	ME	-	-

- Leyenda: Cz (Cuarzo), Caol (Caolinita,III/Musc (illitaomuscovita), Esmect(Esmectita), Goet (Goetita), III/Esmect (illita esmectita estratificada), Pl(plagioclasa), Cl (clorita).
- Escala de Abundancia Mineral: (MA) Muy Abundante (> a 65%), (A) Abundante (64 y 35 %), (MP) menor porcentaje, (E) Escaso (14 y 5 %), (ME) (4-1 %), Trazas (< 1%).

5.3.1.4.-Análisis petrográfico: la muestra MR-2-5(6), tomada en la estación de trabajo T3-2-5, se consideró representativa para la descripción de esta unidad, la cual será descrita a continuación (figura 34):

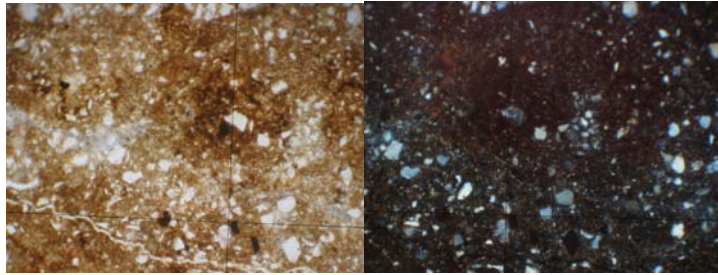


Fig. 34: Vista de sección fina de la limolita MR-2-5(6) en nicoles paralelos y cruzados, respectivamente.

5.3.1.4.1.-*Descripción petrográfica:* en microscopio se observan granos angulosos, escogimiento moderado, contacto es grano-matriz, se presenta una distribución isotrópica de los componentes detríticos. La matriz representa un 65% del total de los componentes y está formada por caolinita e illita. La compactación es media.

El contenido mineralógico en orden decreciente de abundancia es el siguiente: Illita (40%), Caolinita (25%), Cuarzo (25%), Óxido de hierro (5%), fragmentos de roca (2%), Plagioclasa (2%), Moscovita (1%).

Nombre: Limolita arenácea.

5.3.1.4.2.-*Descripción muestra de mano:* se presenta como color fresco gris claro, meteorizando a amarillo ocre, compacta, moderadamente meteorizada, homogénea, afanítica, con tamaño de grano fino, sin estructuras sedimentarias a simple vista, friable. En la figura 35 se visualizan estas características.



Fig. 35: Muestra de mano de la limolita MR-2-5(6).

5.3.1.4.3.-*Descripción petrográfica:* la muestra MR-2-3(2) es la representativa para la descripción de esta unidad (UAL). Es una roca meteorizada a amarillo ocre y pardo rojizo, homogénea, con tamaño de grano fino, sin estructuras sedimentarias apreciables a simple vista, la roca es poco competente. Ver figura 36.

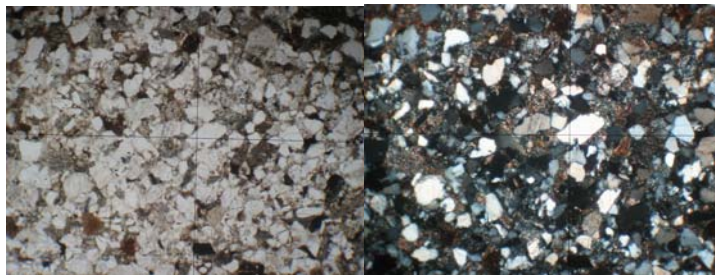


Fig. 36: Vista de arenisca MR-2-3(2) en nicoles paralelos y cruzados, respectivamente.

Al microscopio se observa una distribución anisotrópica de los componentes detríticos. Los granos se presentan moderadamente escogidos de subangulares a subredondeados, el contacto de granos predominante es grano matriz y escaso longitudinal y tangencial. La matriz representa el 20% del total de los componentes y esta formada por caolinita e illita.

El contenido mineralógico en orden decreciente en abundancia es el siguiente: Cuarzo(67%), fragmentos de roca metamórfica (7%), illita (13%), Caolinita (7%), fragmento de roca esquistosa (7%), feldespatos (3%), moscovita(1%), leucoteno(1%), Esfena (1%), Circón(1%).

Nombre: Arenisca (grauwaca).

5.3.1.4.4.-*Descripción muestra de mano*: se presenta como color fresco gris claro, meteorizando a amarillo ocre, compacta, moderadamente meteorizada, homogénea, afanítica, con tamaño de grano fino, sin estructuras sedimentarias a simple vista, friable, pulverulenta y deleznable. Figura 37.



Fig. 37: Muestra de mano de la arenisca MR-2-3(2).

5.3.1.5.-*Descripción del perfil de meteorización y su condición de estabilidad*, (cuadro 21): generalmente el perfil de meteorización de esta secuencia es observable en campo, identificándose tres niveles de suelo. Están conformados de tope a base por:

Horizonte IA: Presenta un espesor generalizado entre los 15 – 20 cm., representado por un material conformado (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de estos) por una arcilla de baja plasticidad CL o por un limo de baja plasticidad ML.

Horizonte IB: Presenta un espesor generalizado entre 1 a 1,5 m., representado por un material conformado en promedio (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de éstos) por una arena arcillosa SC y una grava arcillosa GC.

Horizonte IC: Presenta un espesor promedio entre 0,7 a 1 m., representado por un material conformado en promedio (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de estos) por una grava limosa GM y mal gradada.

Cuadro 21: Propiedades del perfil de Meteorización de la unidad de arenisca y limolita (UAL), características in-situ.

Horizonte	Tipo de suelo y estado de roca asociada	Suelos de grano fino					Suelos de grano grueso			
		Dilatancia	Tenacidad	Resistencia en estado seco	Color	Olor	Tamaño de Partículas	Gradación	Granulometría predominante	
									Fracción principal	Fracción secundaria
IA	CL	Nula a muy lenta	Media	Media a alta	Pardo a claro	Terreo	Arcilla	No aplica	No aplica	No aplica
	ML	Rápida a lenta	Nula	Nula a ligera	Marrón claro	Terreo	Arcilla	No aplica	No aplica	No aplica
IB	SC	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Gradada	Arena	Arcilla
	GC	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Gradada	Grava	Arcilla
IC	GP	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Muy gradada	Grava	Arena
	GM	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Gradada	Grava	Limos

Las condiciones de estabilidad son similares a las descritas en el perfil de meteorización para la unidad informal de limolitas y areniscas intercaladas (UAL), variando la constitución de sus horizontes, ya que el material que lo origina es más conglomerático que el anterior que eran de limonitas, areniscas de grano fino y lutitas.

La mayor abundancia de capas conglomeráticas determina la granulometría del perfil asociado, aumentando de esta manera el tamaño de los granos en los horizontes. Cabe destacar que este perfil de meteorización se asemeja al de la unidad UALL, solo que la granulometría, en ambos casos, suele ser diferente.

Las unidades de trabajo implicadas son : T2-1-2, T4-2-6, T3-1-3, T5-1-5, T22-1-22, T23-1-23, T24-1-24, T25-1-25, T17-2-24, T9-1-9, T6-1-6, T7-1-7 y T9-1-9.

5.3.2.- Unidad de conglomerados y lutita (UCL), Fm. Betijoque y Isnotú (Mio-Plioceno):

5.3.2.1.-*Descripción litológica:* secuencia de rocas sedimentarias de origen continental, de color rojo y vino tinto; constituida por conglomerados y areniscas conglomeráticas con intercalaciones de limolitas y lutitas.

Los conglomerados están constituidos por un material gravoso (polimíctico), de hasta 6 cm. de diámetro, embebidos en una matriz areno-limosa compacta. Las limolitas y lutitas se presentan compactas en estado natural, de color marrón, presentando tonalidades claras. Ver figuras 38, 39 y 40.



Fig. 38: Taludes T8-2-10, T7-2-9 y T6-2-8, respectivamente. Se observa la constancia lateral del material conglomerático y lutítico, presentándose en estos últimos, niveles de socavación considerables (sentido Trujillo Valera).

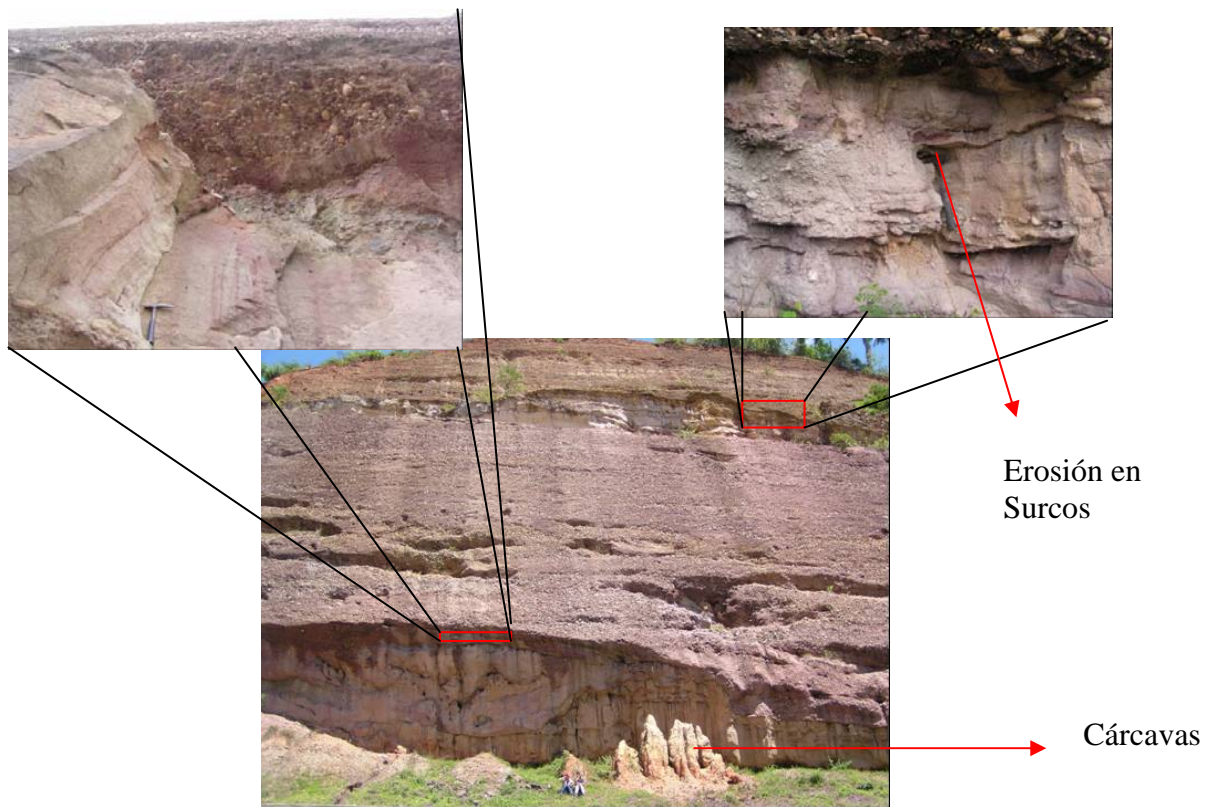


Fig. 39: Talud T8-2-10, se aprecia la interestratificación de conglomerados con lutitas, en los primeros generándose niveles de socavación y potencial desprendimiento de bloques, en los últimos fallamiento en cuña y erosión hídrica a nivel de cárcavas.

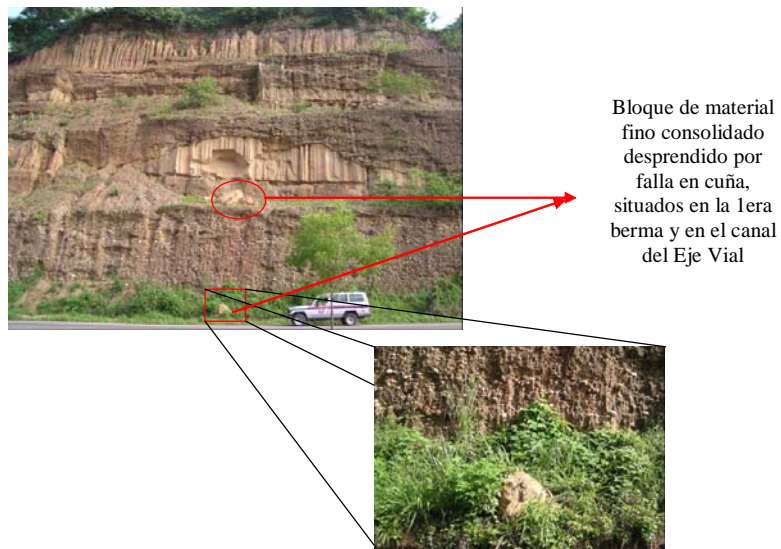


Fig. 40: Caída de bloque por la orientación de las diaclasas asociadas.

5.3.2.2.-*Características geotécnicas generales:* el material se encuentra generalmente conformado por conglomerados, lutitas, interstratificaciones de limolitas y areniscas conglomeráticas. Los conglomerados y areniscas conglomeráticas presentan valores máximos de resistencia a la compresión entre R2 (50-250 Kg./cm²) y R4 (500-1000 Kg./cm²) respectivamente, con espesores promedio desde 1 m. hasta 3 m.

La resistencia a la compresión de las lutitas y limonitas, presentan valores estimados de R1 (10-50 Kg./cm²) cuando es roca meteorizada o muy alterada, R3 (250-500 Kg/cm²) cuando está en estado fresco o inalterada, y valores intermedios de R2. Los espesores oscilan desde los 10 cm. hasta los 3 m. de espesor.

Esta unidad es representativa de la zona intermedia del Eje Vial, alrededor de La Meseta de Chimpire, y tiende a desaparecer hacia los extremos del Eje Vial, ya que el espesor del material limolítico y lutítico, tiende a predominar.

En la figura 41 se presenta la alternancia de capas conglomeráticas con areniscas.



Fig. 41: Porción de una secuencia sedimentaria de UCL (Talud T3-2-5).

En las figuras 42 y 43 se observa la UCL, caracterizada de base a tope por una alternancia de areniscas con limonitas y abundantes capas conglomeráticas. Además,

procesos geomorfológicos (cárcavas en limolitas y lutitas), fallas en cuña (lutitas y limolitas) y socavación (niveles de arenisca conglomerática).

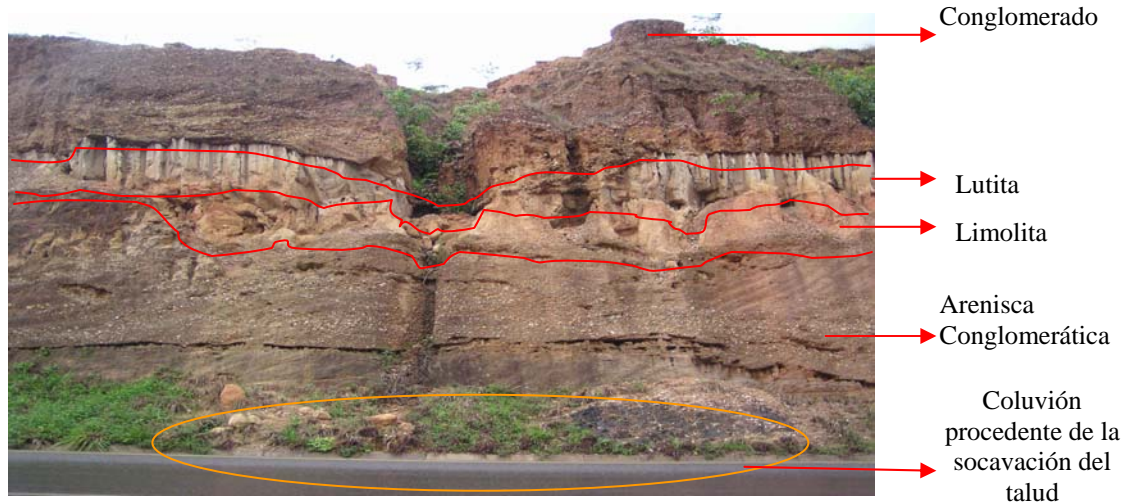


Fig. 42: Generación de una cárcava de grandes proporciones producto del drenaje del fluido de escorrentía, los cuales no presentan obras de canalización respectivas, contribuyendo a la depositación de detritos en la vialidad (Talud T3-2-5).



Fig. 43: Proceso de socavación del nivel conglomerático producto de la acción de las aguas de escorrentía, en la base del talud se encuentra material compactado naturalmente desplazado por los procesos (Talud T3-2-5).

5.3.2.3.-*Propiedades hidrogeológicas:* materiales semipermeables (conglomerados), e impermeables (lutitas). Dentro de esta unidad USL, los materiales conglomeráticos presentan una permeabilidad media a alta, mientras que el material lutítico, tiende a ser impermeable.

5.3.2.4.-*Condiciones de estabilidad:* la estabilidad del macizo rocoso está determinada por la orientación de las estructuras, grado de fracturamiento, separación y estado de las discontinuidades.

Esta unidad se presenta altamente alterada HW, según ISMR (1977), generando suelos residuales limo arcillosos, con tonos de color rojizo. Por lo general, presentan suelos muy inestables, propensos a movimientos en masa y erosión hídrica (cárcavas y surcos). Ver cuadros 20 y 21.

La erosión en surcos de las lutitas y limolitas presenta frecuencia de 10:1, con persistencia de 2 a 10 m., además de cárcavas con mayor grado de meteorización, con frecuencias de hasta 6:1 y persistencia de 2 a 10 m., aproximadamente. (Para mejor detalle con relación a los valores obtenidos de las mediciones planares y condición del macizo, revisar las planillas incluidas en el capítulo 9 para cada unidad asociada).

En general, los taludes en este sector presentan moderada condición de estabilidad. Es posible el desprendimiento de bloques, en zonas de fuerte pendiente.

En los cuadros 22 y 23 se observan algunas características físicas de los suelos y rocas presentes en esta unidad UCL.

Cuadro 22: Resultados ensayos de laboratorio (suelos).

Unidad de trabajo y muestras	Peso (Kg./m3) Unitario Suelto	% Humedad Natural	Clasific. SCU	Nombre del material (granulometría)	Plasticidad(%)		
					LL	LP	IP
T4-2-6 MR-2-5-4 (matriz Arenisca Conglomerática)	1314	8	GC	Grava Arcillosa inorgánica, de plasticidad media a baja	22,1	14,3	7,8
T3-2-5 MR-2-5-7 (matriz conglomerado)	1361	6,4	GP-GM	Grava mal gradada, mezcla de grava_arena y limos , con finos de plasticidad reducida	23,8	18,8	5
T6-1-6 MS-1-6-5 (matriz conglomerado)	1313	6,6	SM	Arenas Limosas, con finos no plásticos	26,5	17,8	8,7
T5-2-7 MR-2-7-(10) (matriz conglomerado)	1249	7,5	SM	Arena limosa, con finos no plásticos	20,75	No	No
MS-1-14-(17) (matriz conglomerado)	1419	4,2	SP	Arena limpia y mal gradada	No	No	No
MS-1-13-(14) (Matriz Conglomerado)	1473	5,4	GP-GM	Grava intermedia, mal gradada, con finos con poca plasticidad	28,3	No	No
T12-1-12 MS-1-12-(13) (Suelo IC Lutita)	997	14,2	GC	Grava arcillosa con finos plásticos	32,2	18,5	13,7
T12-1-12 MS-1-12-(12) (matriz)	1326	7,3	SM	Arenas Limosas, con finos no plásticos	21,3	No	No
T27-1-27-(21) MS-1-27-(21) (Suelo IB lutita)	1350	9,3	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad media a baja	23,3	NP	NI

Cuadro 23: Ensayos de difracción de rayos X.

Análisis de Difracción de Rayos X		Unidad de Conglomerado y Lutita							
Roca o Suelo asociados	Muestra	Componentes Minerales							
		Cz	Caolinita	III/Mosc	Esmect	Goet	III/esmect	Pl	Cl
Arenisca Conglomerática (matriz)	MS-1-2-(3)	MA	ME	ME		ME			
Conglomerado (matriz)	MS-1-6-(5)	MA	E	ME	E	ME			
Conglomerado (matriz)	MR-2-7-(10)	A	MP	E	ME			ME	ME
Conglomerado (matriz)	MR-2-6-(8)	MA	E	ME		ME			
Lutita	MS-1-9-(10)	A	E	E	ME	ME	ME		

- Leyenda: Cz (Cuarzo), Caol (Caolinita, III/Musc (illita/moscovita), Esmect (Esmectita), Goet (Goetita), III/Esmect (illita/esmectita estratificada), Pl (plagioclasa), Cl (clorita).
- Escala de Abundancia Mineral: (MA) muy abundante (> a 65%), (A) abundante (64 y 35 %), (MP) menor porcentaje, (E) escaso (14 y 5 %), (ME) (4-1 %), trazas (< 1%).

5.3.2.5.-*Análisis petrográfico*: para la descripción petrográfica, se tomó la muestra de conglomerado MR-2-7(10) en la estación de trabajo T5-2-7.

5.3.2.5.1.-*Descripción petrográfica*: En microscopio se observaron cantos subangulares a subredondeados de distintas fuentes, con escogimiento pobre,

presentando una distribución anisotrópica de los componentes detríticos, de contacto grano matriz y compactación baja. La matriz representa el 20% del total.

El contenido mineralógico está representado por fragmentos de roca (55%), cuarzo (25%) y matriz con óxido de hierro (20%).

En la figura 44 se observa la muestra MR-2-7(10) bajo microscopio, en nícoles paralelos y cruzados, respectivamente.

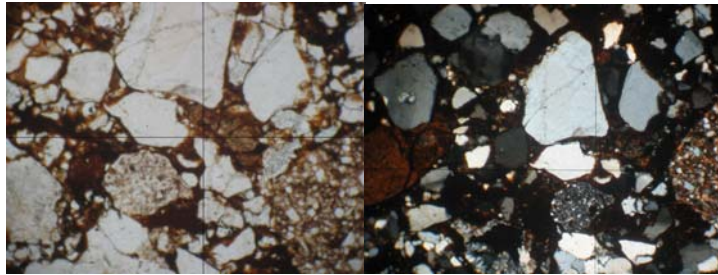


Fig.44: Conglomerado MR-2-7(10) en nícoles paralelos y cruzados, respectivamente.

Nombre: Conglomerado Polimíctico.

5.3.2.5.2.-*Descripción muestra de mano*: Se presenta con color fresco gris claro, meteorizando a pardo rojizo. Esta muestra es altamente meteorizada, poco consolidada, heterogénea, anisotrópica y con tamaños de cantos de hasta 1,3 cm. de diámetro con matriz grava arenosa. Esta descripción corresponde a la figura 45.



Fig. 45: Muestra de mano del conglomerado MR-2-7(10).

5.3.2.5.3.-*Descripción petrográfica:* para realizar la descripción petrográfica, se tomó la muestra MR-2-7(5). En el microscopio se observó un color meteorizado pardo claro, la muestra es homogénea, con tamaño de grano muy fino, pulverulenta, sin estructuras sedimentarias apreciables a simple vista, siendo una roca poco competente. Se visualizó una distribución anisotrópica de los componentes detríticos.

Los granos se presentan pobremente escogidos, subangulosos a subredondeados, el contacto de granos predominante es el tipo grano matriz. La matriz representa el 75% de los componentes y está conformado por caolinita e illita.

El contenido mineralógico es el siguiente: matriz caolinita e illita (75%), cuarzo (20%), feldespato (4%), esfena (1%).

Nombre: Lutita

5.3.2.5.4.-*Descripción muestra de mano:* la muestra presenta un color fresco gris claro, meteorizando a pardo claro. Esta es una muestra perturbada, altamente meteorizada, poco consolidada, homogénea, anisotrópica y con tamaños dentro del rango de la arcilla.

5.3.2.6.-*Descripción del perfil de meteorización:* el perfil de meteorización fue claramente observable en campo, identificándose tres niveles de suelo, conformados de tope a base por (cuadro 24):

Horizonte IA, presenta un espesor generalizado entre 15 y 20 cm., representado por un material conformado (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de éstos) por una arcilla de baja plasticidad CL o por un limo de baja plasticidad ML.

Horizonte IB, presenta un espesor generalizado entre 1 y 1,5 m., representado por un material conformado en promedio (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de éstos) por una arena arcillosa SC o una grava arcillosa GC.

Horizonte IC, presenta un espesor promedio entre 0,7 y 1 m., representado por un material conformado en promedio (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de éstos) por una grava limosa GM o por una grava mal gradada GP.

Cuadro 24: Propiedades del perfil de meteorización de la unidad de conglomerado y lutita (CL), ensayo in situ.

Horizonte	Tipo de suelo y estado de roca asociada	Suelos de grano fino					Suelos de grano grueso			
		Dilatancia	Tenacidad	Resistencia en estado seco	Color	Olor	Tamaño de Partículas	Gradación	Granulometría predominante	
									Fracción principal	Fracción secundaria
IA	CL	Nula a muy lenta	Media	Media a alta	Pardo a claro	Terreo	Arcilla	No aplica	No aplica	No aplica
	ML	Rápida a lenta	Nula	Nula a ligera	Marrón claro	Terreo	Arcilla	No aplica	No aplica	No aplica
IB	SC	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Gradada	Arena	Arcilla
	GC	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Gradada	Grava	Arcilla
IC	GP	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Muy gradada	Grava	Arena
	GM	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Gradada	Grava	Limos

Dentro del estudio de este perfil, en concordancia con la descripción y delimitación de sus horizontes, en especial con el IB y IC, en ocasiones no era apreciable la distinción visual entre estos dos horizontes, por lo que se podía distinguir uno del otro a partir de sus propiedades físicas individuales, descritas en el cuadro 22.

Las condiciones de estabilidad ofrecidas por este perfil, están regidas de acuerdo al material que se presenta, conjuntamente a la mineralogía asociada. De acuerdo a los ensayos de suelo y de difracción, puede expresarse que el perfil de meteorización se encuentra influenciado por la presencia de esmectitas, caolinita e illita, además de encontrarse minerales de hidróxidos de hierro (Goetita) y micas, que en conjunto

conforman entre el 15 y 20% del total promedio de muestras, representando en conclusión un alto porcentaje en contenido de minerales contribuyentes a la inestabilidad en general.

De acuerdo a las observaciones e información recabadas en campo, al igual que lo expresado en los análisis de laboratorio, se ha considerado que la condición de estabilidad de este perfil, se encuentra entre “Parcialmente Inestable” e “Inestable”.

Las unidades de trabajo implicadas son T15-2-21, T16-2-23, T8-2-10, T3-2-5, T7-2-9, T6-2-8, T15-2-26, T5-2-7, T6-1-6, T5-2-7, T2-1-2, T5-2-7, T8-1-8, T9-1-9, T10-1-10, T11-1-11, T12-1-12, T19-1-19, L19-1-19a, L19-1-19b Y T20-1-20.

5.4.-Unidades de rocas del Paleozoico (Carbonífero):

5.4.1.-Unidad de filitas (UF):

5.4.1.1.-Descripción litológica: está constituida por una secuencia de filitas cuarzo micáceas, de color gris claro, que meteorizan a tonos marrones. Sobre estas rocas se desarrollan suelos residuales de color marrón rojizo, de hasta 5 m. de espesor (para mejor detalle con relación a los valores obtenidos de las mediciones planares y condición del macizo, revisar las planillas ofrecidas en el capítulo 9 para cada unidad respectiva).

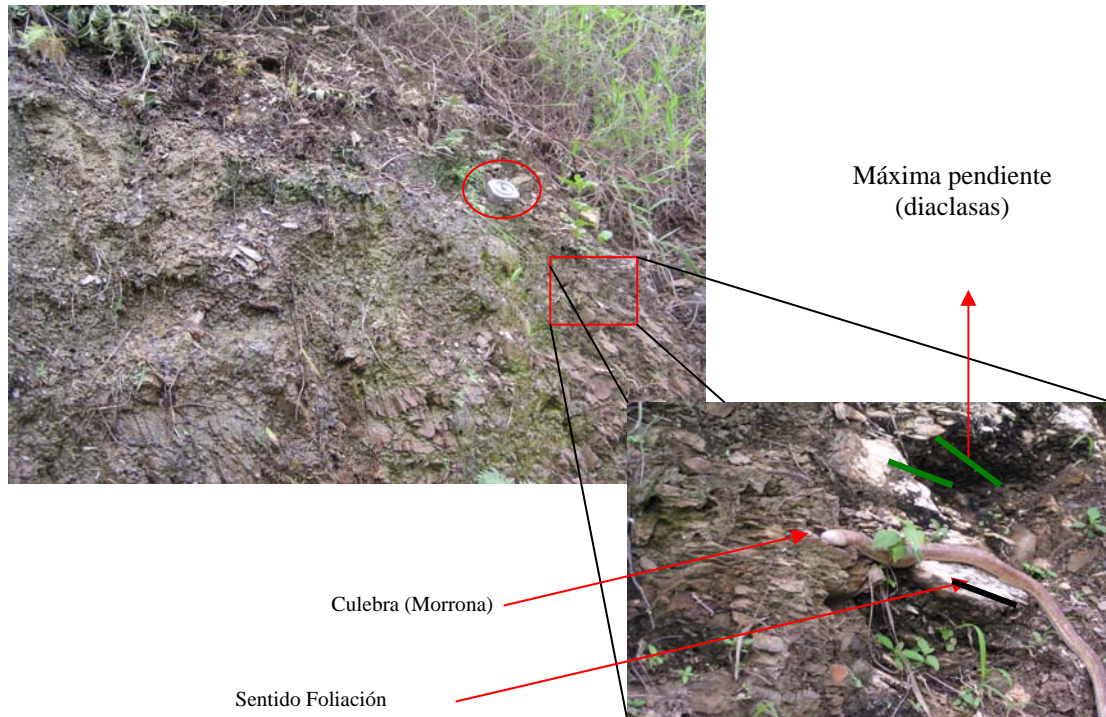


Fig. 46: Talud T19-2-28 impregnado de agua (goteando).

En la figura 46, se presenta en la filita la transición a saprolito. La línea negra describe la recta de máxima pendiente de foliación, mientras que la verde describe las familias de diaclasas).

5.4.1.2.-Características geotécnicas: las filitas son rocas blandas, untuosas al tacto y muy susceptibles a los procesos de remoción en masa, ya que éstas se encuentran altamente meteorizadas, con valores máximos a la compresión uniaxial R3 (250 y 500 Kg./cm²) R3.

En los suelos residuales de esta litología, es común observar profundas cárcavas y deslizamientos rotacionales. En la figura 47 se observan las mediciones planares para el talud T19-2-28, mientras que en la figura 48 se puede observar la deformación en régimen dúctil.



Fig. 47: T19-2-28, Medición de estructuras planares (foliación y diaclasas), talud con condiciones de humedad considerables, se observa movimiento en bloques de filita por acción de la erosión hídrica.



Fig. 48: Talud T19-2-28, plegamiento local asociado a la deformación en régimen dúctil del material.

5.4.1.3.-*Condiciones de estabilidad:* se presenta un material metamórfico conformado por filita, la cual se encuentra muy meteorizada con tendencia a saprolito, debilitando la estructura de los taludes que la contienen. Esto trae consigo desprendimientos y caídas de bloques, incrementándose en taludes con mayores concentraciones de agua.

5.4.1.4.-*Propiedades hidrogeológicas:* permeable por fracturas.

5.4.1.5.-*Análisis petrográfico:* para el análisis petrográfico se tomó la muestra MR-1-1(1), en la estación de trabajo T1-2-1.

5.4.1.5.1.-*Descripción petrográfica:* en microscopio se observaron minerales con orientación preferencial, la sericita se presenta diminuta y con textura lepidoblástica, el cuarzo se presenta monocristalino con extinción ondulatoria. La muestra es atravesada por una veta de cuarzo macrocristalina. Los minerales se presentan en forma homogénea en toda la sección.

El contenido mineralógico en orden decreciente de abundancia es el siguiente: sericita (49%), cuarzo (40%), plagioclasa (5%), esfena (3%), epidoto (2%) y hematina (1%).

Nombre: Filita Sericítica Cuarzo Plagioclásica.

5.4.1.5.2.-*Descripción muestra de mano:* se presenta con color fresco gris claro, meteorizando a gris oscuro. Se encuentra compacta y altamente meteorizada. (figura 49)

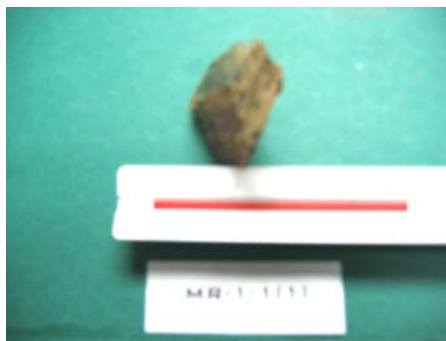


Fig. .49: Muestra de mano filita sericítica cuarzo plagioclásica MR-1-1(1).

5.4.1.6.-*Descripción del perfil de meteorización y su condición de estabilidad:* generalmente, el perfil de esta secuencia es observable en campo, identificándose tres niveles de suelo, conformados de tope a base por (cuadro 25):

Horizonte IA, se presenta con un espesor generalizado entre 8 y 10 cm., representado por un material conformado (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de éstos) por limos orgánicos de de baja plasticidad OL.

Horizonte IB, se presenta con un espesor generalizado entre 10 y 15 cm., representado por un material conformado en promedio (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de éstos) por una arena arcillosa SC y una arena limosa SM.

Horizonte IC, se presenta con un espesor promedio entre 25 y 30 cm., representado por un material conformado en promedio (según los ensayos efectuados y por caracterización in situ de éstos) por una grava limosa GM y grava bien gradada GW.

Cuadro 25: *Propiedades del perfil de meteorización de la unidad de filita (UF), ensayos in situ.*

Horizonte	Tipo de suelo y estado de roca asociada	Suelos de grano fino						Suelos de grano grueso		
		Dilatancia	Tenacidad	Resistencia en estado seco	Color	Olor	Tamaño de Partículas	Gradación	Fracción principal	Fracción secundaria
IA	OL	Lenta	Ligera	Ligera a media	Pardo oscuro	Org	Limos	No aplica	No aplica	No aplica
IB	SM	No aplica	No aplica	No aplica	Gris claro	No aplica	No aplica	Gradada	Arenas	Finos
	SC	No aplica	No aplica	No aplica	Gris claro	No aplica	No aplica	Gradada	Arenas	Finos
IC	GW	No aplica	No aplica	No aplica	Gris oscuro	Térreo	No aplica	Bien gradadas	Gravas	Arena y finos
	GM	No aplica	No aplica	No aplica	Gris oscuro	Térreo	No aplica	Bien gradadas	Gravas	Arena y finos

Las condiciones de estabilidad están asociadas de acuerdo al contenido de humedad presente en los horizontes IA, IB y IC, sobre todo en este último, ya que representa el contacto entre material conformado por suelo (matriz) y estructuras heredadas provenientes de la roca original, trayendo como consecuencia que el ángulo de

fricción decrezca proporcionalmente en función al contenido de agua en la unidad, creándose una especie de efecto tobogán entre ambos materiales.

Cabe destacar que la orientación de las estructuras de esta roca condicionan la estabilidad de su perfil, dependiendo si ésta se encuentra en cuesta o contracuesta de buzamiento.

De acuerdo a las observaciones e información recabada en campo, al igual que lo expresado en los análisis de laboratorio, se ha considerado que la condición de estabilidad de este perfil de meteorización se encuentra entre “Parcialmente Estable” y “Parcialmente Inestable”.

Nota: Todas las características del material pertenecientes a los perfiles de meteorización, fueron tomadas del estudio realizado in situ para cada perfil, por unidad de trabajo.

Las unidades de trabajo implicadas son T1-1-2, T1-2-1, L3-2-25, T31-1-31 y T19-2-28.

5.5.-Determinación de la Condición de Estabilidad Asignada a los Perfiles de Meteorización Estudiados:

De acuerdo al estudio realizado en 96 estaciones de trabajo, se pudo considerar para cada perfil de meteorización generalizado, cuatro condiciones de estabilidad en función a una serie de parámetros asociados a las condiciones dadas, determinándose así los siguientes estados: estable, parcialmente estable, parcialmente inestable e inestable.

5.5.1.-Condición “Estable”: los parámetros considerados fueron los siguientes:

- Gradación: bien gradada.
- Forma de las partículas: angular a subangular.
- Estructura: homogénea.
- Cementación: fuerte.
- Materia orgánica: ausente.
- Plasticidad: alta.
- Resistencia al estado seco: alta.
- Dilatancia: rápida.
- Densidad de procesos geomorfológicos: nula o poca (<10% de la unidad de trabajo).
- Contenido de minerales de arcilla: < 5%.

5.5.2.-Condición “Parcialmente Estable”: los parámetros considerados para esta condición son:

- Gradación: gradada.
- Forma de las partículas: subangular a subredondeado.
- Estructura: homogénea a estratificada.
- Cementación: fuerte a media.
- Materia orgánica: ausente.
- Plasticidad: alta a media.
- Resistencia al estado seco: alta a media.
- Dilatancia: rápida a media.
- Densidad de procesos geomorfológicos: nula o poca (entre 10 y 20% de la unidad de trabajo).
- Contenido de minerales de arcilla: entre 5 y 10 %.

5.5.3.-Condición “Parcialmente Inestable”: Parámetros considerados para este tipo de condición son los siguientes:

- Gradación: gradada a mal gradada.
- Forma de las partículas: subredondeado a redondeado.
- Estructura: estratificado fisurado.
- Cementación: media a débil.
- Materia orgánica: leve.
- Plasticidad: media a baja.
- Resistencia al estado seco: media a baja.
- Dilatancia: media a lenta.
- Densidad de procesos geomorfológicos: significativa a abundante (20 a 50 % de la unidad de trabajo).
- Contenido de minerales de arcilla: entre 10 y 15 %.

5.5.4.-Condición “Inestable”: los parámetros considerados para este tipo de condición son:

- Gradación: mal gradado (exceptuando coluvión).
- Forma de las partículas: tendencia ha redondeado.
- Estructura: estratificado fisurado.
- Cementación: débil.
- Materia orgánica: presenta.
- Plasticidad: baja.
- Resistencia al estado seco: baja.
- Dilatancia: lenta.
- Densidad de procesos geomorfológicos: abundante (>50 % de la unidad de trabajo).

- Contenido de minerales de arcilla: >15 %.

CAPÍTULO VI

GEOMORFOLOGÍA

6.1.-Aspectos Generales:

La geomorfología es una rama de la geología en donde se estudia el origen y la evolución de formas del relieve, incluyendo su historia y los procesos de origen influenciado por la interacción de las condiciones estructurales, climáticas y litológicas, traducidos como procesos terrestres internos y externos. En la región en estudio, los procesos geomorfológicos han generado un paisaje conformado por relieves amesetados, acolinados y valles amplios.

En una primera fase, la interpretación del relieve se realizó mediante las fotografías aéreas misiones 0103103, 0103105, 010480, y 010380, posteriormente por medio de los mapas topográficos de escala 1:10.000. Los productos de estos trabajos fueron luego confirmados y completados durante el trabajo de campo.

Se establecieron tres unidades geomorfológicas informales, la primera de estas corresponde a un sistema de relieve de “Valles Amplios”, por donde fluyen los ríos Castán y Motatán, presentándose en el fondo de ellos material aluvial que estimamos de poco espesor.

La segunda y tercera unidad están representados por “Terrazas y Colinas en Piedemonte”, cuya litología consiste en areniscas, conglomerados, limonitas, filitas y pizarras, observando que la concavidad en ellas es dependiente de la densidad de la cobertura vegetal y las colinas pueden encontrarse con desiguales condiciones geométricas, mientras que en el contorno de las terrazas se observan grandes escarpes.

La división de la zona en unidades se basa en la interacción de los siguientes parámetros geomorfológicos, como se muestra en la siguiente figura 50:



Fig.50: Interacción de los parámetros geomorfológicos que dan origen a las geoformas.

6.2.-Descripción de las Unidades Geomorfológicas Presentes:

Las unidades geomorfológicas se establecieron de acuerdo a las disposiciones geométricas ocupadas por las topofomas dentro del contexto geográfico en la región de estudio, a las condiciones estructurales, al material litológico, a los modelados del relieve y las condiciones físicas imperantes.

De acuerdo a los parámetros antes mencionados, pueden establecerse tres sistemas de relieves muy particulares y contrastantes entre sí, estos son los siguientes:

6.2.1.-Unidad geomorfológica I (valles amplios): esta unidad se desarrolla a lo largo de los cauces de los Ríos Castán y Motatán, lo cual determina que se identifiquen límites altimétricos que oscilen entre 275 y 350 metros sobre el nivel del mar y que se hayan establecido pendientes entre 10° y 15°; en el fondo de estos valles se identifican acumulaciones de sedimentos de granos predominantemente gruesos. Representa alrededor de 55% del área total y se ubica al oeste y norte de la región.

6.2.1.1.-Valle de Río Motatán: El curso del Río Motatán, entre la Zona Industrial y el Zanjón del Colorado, está influenciado por la traza de La Falla de Agua Viva siguiendo sus aguas esta trayectoria, cuya orientación es N15°W.

El Río Motatán se desarrolla en una estructura sinclinal, drena de sur a norte, y desarrolla su cauce al sector oeste del valle, por lo cual observamos una llanura de inundación con mayor amplitud al extremo este.

En la región se puede distinguir el desplazamiento lateral (hacia el sector oeste) que ha tenido el curso del río en el valle a lo largo del tiempo, pudiéndose definir cauces antiguos que evidencian dichos desplazamientos. La figura 51 de la fotografía aérea permite visualizar el abandono lateral de los cauces del Río Motatán.

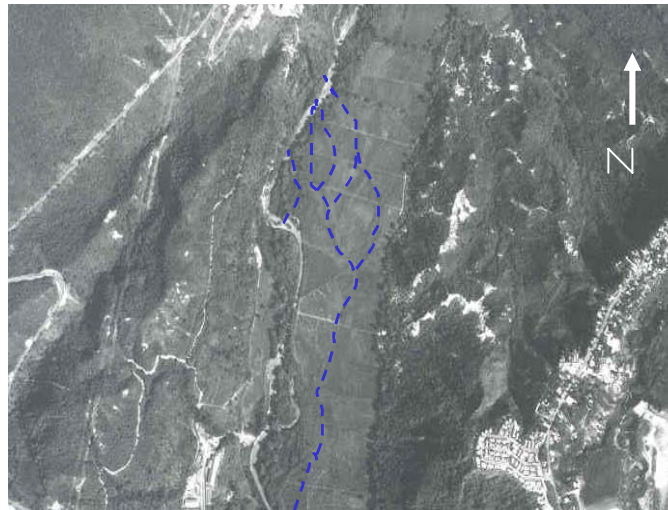


Fig.51: Cambio del curso del Río Motatán, escala de la foto 1:10.000, tomada de la misión 0103103 de 1977.

Ese desplazamiento del cauce es interpretado como una respuesta a la tectónica a que ha sido sometida la región en estudio, asociada en parte a la ya mencionada falla, cuyo trazado controla el curso del Río Motatán. Asimismo, se observan procesos de erosión lateral del río en la base de la terraza. La socavación en la base de la terraza

provoca movimientos en masa, causantes de la posterior desviación del río en ese tramo, esto es visible en la Urbanización Bella Vista.

El levantamiento a la que ha sido sometida la región occidental de Venezuela ha generado dentro de los valles de la región un nivel de terrazas aluviales del reciente, evidenciado por el encajamiento a lo largo del curso del río.

6.2.1.2.-*Valle del Río Castán*: presenta una planicie de inundación con mayor amplitud que la del Valle del Motatán, se encuentra al norte de la zona de estudio, entre los 400 hasta los 300 metros sobre el nivel del mar.

De acuerdo a mapas topográficos del Ministerio del Desarrollo Urbano, en la figura 52 se muestran cambios en el transcurso del Río Castán, deducidos de dos bases topográficas de diferentes épocas, 1981 y 1989.

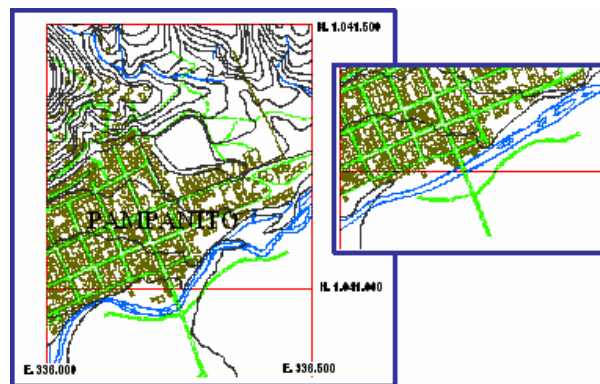


Fig. 52: Variación del curso del Río Castán entre 1981 y 1989. Fuente Ministerio del Desarrollo Urbano.

Las terrazas generadas en los laterales del valle del Río Castán son el producto del levantamiento tectónico en la región.

En base al mapa geológico-estructural de la Creole y por medio de interpretaciones topográficas y fotografías aéreas, se dedujo que en el sector de La Concepción se

presenta una garganta de influencias tectónicas, que interrumpe la continuidad de las filas. Esta variable estructural es consecuencia de las fallas relevo de las Fallas de Burbusay, permitiendo el origen del valle entre Pampán y La Concepción.

Al sur de Los Rurales se interpreta que el curso del Río Castán tiende a tener dirección N70°W, intercalándose con cursos de sentido N15°E. Estas direcciones coinciden con el sistema de diaclasas de la región, lo cual determina un control estructural en el curso del Río Castán en algunos de sus tramos. En la figura 53 se puede destacar la asociación existente entre el sentido de las diaclasas con el curso del Río Castán.



Fig. 53: Control estructural en el curso del Río Castán.

En general, el drenaje principal de estos valles, en algunos de sus tramos, se adapta a las estructuras características de la región. Los valles tienen influencias tectónicas, dando origen a terrazas recientes, a todo esto debe agregarse la acción antrópica que modifica y modela el relieve.

6.2.2.- *Unidad geomorfológica II (terrazas y colinas en piedemonte):* esta unidad se encuentra hacia los laterales de la unidad I, ubicándose al norte, centro, este

y oeste de la zona. El contacto entre las unidades I y II suele ser abrupto cuando se tratan de relieves amesetados y transicional cuando son acolinados. Se presentan entre los 500 hasta los 300 metros sobre el nivel del mar y solo representan el 45% de la región de estudio.

Esta unidad se caracteriza por desarrollarse en una zona del Piedemonte Andino, teniendo influencias destacables las variables geomorfológicas en el modelado y geometría del relieve dentro de la región de estudio.

Las variables climáticas y litológicas interactúan entre sí, influyendo directamente en las regiones desprovistas de capa vegetal, dando un aspecto cóncavo en las laderas y con drenajes que adoptan un patrón dendrítico, al tratarse de material litológico blando, tal es el caso de las limolitas, areniscas de grano fino y lutitas de las formaciones Betijoque e Isnotú.

El binomio de resistencia entre las capas duras y blandas genera una serie de valles por donde fluyen los drenajes tributarios de los ríos principales, Castán y Motatán, adaptándose de acuerdo a la disposición espacial de los estratos, esto se observa al sur de Jiménez.

La geología estructural de la región representada por el régimen compresivo, levantamiento y transurrencia, influenciados por la falla de Valera y Burbusay, han dispuesto adaptaciones al relieve muy particulares, tal es el caso de las terrazas de origen aluvional o las colinas piemontinas, en donde se densifica el drenaje de la región.

Al oeste de la Mesa de Chimpire se localiza la Quebrada de Chimpire la cual está adaptada a una estructura sinclinal, denominada por la Creole en 1966 como “Sinclinal de Campo Alegre”. Esta morfoestructura se conoce como sinclinal semicolgado o incipiente.

Dentro de la Unidad II se distinguen los siguientes subtipos:

6.2.2.1.-Terrazas alineadas: se encuentran presentes en la zona sur, centro y oeste de la región de estudio, con alturas que oscilan entre los 350 a 400 metros sobre el nivel del mar. Estas topofomas son el resultado del comportamiento estructural que indujo el levantamiento y creación de estas geometrías topográficas.

Están representada por la litología de la Formación Carvajal, la cual suprayace a la Formación Betijoque, y están limitadas por escarpes con pendientes entre los 80°-90°.

En la actualidad estos relieves son utilizados para áreas de cultivo o pastoreo, por lo tanto tienen gran influencia antrópica, además, el efecto de los agentes climáticos sobre la litología presente contribuyen a generar los grandes escarpes que las delimitan. Estudios previos han permitido deducir que el levantamiento tectónico presenta una edad post-pliocena y que éste sigue siendo efectivo en la actualidad.

Es importante acotar que desde el Aeropuerto “Antonio Nicolás Briceño” hasta La Sabana se encuentran una serie de terrazas alineadas que se desarrollan sobre la superficie axial de un anticlinal que presenta inversión al norte.

6.2.2.2.-Colinas piemontinas: estas formas topográficas son el resultado de la interacción entre el clima y la litología, y están representadas en su mayoría en la zona oeste y norte de la región en estudio.

Las colinas presentan laderas cóncavas cuando están desprovista de vegetación y rectilíneas cuando la vegetación es densa.

Este relieve lo conforman en su mayoría rocas blandas, limolitas y areniscas de grano fino, generando en su contorno cárcavas, durante los períodos de abundantes

precipitaciones e inestabilidad cuando infrayacen a rocas más competentes como las “areniscas con niveles conglomeráticos”.

La influencia de las precipitaciones en este tipo de relieve constituye una de las variables con mayor dominio para el modelado del paisaje. La presencia de un patrón dendrítico producto de la poca resistencia del material a oponerse a la creación de nuevos surcos, es una de las evidencias de este tipo de material a ceder a cualquier agente erosivo.

Otros de los factores importantes para el modelado actual de estas formas topográficas se deben a la acción antrópica, lo cual determina que la roca quede expuesta con mayor facilidad a la erosión, lo cual se observa en las cercanías de Agua Clara.

6.3.-Procesos de Inestabilidad o Movimientos en Masa:

Los movimientos en masa son el producto de la inestabilidad de las rocas y/o suelos por la geodinámica externa, dando un aspecto particular a la geometría y forma del terreno.

Algunos autores explican dichos movimientos mediante factores que inducen un cierto comportamiento en la roca y/o suelo, por ejemplo para González de Vallejo (2002) “Los factores que controlan los movimientos de las laderas son aquellos capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno... Los factores condicionantes o pasivos dependen de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno, mientras que los desencadenantes o activos pueden ser considerados como factores externos que provocan o desencadenan las inestabilidades y son responsables, por lo general, de la magnitud y velocidad de los movimientos”. Estos factores citados, se muestran en la figura 54:

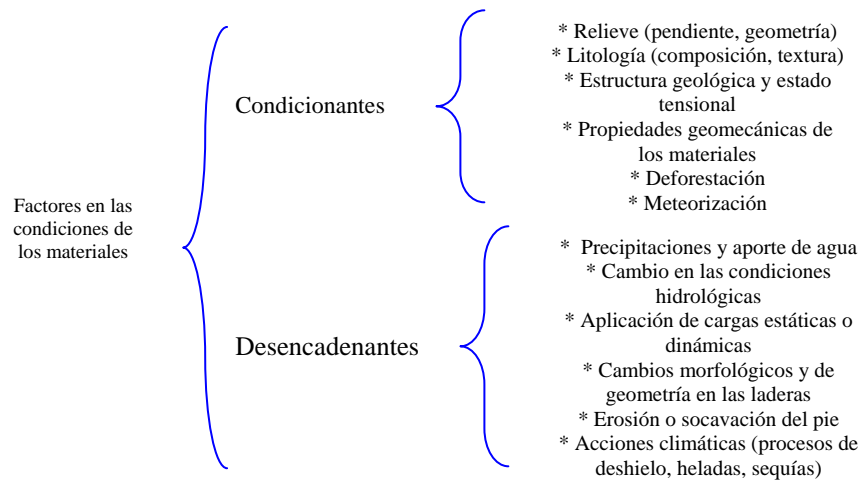


Fig. 54: Factores condicionantes y desencadenantes.

En general, las condiciones para la estabilidad de una ladera, según González de Vallejo (2002), se ven influenciados por: precipitaciones y condiciones climáticas, cambios del nivel de las aguas subterráneas, procesos erosivos, terremotos, subsidencia y vulcanismo. Este mismo autor menciona que en los taludes la inestabilidad puede causarse por: existencia de fallas, disminución de la resistencia al corte del plano de rotura, distribución del agua y altura del nivel freático en el talud, acciones sísmicas, altura del talud, ángulo del talud, orientación del talud, dirección y buzamiento de las discontinuidades, geometría del talud, sobrecargas y presencia de estructuras de retención de caídas de bloques.

Para establecer una clasificación de los deslizamientos es necesario calzarlos dentro de los siguientes puntos: conformación de sus materiales, la geometría del deslizamiento, las zonas y origen de la ruptura, la velocidad y magnitud del movimiento.

Esta sección del trabajo se basó en adoptar los movimientos de masa encontrados dentro de la zona de estudio a la clasificación de los deslizamientos de Cruden &

Varnes (1996). El cuadro 26 presenta de manera simplificada los tipos de deslizamientos.

Cuadro 26: Clasificación de los deslizamientos, tomado de Varnes & Cruden (1996).

Tipo de Movimiento		Tipo de Material		
		Roca	Suelo	
			De grano grueso	De grano fino
Caídas		Caídas de rocas	Caídas de detritos	Caídas de suelos
Basculamiento		Basculamiento de rocas	Basculamiento de detritos	Basculamiento de suelos
Deslizamientos	Rotacionales	Deslizamiento rotacional en rocas	Deslizamientos rotacional de detritos	Deslizamientos rotacional de suelos
	Translacionales	Deslizamiento transnacional de rocas	Deslizamientos transnacional de detritos	Deslizamientos transnacional de suelos
Separación lateral		Separación lateral de rocas	Separación lateral en detritos	Separación lateral en suelos
Flujos		Flujo de rocas	Flujo de detritos	Flujo de suelos
Complejos		Combinación de dos o más tipos		

A continuación se presentan de manera conceptual y gráfica los tipos de movimientos definidos por Cruden y Varnes (1996):

6.3.1.-Caídas: es el resultado de un desprendimiento o separación de una porción de roca o suelo sin desplazamiento. Ocurre en superficies empinadas y su trayectoria en su mayor parte es aérea.

El material se desprende en caída libre hasta llegar a una superficie tomando velocidades de rápidas a extremadamente rápidas, a medida que salta o rueda por la superficie.

En la figura 55 se muestra la caída en bloques descrita anteriormente.

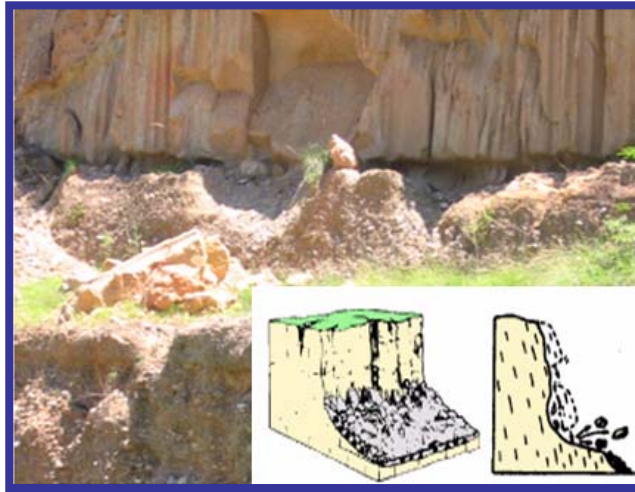


Fig. 55: Caída bloques.

6.3.2.-*Basculamiento*: es la rotación que se genera en las rocas o suelos hacia delante (afuera) por encima del centro de gravedad, por lo general, cada punto de la porción desprendida presenta una trayectoria circular en su eje de rotación similar para cualquiera de los puntos, como se muestra en la figura 56.



Fig. 56: Basculamiento.

6.3.3.-*Deslizamientos*: son desplazamientos descendentes, con una componente horizontal apreciable, a lo largo de una o varias superficies de falla o

zonas de corte relativamente delgadas, que pueden coincidir con superficies preexistentes (planos estructurales o superficies antiguas de falla), o generarse durante el movimiento. Para Ferrer en González de Vallejo (2002), los deslizamientos corresponden a ‘remociones en las que las masas de rocas o suelos se deslizan de acuerdo a superficies de rotura más o menos netas, al superarse la resistencia al corte, generando el movimiento del material en conjunto’. Los deslizamientos se dividen en:

6.3.3.1.-Deslizamientos rotacionales: son deslizamientos descendentes en donde la superficie de ruptura es efectiva por planos cóncavos o curvas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe, Cruden & Varnes (1996).

El escarpe principal suele ser vertical y desprovisto de soporte, se puede hacer antesala de movimientos posteriores que causen retrogresión del deslizamiento a la altura de la corona, Cruden & Varnes (1996). Un ejemplo de esto se puede ver en la figura 57.

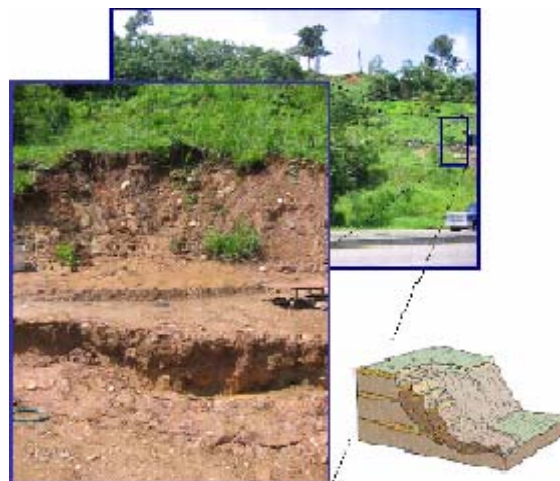


Fig. 57: Deslizamiento rotacional.

6.3.3.2.-*Deslizamientos translacionales*: son deslizamientos que se dan en superficies de ruptura suavemente onduladas o planas, a lo largo de planos de discontinuidades, ya sean fallas, diaclasas, foliación, planos de estratificación, contacto entre horizontes del suelo y el contacto entre suelo y rocas. Estos deslizamientos pueden fluir a lo largo del plano convirtiéndose en un flujo de detritos, Cruden & Varnes (1996). En la figura 58 se muestra un ejemplo de deslizamiento transnacional.

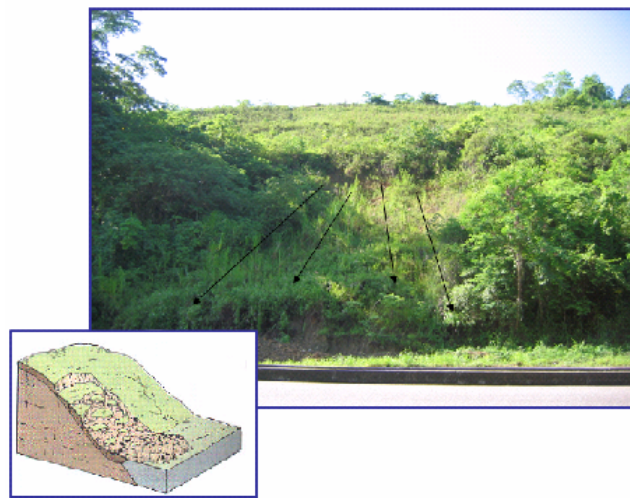


Fig. 58: Deslizamiento transnacional.

6.3.4.-*Separaciones laterales*: se define como una expansión o desplazamiento lateral de un suelo cohesivo o una masa rocosa fracturada, acompañada del hundimiento de los fragmentos de roca o del suelo firme algo disgregado, en material infrayacente más blando, sin que se llegue a formar una superficie de rotura con intenso desplazamiento de corte, Cruden & Varnes (1996). Se pueden presentar dos casos generales:

6.3.4.1.-*Propagación lateral en rocas*: cuando una masa rocosa sub-horizontal que cubre material más blando, se fragmenta en bloques grandes, provocando la extrusión del material blando por entre las fracturas, las pueden

rellenarse a presión por el material disgregado. El movimiento en este caso es muy lento.

6.3.4.2.-*Propagación lateral en detritos y/o suelos*: cuando un suelo blando, húmedo y/o sensitivo, cubierto por suelo firme, experimenta licuación o fluye plásticamente, debido a pérdida de resistencia a causa de alguna perturbación que destruye su estructura. Este movimiento es más rápido que el anterior. Esto se ejemplifica en la figura 59.

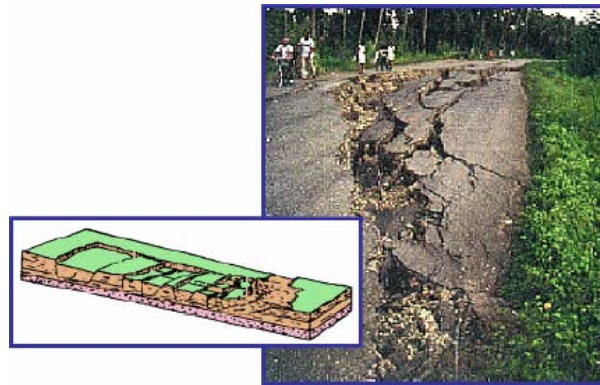


Fig. 59: Propagación lateral, tomado de Varnes & Cruden (1996).

6.3.5.-*Flujos*: son movimientos espacialmente continuos, en la que las superficies de corte son de corta duración. La distribución de las velocidades se compara con la de un fluido viscoso, Cruden & Varnes (1996).

Se pueden encontrar tres tipos:

6.3.5.1.-*Flujo de rocas*: se fundamenta en el movimiento rápido de materiales gruesos, como bloques de roca, detritos y arenas, además de contener cantidades de suelos limos y arcillas, con aire atrapado y agua. El ejemplo se visualiza en la figura 60.



Fig. 60: Flujo de rocas.

6.3.5.2.-*Flujo de detritos*: son movimientos de elevada velocidad o lentos cuando son muy viscosos, dependiendo de la pendiente a desplazarse, y es el producto de las fracciones de rocas descompuestas que pierda estabilidad estructural por el agua. Presenta un aspecto físico alargado y lobulado en su extremo inferior, como se observa en la figura 61.



Fig. 61: Flujo de detritos.

6.3.5.3.-*Flujo de suelos*: es producto de la inconsistencia de detritos por la acción del agua, permitiendo un flujo con maleabilidad blanda y fluida. Alcanza grandes velocidades y su duración y acción depende de la duración de las precipitaciones. Esto se puede visualizar en la figura 62.



Fig. 62: *Flujo de suelo*.

6.3.6.-*Movimientos complejos*: es el término utilizado cuando es posible apreciar la combinación de dos o más tipos de movimientos o desplazamientos anteriormente descritos. En la zona de estudio los más comunes eran la caída de rocas, flujos, deslizamientos rotacionales y translacionales. En la figura 63 se muestra un ejemplo de movimientos complejos.



Fig. 63: *Movimientos complejos (caída de bloque, flujo de detritos y deslizamiento translacional)*.

6.3.7.-*Repteo*: para Terzaghi (1950), este término es aplicable a movimientos de materiales imperceptibles. Para Cruden & Varnes (1996), se define como movimientos continuos a una rata de movilización inferior a un pie por década. Es posible distinguir dos tipos:

6.3.7.1.-*Reptación estacional*: es un movimiento que se hace efectivo por las condiciones de humedad, temperatura o por periodos de congelamiento y descongelamiento. Los materiales en movimientos son una capa delgada que abarca grandes extensiones y lateralmente presenta una transición muy gradual a terreno estable.

6.3.7.2.-*Reptación Continua*: son desplazamientos no interrumpidos a lo largo del tiempo, no poseen superficies de fallas totalmente definidas, la masa se separa de la estacionaria a lo largo de una zona desgarrada por cortante y puede convertirse en un desplazamiento lento.

6.4.-*Erosión Hídrica*:

Es la erosión por medio de escorrentías, aguas superficiales, precipitaciones, agua subterráneas, entre otras. Se define conjuntamente con los tipos de deslizamientos o movimientos de masa establecidos por Cruden & Varnes en 1996, ya que condicionan y forman parte de las formas del relieve, para esto se describen:

6.4.1.-*Erosión por lluvias*: es la erosión directa por efecto de la lluvia, esta se divide en tres (ver figura 64):

6.4.1.1.-*Erosión por escurrimiento difuso o erosión laminar*: se desarrolla en áreas de poca pendiente y condiciones de bajo y difuso escurrimiento de microcanales de 3 cm. de profundidad, producto del salpique, constituyendo los

procesos principales de este tipo de erosión, la cual con el tiempo, resulta en la remoción de una capa bastante uniforme de suelo.

6.4.1.2.- *Erosión en surcos*: es causada por cursos intermitentes de agua, mostrándose mediante numerosos canales pequeños entre los 20-30 cm. de profundidad.

6.4.1.3.- *Erosión en Cárcavas*: proceso causado por el escurrimiento concentrado, pero intermitente, del agua removiendo materiales hasta profundidades considerables, sus formas se modifican al igual que sus longitudes y tamaños.

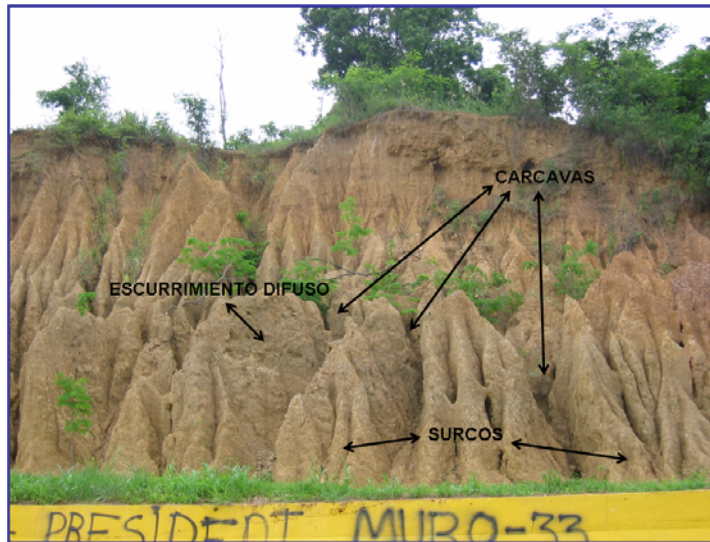


Fig. 64: Erosión por lluvias.

6.4.2.-*Erosión por cauces o erosión lateral*: es la erosión lateral de una roca producto de la acción de las corrientes de un río al entrar en contacto con ella, en especial en épocas en que los caudales se amplían lateralmente.

6.5.-Análisis de la Influencia de las precipitaciones en los Procesos de Remoción en Masa en el Sector Considerado:

Los procesos de remoción en masa en el sector estudiado se observan con mayor relevancia a lo largo del recorrido que describe la Local 1 entre El Prado y Jiménez. La finalidad de esta unidad es explicar regionalmente la mayor presencia de movimientos en masa entre El Prado y Jiménez.

Para la explicación de dicha conjetura es necesario citar datos de las estaciones ubicadas en la zona de estudio, presentados al final de este capítulo (sección 6.5). Estos datos permiten deducir la tendencia de las estaciones cercanas a Pampanito a presentar mayor tasa de precipitaciones que las encontradas en Trujillo-Liceo.

Otros de los datos destacable, es la mayor tasa de precipitaciones que muestran las estaciones pluviométricas en zonas bajas y la menor que presentan las zonas altas, deduciendo en esto, que las zonas bajas estarán más propicias para generar movimientos de masa debido a las precipitaciones, que las zonas altas.

Otra característica fundamental, es que las zonas bajas están compuestas por materiales relativamente menos competentes y más vulnerables ante factores desencadenantes, como precipitaciones o sismicidad, por mencionar algunos. En la figura 65, se permite visualizar la distribución de las precipitaciones a través de un mapa isoyético de 1996, fuente M.A.R.N.R., Empresa Regional Sistema Hidráulico Trujillano, SNC-LAVALIN, Canagro International (1996).

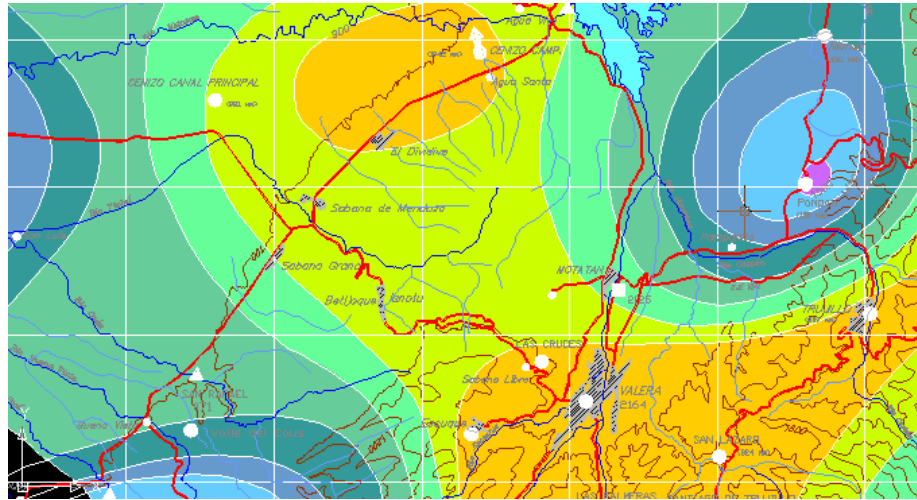


Fig. 65: Mapa isoyético para 1996,, tomado de un mapa a escala 1:250.000 del MARNR, et. al. (1996).

El mapa se destaca que las zonas naranjas presentan tasas de precipitación menor a 900 mm. La zona con tonalidad verde poco intensa (centro de la figura 65) presentará precipitaciones entre los 900 y 1000 mm. (aumentando 100 mm. al hacerse más intenso la tonalidad), al tomar tonalidades moradas y azules, las precipitaciones estarán en un orden entre los 1300 y 1500 mm.

Al noroeste de la figura 65, se observan tonalidades moradas y azules, destacando la localización Pampán y Pampanito. Las litologías en esta región son relativamente mas blandas que las que se presentan en las zonas altas. En la figura 66, se muestra un mapa geológico a escala regional (1:1.000.000), donde se observa el contraste de los cambios litológicos entre las zonas altas y bajas.

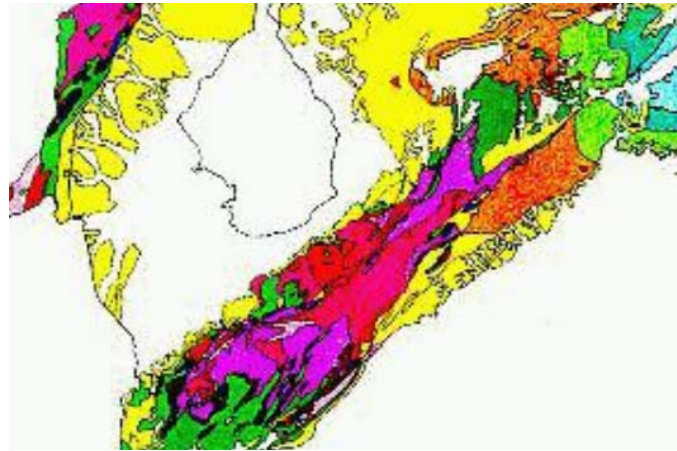


Fig. 66: Mapa geológico regional (1:1.000.000), tomado del *Léxico Estratigráfico de Venezuela* (1999).

Las zonas amarillas de la figura 66 representan rocas sedimentarias del reciente, las otras tonalidades pueden ser sedimentarias, metamórficas o ígneas, en nuestra zona al sureste de Pampanito se presentan rocas metamórficas (Fm. Mucuchachí), relativamente más duras que las sedimentarias de la Fm Betijoque e Isnotú.

La figura 67 representa la topografía de la zona. Las tonalidades moradas simbolizan regiones montañosas, los tonos verdes representan colinas medias y bajas.

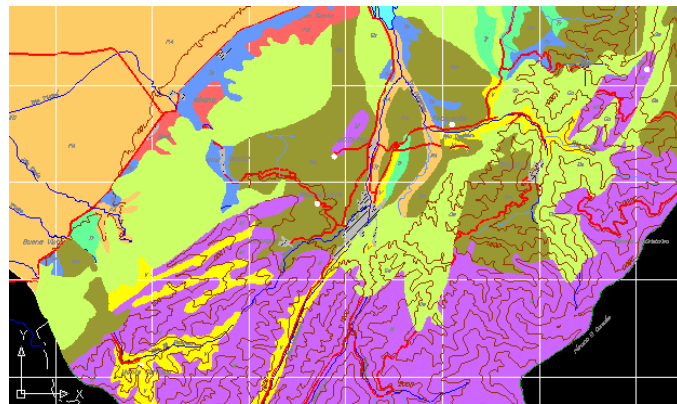


Fig. 67: Simboliza zonas altas (moradas) y bajas (verdes), tomado del MARNR, et al (1996).

CAPÍTULO VII

VEGETACIÓN Y SUELOS

7.1.-Aspectos generales:

La vegetación y los suelos son características muy particulares e influyentes en la susceptibilidad de un talud y una ladera, siendo parámetros dependientes entre sí.

Por una parte, las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos permiten el desarrollo de una cubierta vegetal particular, ya sea densa o escasa. La vegetación influye, de cierta manera, en el desarrollo de los horizontes y en las variantes de desenvolvimiento de las características mecánicas que presentan los suelos.

De acuerdo a las características observadas en campo, la vegetación es clasificada en este trabajo bajo el criterio de su densidad, considerando factores, tales como:

- Intercepción.
- Evapotranspiración.
- Infiltración.
- Protección de la superficie del suelo.
- Escorrentía superficial.
- Sujeción del suelo.
- Reforzamiento del suelo por las raíces
- Sobrecargas.

Los suelos se presentan con propiedades mecánicas diferentes a las de las rocas, por tanto su comportamiento dentro de la susceptibilidad obedece a condiciones muy particulares en la zona de estudio, es por esta razón que su estudio es un tema aparte, enfocado a sus características mecánicas.

7.2.-Vegetación:

La vegetación es la interfase de interacción entre el suelo y la atmósfera, que se evidencia en una serie de efectos hidrológicos y mecánicos, juega un papel importante en el control de los procesos de degradación, como elemento de protección y es vital para la conservación del suelo, esto se presenta en la figura 68.

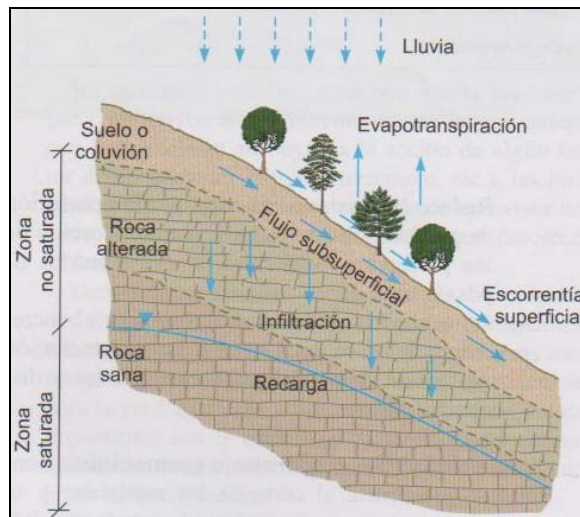


Fig. 68: La vegetación como agente protector del suelo.

Asimismo, la cobertura vegetal juega un papel importante en la regulación de las aguas y la fijación de los suelos en laderas, además de ofrecer protección al suelo infrayacente. Las acciones que cumple la vegetación como protección del suelo presentan las siguientes características generales:

7.2.1.-Intercepción: el follaje denso y multiestrato contribuye a la reducción del volumen de la precipitación que llega directamente al suelo y la cantidad de agua capaz de producir remoción y movilización del suelo.

El follaje de las arbóreas y herbáceas, los tallos, raíces y residuos orgánicos en superficie (hojarasca), disipan la energía cinética de la lluvia, evitando el impacto directo y controlando la erosión pluvial y las escorrentías.

Styczen y Morgan (1996) en Suárez (1998), dividen la lluvia en dos partes, una de ella es la que se intercepta sobre el suelo y la otra que es interceptada por el follaje. Gregory y Walling (1973) en Suárez (1998), mencionan que dependiendo de la densidad de un bosque tropical y de la intensidad de la precipitación, se puede interceptar hasta un 60% de la lluvia.

7.2.2.-Evapotranspiración: el agua que intercepta el follaje se convierte en vapor de agua debido a la evaporación y la transpiración de las plantas, disminuyendo la humedad que puedan presentar los suelos.

La evapotranspiración para un determinado tipo de suelo y vegetación, tiene un determinado potencial, en los climas tropicales la rata de evapotranspiración es mayor que en las otras estaciones, cuadro 27.

Según Jaime Suárez (1998, p. 280), “La evapotranspiración profundiza los niveles de aguas freáticas y al mismo tiempo puede producir asentamientos de suelos arcillosos blandos y agrietamientos por desecación...debe tenerse en cuenta que en un suelo al saturarse se disminuyen las fuerzas de succión o presiones negativas de agua de poros, las cuales ayudan a la estabilidad. En ocasiones la vegetación produce un efecto de mantener la humedad por debajo del límite de saturación mejorando la estabilidad de las laderas”.

Cuadro 27: Relación de evapotranspiración en diferentes especies vegetales, tomado de Jaime Suárez (1998).

Especie vegetal	relación E_i/E_o
Eucalipto	1.5
Arroz	1.35
Palma de aceite	1.2
Cacao	1.0
Bosques	0.9
Ficus	0.9
Pastos	0.8
Papa	0.7
Caña de azúcar	0.73
Banano o plátano	0.70
Maiz	0.67
Algodón	0.63
Café	0.5

7.2.3.-*Infiltración*: la permeabilidad del suelo y su tasa de infiltración es mayor en suelos protegidos con vegetación, que en suelos desprovistos de cobertura vegetal. La infiltración es estimulada a través de los canales dejados por las raíces descompuestas.

La infiltración tiene implícito el término “retención de agua”, este concepto suele modificar el ciclo hidrológico cuando ocurre la precipitación, disminuyendo la escorrentía y la erosión superficial, pero puede aumentar la rata de infiltración, aunque esto suele determinarse dependiendo del tipo de vegetación, sus características y la intensidad de lluvia.

Algunos autores señalan la interrelación que existe entre el clima y la vegetación, como Rice y Krames (1970), estos sugieren que “el clima determina el efecto relativo de la vegetación para prevenir los deslizamientos en los climas en los cuales la precipitación es muy grande, el efecto de la cobertura vegetal puede afectar en forma significativa la ocurrencia de deslizamientos”.

7.2.4.-*Protección de la superficie del suelo*: la vegetación herbácea es controladora de la erosión pluvial. El follaje disminuye localmente la intensidad de la lluvia, además de disipar la energía cinética de las gotas de lluvia.

El humus y los restos de hojas que se desprenden incrementan el tiempo de llegada del agua al suelo, retrasando de esta forma el encharcamiento e incrementando la rugosidad superficial. Asimismo disipa la velocidad de escorrentía.

El aumento de materia orgánica producto de la densidad de la vegetación protege al suelo del secado intenso.

7.2.5.-Escorrentía superficial: la escorrentía superficial es la capacidad de las aguas superficiales en transitar sobre la superficie de un relieve. Para relieves con ausencia de cobertura vegetal la escorrentía será mayor, mientras que para relieves con densas coberturas vegetales la escorrentía será menor.

El aporte de materia orgánica incrementa la capacidad de absorción de agua por el humus. Los obstáculos son elementos disipadores que mejoran la capacidad de la absorción, incrementando la capacidad de infiltración. Los tallos y la hojarasca se convierten en obstáculos que controlan la velocidad de la escorrentía.

7.2.6.-Sujeción del suelo: los sistemas radicales que penetran el suelo, son elementos de refuerzo que contribuyen a estabilizar los estratos superficiales. Las raíces fibrosas amarran el suelo superficial, evitando su remoción. Los efectos de las raíces sobre el mejoramiento mecánico del suelo son los siguientes:

7.2.6.1.-Reforzamiento del suelo por las raíces: los sistemas radicales de las plantas y árboles desarrollan bulbos donde interactúan el suelo y las raíces, lográndose el reforzamiento mecánico del suelo. El reforzamiento depende de la densidad de las raíces, su resistencia a la tracción, la resistencia por fricción entre la raíz y el suelo, el índice de alineamiento de las raíces (rectitud-angulosidad) y la orientación respecto la dirección del esfuerzo principal. El sistema radical incrementa el parámetro de cohesión del suelo, como en la figura 69.

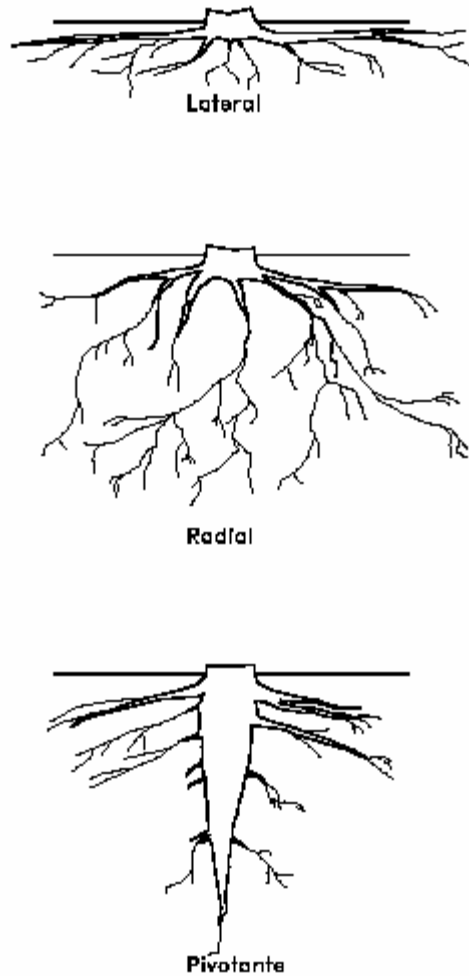


Fig. 69: Reforzamiento de las raíces en la estabilidad de un suelo, tomado de Jaime Suárez (1998)

7.2.6.2.-*Sobrecargas*: los árboles frondosos localizados en la zona pasiva del cuerpo de un deslizamiento potencial se convierten en factores contribuyentes a la estabilización de la masa.

En conclusión, con todos los puntos anteriormente expuestos, se logra tener una idea sobre la función que cumple la cobertura vegetal en la protección de taludes y laderas. El efecto más importante de la capa vegetal, universalmente aceptado, es la protección a la erosión en los suelos en todos los casos y con cualquier vegetación o cubierta vegetal.

En nuestro trabajo se dividió este tópico en 5 diferentes coberturas, de acuerdo a su densidad y basándonos en las características anteriores y en principios tales como:

- La vegetación con mayor follaje amortigua más eficientemente el golpe de la lluvia y disminuye la erosión. En hierbas y pastos la densidad y volumen del follaje actúan como un colchón protector contra los efectos erosivos del agua de escorrentía.
- En el control de la erosión se ha encontrado que donde hay árboles altos, la erosión es menor que en el caso de los arbustos.
- Las hierbas o maleza protegen generalmente mejor contra la erosión que los pastos.

7.3.-Suelo:

Son numerosos los conceptos que se pueden concebir de los suelos, variando de acuerdo a las especificaciones y materias en que sean utilizados. A continuación se presentan como idean algunos autores la definición de este término:

Juárez & Rico (1985, p. 34), dice que el suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas o todo tipo de material terroso, con organización definida y con propiedades que varían vectorialmente. Con mayores variaciones de las propiedades en la vertical que la horizontal.

Gonzáles de Vallejo (2002, p.20), define al suelo como un agregado de minerales unidos por fuerzas débiles de contacto, separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación en agua.

Tarbutck & Lutgens (1999), definen el suelo como una combinación de materia mineral y orgánica, agua y aire: la porción de regolito que sustenta el crecimiento de

las plantas. La proporción que compone el suelo (4 elementos antes mencionados) varía, pero siempre están presentes sin importar su variación.

Terzaghi 1956 en Deere y Patton (1971), define a los suelos como “sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas independientemente de que tengan o no contenido de materia orgánica”.

Para nuestra conveniencia y especificaciones, el suelo se puede definir como un conjunto de materia orgánica e inorgánica, que obedece a comportamientos dependientes de sus propiedades físicas y de su variabilidad espacial, sus componentes esenciales son minerales, materia inorgánica, aire y agua, que varían de acuerdo a las condiciones físicas del medio y que pueden definir comportamientos mecánicos muy distintivos.

Los suelos se originan por procesos de degradación y alteración de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias producto de procesos correspondientes a los fenómenos climáticos y factores geológicos externos, existen dos tipos de suelos:

7.3.1.- Suelo Residual: es aquel suelo originado in situ, cuando el producto de la descomposición de la roca permanece en el lugar de origen.

7.3.2.- Suelo Transportado: son aquellos suelos originados en un lugar determinado y luego transportados por fenómenos de geodinámica externa o cualquier otro factor que lo haya llevado a una zona ajena a su origen.

González de Vallejo (2002) cita de autores anteriores las siguientes etapas para los suelos transportados:

- Disgregación y removilización de las partículas por alteración y meteorización de la roca madre.
- Transporte del material por agentes con ciertos niveles de energía.
- Acumulación del material en zonas de bajo nivel energético, iniciándose los procesos de sedimentación controlados por las características mecánicas, físico-químicas y biológicas del ambiente.
- Transportación mediante diagénesis en un nuevo material coherente y compacto, con disminución de la porosidad, aportes de nuevas sustancias y cambios mineralógicos.

7.4.- Estabilidad de Taludes en Suelos:

La estabilidad de taludes en suelos residuales esta estrechamente relacionada con los parámetros encontrados dentro del perfil de meteorización, el agua subterránea y las estructuras heredadas.

Dentro del contexto de estabilidad de taludes es necesario tener un conocimiento previo del perfil de meteorización que se puede presentar para cada roca. Con un buen estudio del perfil de meteorización se pueden iniciar las metodologías necesarias para diagnosticar los diferentes taludes en estudios.

Para análisis de taludes en suelos la metodología suele ser económica y monótona, Deere y Payton (1971), recomiendan que se diseñe una metodología para cada caso específico, es decir, que adquiera sentido propio dentro del estudio y que no sea comparada en estudio similares.

La estabilidad de taludes es producto de las fallas y rupturas, que se hacen más continuas durante la época de precipitaciones, para los taludes con perfiles de meteorización estos se hace común en climas húmedos y tropicales.

Es importante aclarar que conforme al transcurso del tiempo geológico, los taludes de roca sana desarrollan perfiles de meteorización que son más susceptibles a fallar, ya que estos perfiles tienen las estructuras heredadas de la roca original, lo que sería un factor adicional importante para su susceptibilidad, asimismo disminuyen su resistencia al corte al incrementarse la humedad.

Deere y Patton (1971), mencionan que los perfiles de meteorización en suelos residuales alcanzan su máxima amplitud en condiciones de alta temperatura y pluviosidad, también en climas templados y áridos y ocasionalmente en áreas protegidas de la acción glacial.

Asimismo, mencionan que es posible distinguir zonas con suelos de zonas geológicamente antiguas, suelos heredados a lo largo del tiempo, sin embargo presenta las mismas características de suelos actuales.

7.5.- Perfil de Meteorización:

Para Deere y Patton (1971), el perfil de meteorización es una secuencia de capas de materiales, variando sus propiedades físicas según la profundidad. Se originan in-situ (en el mismo sitio), por lo tanto, son originadas por la roca infrayacente y están en contacto con la roca fresca e inalterada (sin meteorizar). Se puede originar por meteorización mecánica y química, la primera de las mencionadas es el proceso de desintegración de estructuras originales, mientras que la segunda es producto de la alteración o descomposición de los materiales originales, como en la figura 70.

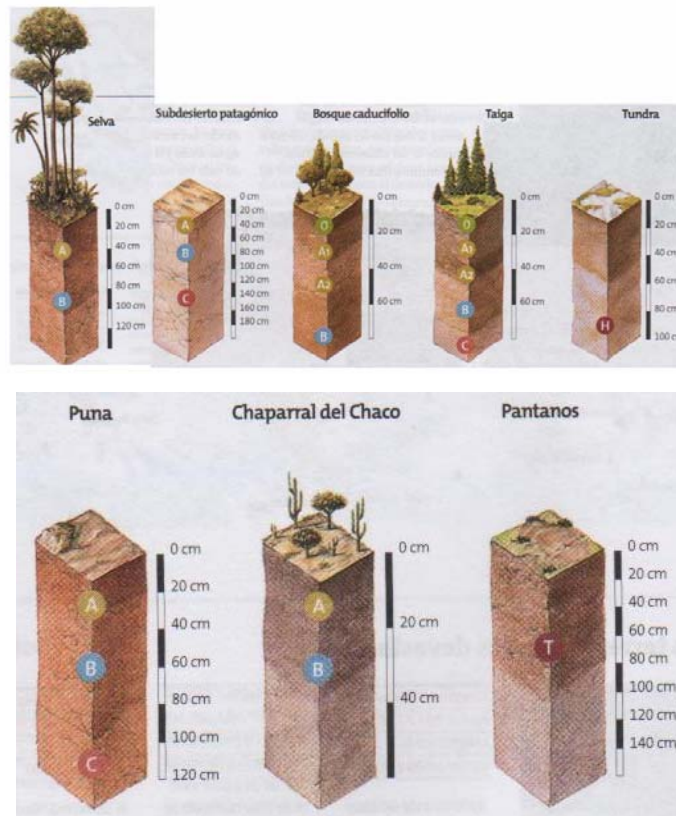


Fig. 70: Desarrollo del perfil de meteorización en diferentes ambientes climáticos, tomado de Gran Atlas Universal-El Nacional (2004).

En la meteorización mecánica se relaciona a un proceso de “relajación de esfuerzos por descargas” que se presentaban en la roca original, a causa de la erosión, deformaciones y desplazamientos diferenciales resultantes en las rocas y suelos que han sufrido tal descarga.

Para esto se puede destacar que en la evolución del perfil de meteorización, en regiones tropicales húmedas como Venezuela, la descomposición mecánica es la predominante, por el cambio de temperatura contrastante entre el día y la noche. Contrayendo las grietas o fracturas de las rocas en las noches y expandiéndolas en el día.

7.5.1- Importancia del perfil de meteorización: la estabilidad de los suelos residuales comienza con la descripción del perfil de meteorización. La descripción del perfil de meteorización para la estabilidad de un talud y laderas toma importancia, debido a que las zonas, y muy específicamente los suelos, toman propiedades diferentes en la ingeniería.

Es importante destacar que al tomarse una muestra, no solo se debe referir la profundidad a la que se toma, sino también es importante describir o ubicar a la zona a la cual pertenece, ya sea IA, IB, etc.

Las zonas en donde el suelo residual presenta alta permeabilidad son posibles que se hagan efectivos los deslizamientos de ladera (IIA y IIB), así lo describió Terzaghi y Peck (1967) en Deere y Patton (1971).

Deere y Patton (1971), mencionan que la estabilidad es una “secuencia de dos capas aproximadamente paralelas a la superficie del terreno, una suprayacente de permeabilidad y resistencia al corte bajas y otra infrayacente de permeabilidad alta, la cual constituye el principal aspecto unificador en los problemas de estabilidad de taludes en suelos residuales”, refiriéndose a los horizontes IB, IC, IIA y IIB

7.6.- Criterios de la Clasificación del Perfil de Meteorización:

Se han llevado a cabo muchas investigaciones en cuanto a los perfiles de meteorización, y estos se ven estrechamente relacionados con la roca madre o la roca en el cual se desarrolla este perfil. Debe tomarse en cuenta que a partir de esta roca original se describe el perfil de meteorización, por lo cual dependiendo de los componentes o la litología, se desarrollarán de maneras muy específicas.

Para la nomenclatura de Deere y Patton (1971) y descripción de los perfiles de meteorización, fue necesario adaptarla a una serie de cuantificaciones, las cuales son las siguientes:

- Los términos deben ser simples y fáciles de recordar.
- Las divisiones tiene que corresponder a las divisiones principales descritos por autores anteriores, de tal manera que se pueda utilizar la información ya estudiada.
- Se deben utilizar símbolos y nombres convencionales y tradicionales.
- No se debe utilizar terminologías ambiguas.

Una de las bases para esta clasificación está en establecer, describir y delimitar los suelos residuales, la roca meteorizada y la roca no meteorizada, es por esta razón que se implantaron las divisiones de I, capa superior de suelo; II, La zona intermedia de roca meteorizada; y III, la roca no meteorizada.

Uno de los principales puntos es establecer los límites de la zona de material saprolítico, identificada en la literatura como suelo o roca intensamente meteorizada. Este material corresponderá al horizonte IC dentro del perfil de meteorización.

El saprolito es un suelo con características particulares, con resistencias al corte bajas y estructuras heredadas que inducen comportamientos mecánicos muy similares a los de las rocas (aunque con condiciones diferentes), dentro de esta zona IC.

De acuerdo a los tópicos aclarados en secciones anteriores, para nuestro estudio se utilizará la clasificación propuesta por Deere y Patton en 1971. Es importante acotar que dichas clasificaciones varían de acuerdo al material litológico en donde se desarrollen.

Dichos autores establecen una serie de perfiles de suelo de acuerdo a estudios hechos en diferentes materiales, en los cuales destacan los elaborados para las rocas metamórficas e ígneas intrusitas, con diferencias no contraproducentes, al perfil de meteorización para rocas sedimentarias (interestratificación de lutitas y areniscas).

Para litología encontrada entre Valera-Trujillo, Local 1 y Eje Vial, esta clasificación se pudo ajustar de manera directa, logrando establecer una misma clasificación de un mismo autor a los suelos con diferentes procesos y características de formación.

Para cada subdivisión se utilizan los números romanos I, II y III. Esta subdivisión no es fácil de aplicar en la práctica, debido a las irregularidades de los contactos.

Para el suelo residual se utiliza una tercera división, las cuales corresponden IA, IB y IC, estas letras representan los horizontes A, B y C de los pedólogos.

7.6.1.- Perfil de meteorización para rocas metamórficas, Deere y Patton (1971): los perfiles típicos en rocas metamórficas son:

- Suelo residual.
- Roca meteorizada.
- Roca fresca y relativamente no meteorizada.

Deere y Patton (1971), describen tres horizontes:

7.6.1.1.-El Horizonte I:

7.6.1.1.1.- La zona IA: también denominada la zona de eluviación, esta zona representa el empobrecimiento debido a la infiltración por parte del agua. En esta región se pueden presentar minerales, diaclasas y fallas, las cuales pueden estar

orientadas espacialmente en una posición idéntica a como se encontraban antes de ser afectadas por la meteorización o agentes meteorizantes. El feldespato puede estar alterado a caolinita u otros minerales arcillosos, las micas están totales o parcialmente degradadas y alteradas y los otros minerales, no estables como el cuarzo, alteran a otros.

7.6.1.1.2.-*La zona IB*: los materiales similares o con apariencia a roca se comportan como suelo, en la mayoría de los casos. Las estructuras heredadas de la roca original resultan de planos de debilidad, los cuales están con más frecuencia y número que en los suelos transportados. Los limos arcillosos y las arenas limosas predominan y las zonas, o bandas, de abundante material micáceo es común en donde estaba presente este tipo de material.

7.6.1.1.3.-*Zona IC*: el saprolito es el término utilizado para describir la zona IC, clasificada como material tipificado como suelo, zona en donde se retiene la estructura heredada. La zona IC se define como un contenido de núcleos de roca de menos del 10% de su volumen.

Los núcleos o Lithorelicts o floaters, son los términos empleados para describir núcleos rocosos no meteorizados o parcialmente meteorizados, limitados por discontinuidades o diaclasas preexistentes.

El material encontrado dentro de esta zona IC se encuentra con granulometría que va desde los limos hasta las arcillas, siendo más comprensibles cuando son micáceos, y susceptibles a la erosión superficial y de aguas subterráneas.

7.6.1.2.-Horizonte II: se dividen en zona IIA y IIB.

7.6.1.2.1.-*La zona IIA:* también llamada zona de transición, porque es la banda en donde pasa de saprolito a roca meteorizada. Se distingue por presentar una alta variabilidad en cuanto a las propiedades físicas de sus componentes.

Dentro de esta zona se encuentran materiales tipificados como materiales de suelo, hasta los tipificados como materiales rocosos. Los núcleos rocosos varían desde el 10 al 95% en porcentaje de presencia dentro del volumen de la zona de transición.

La meteorización dentro de esta zona se hace frecuente en las superficies de falla, zonas de diaclasas y a lo largo de unidades litológicas en donde se hace susceptible. Los materiales que soportan a los núcleos rocosos suelen variar su granulometría de arena de grano medio hasta de grano grueso, ya sea relativamente limpia o con la presencia de materiales limosos o micáceos. Esta zona generalmente es permeable y suele presentar acumulaciones de agua.

La zona IIA, es una de las zonas más estudiadas a nivel de los suelos, y es considerada uno de las causas principales para la determinación y elaboración de un perfil de meteorización. Deere y Patton (1971), describen que “El contenido típico de la zona IIA es de materiales con intensidades de meteorización muy diferentes, y consecuentemente esta zona presenta un amplio margen de variación en sus propiedades de ingeniería”.

7.6.1.2.2.-*La zona IIB:* también conocida como una banda de rocas parcialmente meteorizada. Las rocas encontradas en este sector presentan acentuadas decoloraciones y algo de alteración en las diaclasas. Dentro de esta zona es apreciable la meteorización de algunos feldespatos y micas, además de disminuir o hacerse menor la resistencia al corte módulo de elasticidad, aunque la permeabilidad aumenta.

La permeabilidad incrementa debido a:

- Cambio en el volumen de algunos de los granos, debido a que estos alteran a otros tipos de minerales.
- Creación de soluciones de los constituyentes más comunes dentro de la roca.
- Aumento del espacio que hay entre las superficies de diaclasas. Además de la creación de diaclasas por la descompresión en el cuerpo rocoso producto de la erosión.

7.6.1.3.-Horizonte III:

7.6.1.3.1.-Zona III: se presenta una roca en donde los feldspatos y micas no exhiben ningún signo de meteorización y las superficies de diaclasas permanecen inalteradas o muy poco oxidadas, aunque la roca puede estar fuertemente diaclasada. Se puede mostrar cierto grado de meteorización, en los casos de estar expuesta a efectos hidrotermales.

La aplicabilidad de zona III a perfiles de meteorización de suelos alterados por meteorización hidrotermal dentro de la ingeniería no se recomienda.

En el cuadro 28 se muestra la descripción del perfil de meteorización propuesto por Deere y Patton.

Cuadro 28: Descripción del perfil de meteorización propuesto por Deere y Patton, tomado de Deere y Patton (1971).

Zona		Descripción	RQD (Muestra de sondeoNX %)	Porcentaje de recuperación de muestras de sondeo NX	Permeabilidad Relativa	Resistencia al corte relativa
Suelo Residual	IA - Horizonte A	IA Suelo Superficial, raícez, material orgánico, horizonte de lixiviación y eluviación, puede ser poroso	-	0	Mediana a alta	Baja a mediana
	IB - Horizonte B	Característicamente rico en arcillas, También contiene acumulaciones de Fe, Al y Si, por tanto puede ser Cementado estructuradas heredadas ausentes	-	0	Baja	Comunmente Baja alta si es cementado
	IC - Horizonte C (Saprolito)	Estructuras heredadas presentes, menos 10% de núcleos de roca madre, Frecuentemente micáceo, limoso con gradación a material arenoso	0 o inaplicable.	generalmente 0 - 10%	Mediana	Baja a mediana, estructuras heredadas muy significativas
II Roca Meteorizada	IIA - Transición (de suelo residual o de saprolito a roca parcialmente meteorizada) La porción clástica una es arena de grano fino a grueso (gross) del 10% a 95% de núcleos de roca madre Meteorización esferoidal es común	Variable generalmente 0 - 50%	Variable generalmente 10-90%	Alta (perdida de agua común)	Medianamente a baja donde ocurren estrcturas débiles y estrcturas heredadas	
	IIB - Roca parcialmente meteorizada	Material tipificado como roca, varía de blando a duro Diaclasas oxidadas o alteradas Alteración parcial de feldespatos y micas	Generalmente 50 - 75%	Generalmente 100%	Mediana a alta	Medianamente a alta**
III Roca no meteorizada		Óxidos ferruginosos en las diaclasa son inexistentes o solo en trazas Feldespatos y micas no están meteorizados	> 75% (generalmente > 90%)	Generalmente 100%	Baja a Mediana	Muy alta**
**Considerando solamente masas de roca intacta sin estructuras geológicas adversamente cementadas						
* la desorganización provee la unica manera de distinguir las zona						

7.6.2.- *Perfil de meteorización en lutitas según Deere y Patton en 1971*: los perfiles de meteorización para las lutitas mantienen similar desarrollo en muchos aspectos que en otras rocas, debido a que se presentan en ellas una zona de baja permeabilidad y resistencia al corte media a baja, hacia la superficie se presentan comúnmente zonas fisuradas, diaclasadas y de elevada permeabilidad.

Los horizontes tienden a ser más delgados, ocasionando que la transformación de roca a suelo sea gradual y las fisuras se conserven más que en cualquier otro tipo de roca.

Chandler, para 1969 en Deere y Patton (1971), realizó un estudio del perfil de meteorización para la marga de Keuper, definiendo y aportando un perfil de meteorización para este tipo de roca, basándose en anteriores definiciones y características descritas por Skempton y Davis en 1966 en Deere y Patton (1971). Así como Chandler utilizó la clasificación de Skempton y Davis, muchos autores han modificado ligeramente esta clasificación, tal es el caso de Little en 1967 y 1969, Saunders y Fookes en 1970 y Fookes y Horswill en 1970.

Deere y Patton (1971), consideran que los perfiles que describen los autores anteriores no son correspondientes para mantener una clasificación generalizada, debido a que su área de estudio era limitada y muy específica, además de carecer de fines prácticos para la ingeniería.

Deere y Patton mencionan que dichos perfiles escaseaban de las subdivisiones de los diferentes horizontes.

Por lo tanto, Deere y Patton (1971), mencionan “Se sugiere una correlación tentativa entre las zonas de meteorización usadas para los tipos de roca considerados anteriormente y las zonas de meteorización de lutitas”.

Por último, Deere y Patton (1971), señalan “Nuestra experiencia indica que es frecuente una transición gradual de la lutita no meteorizada a la lutita completamente meteorizada. Esta transición incluirá las zonas de meteorización IC, IIA y IIB. El problema radica en que no existen horizontes consistentes y fáciles de reconocer para la subdivisión de esta zona de transición”.

7.6.3.- Perfil de meteorización de arenisca y lutitas interestratificadas:
Deere y Patton mencionan el mismo perfil de meteorización para las intercalaciones de lutitas y areniscas, que el mencionado para rocas metamórficas.

Las areniscas y lutitas, por ser diferentes litologías, presentan un perfil con mayores variantes que los descritos anteriormente, debido a que las propiedades físicas y mecánicas de ambas litologías suele variar verticalmente.

Deere y Patton (1971), mencionan “Lutitas interestratificadas con areniscas son abundantes en todo el mundo y constituyen uno de los terrenos más susceptibles a deslizamientos. Las areniscas son fuertes pero también son permeables de una manera mayor que las lutitas; además aquellas permiten la transmisión de presiones de poros altas hasta el frente del talud...si las capas de areniscas y lutitas han sido plegadas y falladas, los problemas de estabilidad de taludes están altamente afectados por la posición estructural de la estratificación”.

7.7.- Tipos de Deslizamientos Descritos por Deere y Patton en 1971 en los Perfiles de Meteorización:

Los deslizamientos en suelos con perfiles de meteorización profundos pueden ser variados, pero estos están ligados con los materiales que lo conforman y así para cada material (suelos residuales, roca meteorizada y el coluvión asociados a estos) sucede una serie de deslizamiento específico.

La razón de incluir los coluviones, es que estos se encuentran formando parte del talud y además están formados por escombros derivados de los taludes o suelos residuales o rocas meteorizadas de derrumbes naturales.

Se tratan 4 tipos de deslizamientos, de los cuales 2 están relacionados directamente con el perfil de meteorización y los otros dos con el coluvión. Ver la figura 71:

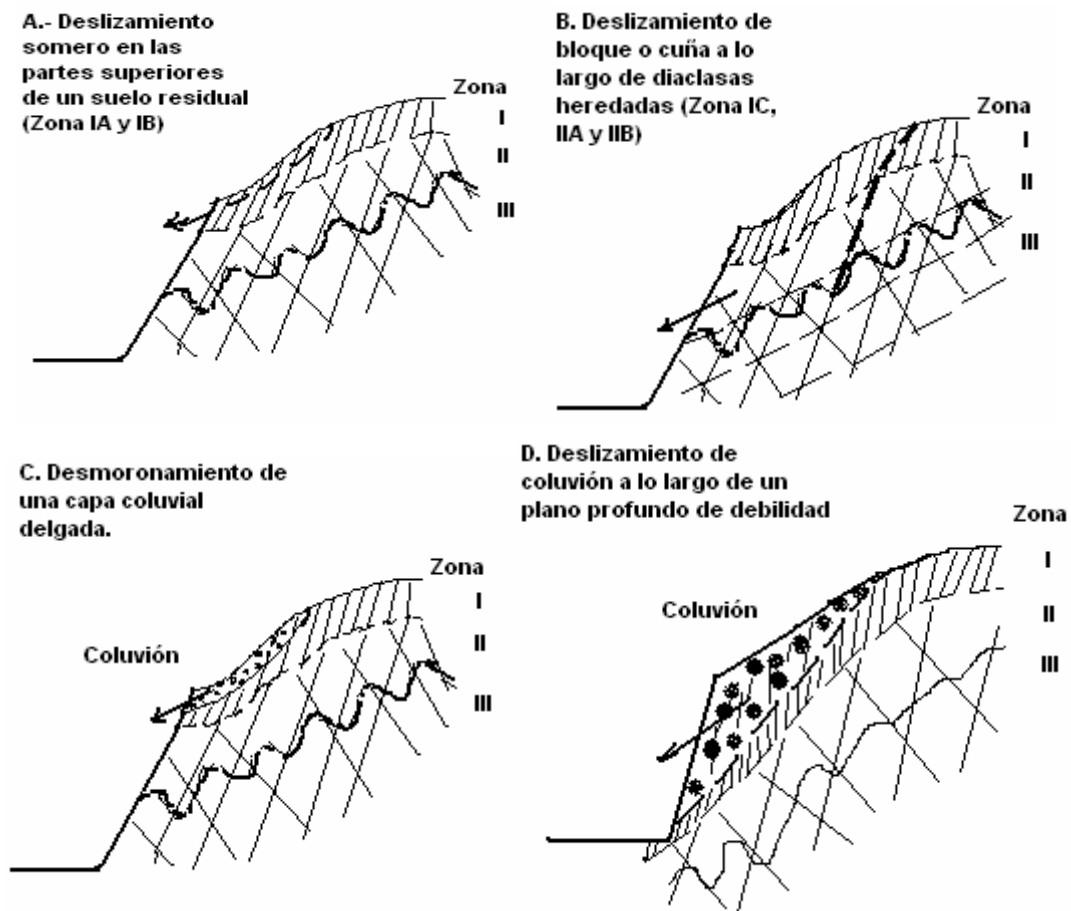


Fig.71: Tipos Comunes de deslizamientos en roca meteorizada, suelo residual y coluvión. Fuente: Deere y Patton (1971).

7.7.1.- *Deslizamiento somero en el suelo residual superior:* en la figura 71a se puede apreciar gráficamente como las capas superiores de suelo residual se deslizan sobre la roca meteorizada infrayacente. Habitualmente, se observa que las zonas IA y

IB es en donde se origina este deslizamiento, debido al aumento de presión de poros, que se hacen efectivos por debajo de estas capas en los períodos de intensa precipitación.

Este deslizamiento también se hace efectivo cuando hay cortes de ladera en pendientes altas, ocasionando una inestabilidad debido a que estas zonas están demasiados débiles y no se mantienen estables por las altas pendientes en que se encuentran.

Para los suelos residuales, este tipo de deslizamiento no suele pasar con frecuencia, pero estos consisten en un sifonaje o tubicación de la zona IC y IIA, en donde se origina una erosión regresiva del talud o se hace efectivo el deslizamiento por expansión o flujo de la arena. Los horizontes IA y IB se desploman y se incorporan al material que colapsa a medida que continúa la erosión subterránea de las capas intermedias del perfil de meteorización.

7.7.2.-Deslizamientos de bloque o cuña a lo largo de diaclasas heredadas: este deslizamiento se produce a causa de la ruptura de una superficie deslizante encontrada en la zona IC, IIA, IIB o II, (ver figura 71b). Es semejante a la ruptura en forma de cuña o bloque.

La superficie deslizamiento suele ser una diaclasa o falla o una estructura defectuosa que se presentaba en la roca parcialmente meteorizada o roca no meteorizada, es probable que esta falla se haga efectiva a una estructura heredada presentada en la zona saprolítica "IC".

Son deslizamientos que se presentan con gran volumen de material y su predicción es difícil de focalizar a causa de que este plano de debilidad no queda en descubierto hasta que el desplazamiento es efectivo. Sus causas son producto de una precipitación

intensa o cuando comienza la excavación del talud o cuando la presión de poro actúa en superficies potenciales de ruptura.

7.7.3.-Deslizamientos en el Coluvión: “Desmoronamiento de una capa delgada de coluvión”, se hace frecuente en coluviones con poca profundidad, siendo más permeable este material que las zonas IA y IB del perfil de meteorización. Asimismo pueden existir niveles freáticos suspendidos.

La existencia de estos niveles ocasiona reducción de la resistencia al corte de materiales infrayacentes y el origen de fuerzas de percolación adversas en el coluvión, en especial en la parte superior del corte. Este desplazamiento se hace efectivo en periodos de precipitación en donde ocurren numerosos desmoronamientos.

7.7.4.-Deslizamientos profundos: se presentan varios planos de debilidad, incluyendo el horizonte B del suelo residual infrayacente y cualquiera de los perfiles de suelo soterrados que se hayan desarrollado dentro del coluvión. Las condiciones de agua, estratificación y las disposición del coluvión y el suelo residual infrayacente tendrían que conocerse para evaluar la estabilidad del talud

7.8.- Propiedades y Características de los Suelos:

Para los suelos de grano grueso se tomaron los siguientes parámetros:

7.8.1.- Tamaño de las partículas: al reseñarse al tamaño de las partículas del suelo, es necesario referirse a los límites que demarcan cada tamaño, siendo este un criterio obvio para una clasificación descriptiva de los mismos.

Los criterios de clasificación fueron usados desde un principio en Mecánica de Suelos y antes de la etapa moderna de las ciencias. En un principio, el suelo se dividió en tres

o cuatro fracciones debido a lo engorroso de los procedimientos disponibles de separación por tamaños.

Para nuestro trabajo de campo se utilizó la siguiente clasificación:

- Bloques, con tamaños de grano mayor a los 10 cm., se caracterizan porque los granos son observables directamente. No tienen agua por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existentes entre partículas.
- Gravas, con tamaños de grano entre unos 8-10 cm. y 2mm., se caracterizan porque los granos son observables directamente. No tienen agua por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existentes entre partículas.
- Arenas, con partículas comprendidas entre 2 y 0,060 mm., todavía son observables a simple vista. Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separa de ella con facilidad.
- Limos, con partículas menores que 0,060 mm. (algunas normativas indican que este último debe ser 0,005 mm., pero no hay consecuencias prácticas entre ambas distinciones). Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Es importante mencionar que en campo si se forma una pasta agua –limo y si se coloca sobre la mano, al golpear con la mano se ve como el agua se exuda fácilmente.

7.8.2.- *Gradación*: se refiere a la homogeneidad o heterogeneidad en el tamaño de las partículas de los suelos, mientras más uniforme sea un suelo se clasificará como mal gradada, y si por el contrario el suelo lo constituyen partículas de diferentes tamaños, el suelo se definirá como bien gradado, el término intermedio de este concepto será “gradado”.

7.8.3.- *Forma de la partícula:* en las partículas de grano grueso la forma es equidimensional, o tres dimensiones, siendo el producto de acciones o agentes mecánicos desintegradores, con excepciones de ataques químicos a las partículas.

Según sea la intensidad y el agente mecánico, la forma de la partícula varía equidimensionalmente, considerándose los términos de: redondeada, subredondeada, angular y subangular.

La forma redondeada es prácticamente la esférica, mientras que la angulosa es la que presenta aristas y vértices agudos. Los términos de subangular y subredondeada se aplican a partículas encontradas entre lo redondeado a lo anguloso.

Lo subredondeado se aplica a formas en donde la presencia de las aristas es visible pobremente, adoptando formas casi redondeadas, mientras que la forma subangulosa son partículas con aristas visibles que en sus extremos han sido redondeados.

7.8.4.- *Estructura:* es el término que se aplica a la forma como se encuentran orientadas las partículas que conforman un suelo y a la variación lateral y vertical en el tamaño de las partículas.

Se puede dividir la estructura en homogénea, estratificada, laminada, fisurada y lenticular.

7.8.4.1.-*La estructura homogénea:* no presenta variación lateral y vertical distinguible, además las partículas que conforman dicho suelo no presentan una orientación preferencial.

7.8.4.2.-*Estratificada:* es una estructura no homogénea que se encuentra en bandas, con espesor considerable y con una orientación determinada.

7.8.4.3.-*Laminada*: es el arreglo de las partículas en bandas, siendo más delgada que la anterior “la estratificada”.

7.8.4.4.-*Lenticular*: es una estructura no homogénea en donde las partículas se acomodan en capas, pero entre las capas o dentro de ellas se presentan conjuntos de partículas con rasgos y formas diferentes, aunque sí se conserva la orientación de dichas partículas, estos cuerpos se asemejan a lentes.

7.8.4.5.-*Fisurada*: es un término que se le aplica a suelos con arreglo de partículas con una misma orientación, solo que se acomodan en conjunto dependiendo del tamaño de grano y con distintas acumulaciones.

7.8.5.- *Humedad*: la humedad es el término utilizado para describir la cantidad de agua que se presenta en un suelo, para esto se describen o puntualizan la siguiente clasificación: seco, húmedo, mojado y saturado.

Se refiere a suelo seco cuando éste no presenta evidencia alguna de la presencia de agua. Un suelo será húmedo cuando al tocarse físicamente, éste presenta cierta cantidad de agua, sin que se note visualmente.

Un suelo se define como mojado cuando en él se observa la presencia de agua físicamente en gotas, mientras que será un suelo saturado cuando por el cuerpo del suelo salga agua fluidamente.

7.8.6.- *Compacidad*: el término compacidad se refiere al grado de acomodo alcanzado por la partículas del suelo, dejando cierto grado de vacío entre ellas. La compacidad es densa, cuando las partículas que lo constituyen tienen un alto grado de acomodo y la capacidad de deformación bajo carga del conjunto será pequeña. Para los suelos de compacidad suelta el grado de acomodo es menor, habrá más espacios de vacíos y la capacidad de deformación será mayor.

7.8.7.- *Materia orgánica*: se refiere a la presencia de materia biodegradable (sea animal o vegetal) en el suelo, dentro del perfil de suelo. Para tal descripción se referirá de acuerdo a la presencia o ausencia de los mismos.

7.8.8.- *Olor*: los suelos orgánicos tienen por lo general un olor distintivo, que puede usarse para su identificación; el olor es particularmente intenso si el suelo está húmedo, y disminuye con la exposición al aire, aumentando, por el contrario, con el calentamiento de la muestra húmeda. En este caso se clasificará como orgánica o térrea.

7.8.9.- *Cohesión*: la cohesión de un suelo es el grado de unión que tienen las partículas y el grado de resistencia que ofrecen un conjunto de partículas de un suelo específico al ser separadas mediante mecanismos físicos. Los suelos se clasifican en cohesivos y no cohesivos.

7.8.10.- *Plasticidad*: en Mecánica de Suelos puede definirse “la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, con variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse”.

Para los suelos de grano fino se toman los siguientes parámetros físicos:

7.8.11.- *Dilatancia*: esta prueba se realiza sobre una muestra de suelo de dimensiones similares a una pastilla, se agrega agua necesaria para que el suelo adquiera una consistencia suave, pero no pegajosa, se agita alternativamente en la palma de la mano, golpeándola secamente contra la otra mano, manteniéndola apretada entre los dedos.

Un suelo fino, no plástico, adquiere con el tratamiento anterior, una apariencia de hígado, mostrando agua libre en su superficie, mientras que se le agita, en tanto que al

ser apretado entre los dedos, el agua superficial desaparece y la muestra se endurece, hasta que finalmente, empieza a desmoronarse como un material frágil, al aumentar la presión. Si el contenido de agua de la pastilla es el adecuado, un nuevo agitado hará que los fragmentos producto del desmoronamiento vuelvan a constituirse.

La velocidad con la que la pastilla cambia su consistencia y con la que el agua aparece y desaparece define la intensidad de la reacción e indica el carácter de los finos del suelo.

Para esta prueba se tomaron resultados tales como, ninguna, lenta y rápida.

7.8.12.- *Consistencia*: es la resistencia que ejerce una muestra de suelo al practicar sobre esta una presión que la pueda moldear, desmoronar o hundirla en sitio en donde se encuentra, es una prueba in situ. A continuación se presenta un cuadro de la manera como se puede realizar esta prueba, cuadro 29:

Cuadro 29: Clasificación de la Consistencia, tomado de González de Vallejo (2004).

Consistencia	Resistencia a la Compresión Simple (Kg./cm ²)	Ensayo de Identificación en Campo
Muy Blanda	0-0,25	Se escurre entre los dedos al cerrar la mano
Blanda	0,25-0,50	Se moldea fácilmente con los dedos
Firme	0,5-1,0	Se moldea con una fuerte presión en los dedos
Consistente	1,0-1,5	Se hunde con una fuerte presión en los dedos
Muy Consistente	1,5-2,0	Se hunde ligeramente con una fuerte presión de los dedos
Dura	>2,0	Se hunde ligeramente con la punta de un lápiz

7.8.13.- *Resistencia a la compresión en suelos y rocas*: la resistencia a la compresión simple o resistencia uniaxial es el máximo esfuerzo que soporta la muestra roca o suelo, sometida a compresión uniaxial, los índices de campo permiten

una aproximación inicial al valor de la resistencia de la roca. Sus criterios aparecen descritos en el siguiente cuadro 30:

Cuadro 30: muestra la resistencia de los suelos y las rocas, tomado de González de Vallejo (2002).

Clase	Descripción	Identificación de Campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (Mpa)
S ₁	Arcilla muy blanda	El puno penetra fácilmente varios cm.	<0,025
S ₂	Arcilla Débil	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0,025-0,05
S ₃	Arcilla Firme	Se necesita una pequeña presión para iniciar el dedo.	0,05-0,1
S ₄	Arcilla Rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,1-0,25
S ₅	Arcilla Muy Rígida	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25-0,5
S ₆	Arcilla Dura	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	>0,5

La resistencia a la compresión simple es la propiedad más frecuentemente medida en las rocas y/o suelos y en base a su valor se establecen clasificaciones y se toman decisiones en el área de la geotecnia.

7.8.14.- *Sistema Unificado de clasificación de suelos*: este sistema cubre la clasificación de los suelos gruesos y los finos, distinguiéndose ambas por el tamizado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas. Ver cuadro 31.

A continuación se describirán los diferentes grupos referentes a suelos gruesos:

7.8.14.1.- *Suelos gruesos*: el símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son iniciales de los nombres ingleses de los suelos típicos de ese grupo. El significado se especifica abajo:

- a).- Gravas y suelos en que predominen éstas. Símbolo genérico *G* (*gravel*).
- b).- Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico *S* (*sand*).

Las arenas y gravas se separan con la malla N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico *G*, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla N° 4, y es del grupo genérico *S*, en caso contrario.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

- a).- Material prácticamente limpio de finos, bien gradado. Símbolo *W* (*well graded*). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos *GW* y *SW*.
- b).- Material prácticamente limpio de finos, mal gradado. Símbolo *P* (*poorly graded*). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos *GP* y *SP*.
- c).- Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo *M* (del sueco *mo* y *mjala*). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos *GM* y *SM*.
- d).- Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo *C* (*clay*). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos *GC* y *SC*.

7.8.14.2.- *Suelos finos*: en este caso el sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y dando lugar a las siguientes divisiones:

- a).- Limos inorgánicos, de símbolo genérico *M* (del sueco *mo* y *mjala*).
- b).- Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico *C* (*clay*).
- c).- Limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico *O* (*organic*).

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdivide, según su límite líquido, en dos grupos. Si éste es menor de 50%, es decir si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade el símbolo genérico la letra *L* (*low compressibility*). Obteniéndose por esta combinación los grupos *ML*, *CL* y *OL*. Los suelos finos con límite líquido mayor de 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra *H* (*high compressibility*), teniéndose así los grupos *MH*, *CH* y *OH*.

Ha de notarse que las letras *L* y *H* no se refieren a baja o alta plasticidad, pues ésta propiedad del suelo, como se ha dicho, ha de expresarse en función de dos parámetros (Límite Líquido e Índice Plástico), mientras que en el caso actual sólo el valor del límite líquido interviene. Por otra parte, ya se hizo notar que la compresibilidad de un suelo es una función directa del límite líquido, de modo que un suelo es más compresible a mayor límite líquido.

Es preciso tener en cuenta que el término compresibilidad tal como aquí se trata, se refiere a la pendiente del tramo virgen de la curva de compresibilidad y no a la condición actual del suelo inalterado, pues esto puede estar seco parcialmente o preconsolidado.

Los suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos, tales como turbas y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente de símbolo *Pt* (del inglés *peat*; turba).

El sistema unificado de clasificación introdujo una modificación en la carta de plasticidad y se refiere a los suelos arriba de la línea A con índice comprendido entre 4 y 7.

7.8.15.- Identificación de los suelos (en campo): la identificación de un suelo es de vital importancia en la ingeniería; identificar un suelo es encerrarlo dentro de un sistema establecido. La clasificación del sistema unificado de suelo permite establecer criterios para la identificación en campo, es decir, en aquellos casos en donde no se disponga con el equipo para efectuarle las pruebas necesarias para su clasificación estricta.

7.8.15.1.- Identificación de campo de los suelos gruesos: la clasificación de los suelos gruesos se hace visualmente, considerándose a las partículas equivalentes o mayores de ½ cm. como gruesas, ya que es a esta medida que se asemeja la malla N° 4, utilizado para separar las gravas de las arenas, mientras que para las de grano fino deben considerarse correspondientes a la malla N° 200 y son las que aproximadamente las más pequeñas que pueden distinguirse a simple vista.

Para visualizar o identificar la gradación, se requiere de bastante experiencia, se puede suponer por la comparación y similitud de la gradación estimada a otras muestras en un laboratorio, clasificándose en mal gradado o bien gradado (como se vio en la sección 7.8.2).

Para identificar y cuantificar la fracción fina se debe utilizar la malla correspondiente a la N° 40, sino se dispone de esta el tamizado puede hacerse por una separación manual equivalente.

7.8.15.2.- *Identificación en campo de suelos finos:* las principales bases de criterio para identificar suelos finos en el campo, son la investigación de las características de dilatancia, de tenacidad y de resistencia en estado seco. El color y el olor del suelo pueden ayudar, especialmente en suelos orgánicos. Esto se realiza a una muestra de suelo de fracción fina que se obtiene por los métodos descritos en la sección 7.8.15.1.

La dilatancia se trató en la sección 7.8.11, la resistencia al estado seco se trató en la sección 7.8.13 y el olor se trata en la sección 7.8.8, el color del suelo es un dato para diferenciar las diversas capas que constituyen el suelo y para identificar tipos de suelo. Hay diversos criterios relativos al color, si un suelo presenta coloraciones negras este es indicativo de estar formado por materia orgánica, mientras si el color es brillante es de suelos inorgánicos.

La tenacidad es la medida como una muestra pasa de consistencia suave a un estado de rigidez o en su defecto pasa al límite plástico, al sobrepasar este estado plástico se toma la muestra hasta desmoronarse finalmente.

Según el contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por Atterberg:

- a).- Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
- b).- Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
- c).- Estado plástico, en el que suelo se comporta plásticamente.
- d).- Estado semisólido, en el que el suelo presenta una apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- e).- Estado sólido, en el que el volumen del suelo no varía con el secado.

Lo anteriormente descrito, son fases por las que pasa un suelo al irse secando y no existen criterios exactos para distinguir sus fronteras. Las fronteras convencionales fueron denominadas por Atterberg como límites de consistencia de un suelo o “Límites de Atterberg”.

7.9.2.-*Límite líquido*: la frontera entre los estados semilíquido y plástico fue denominada por Atterberg como “*Límite Líquido*”. Dicha definición se hace por medio de técnicas de laboratorio, la cual consiste en colocar el suelo remoldeado en una cápsula “Cuchara de Casagrande”, formando en el una ranura y en hacer cerrar la ranura golpeando secamente la cápsula contra una superficie dura; el suelo tenía el contenido de agua correspondiente al límite líquido, según Atterberg.

7.9.3.-*Límite plástico*: se define como el indicador de contenido de agua para el cual tiene una cierta consistencia, siendo la frontera convencional entre los estados plástico y semisólido, esta definición se da en términos de una manipulación de laboratorio. Dicho ensayo se realizaba cuando un fragmento de suelo se moldea hasta convertirlo en un cilindro de espesor de 3 mm. y longitud 25-30 mm.; el agrietamiento y desmoronamiento del rollito, en un cierto momento, en donde los

elipsoides se cuarteán en fracciones de unos 6 mm., esto indicaba que se había alcanzado el límite plástico y el contenido de agua en tal momento es la frontera deseada.

A las fronteras anteriores, que definen el intervalo plástico del suelo se les ha llamado *límites de plasticidad*.

7.9.4.-*Índice de plasticidad*: es la diferencia entre límite líquido y el límite plástico y representa el intervalo de humedades para pasar del estado semisólido al semilíquido.

7.9.5.-*Carta de plasticidad*: es la clasificación de los suelos de grano fino por medio de la representación gráfica mediante la relación del límite líquido con el índice de plasticidad que existe entre grupos de suelos con similares características.

El principal uso de la carta de plasticidad está en situar en ella un suelo desconocido, por medio de cálculos de los dos parámetros que definen la plasticidad; la colocación del suelo en uno de los grupos definidos indicará que participa del conjunto de propiedades mecánicas e hidráulicas características de ese grupo.

Los suelos finos no adoptan una distribución caprichosa, sino que se agrupan de un modo específico, de manera que en cada zona de la carta se sitúan suelos con características de plasticidad y propiedades mecánicas e hidráulicas cualitativamente definidas.

Los suelos cuyas partículas finas exhiben mayores características de plasticidad se sitúan en las zonas bajas, fijándose una línea que pasa por los puntos de coordenadas (0,20) y (50,22) y es comúnmente conocida como línea A. Esta línea y la vertical trazada por el punto (0,50), dividen a la gráfica en 4 zonas consideradas en el sistema unificado de clasificación de suelos.

En las zonas que quedan sobre la Línea A se sitúan las arcillas inorgánicas; estas arcillas se simbolizan genéricamente con la letra C. Por debajo de la Línea A quedan colocado los suelos inorgánicos que se consideran limos, con simbología genérico M; también caen bajo la Línea A los suelos finos con apreciable contenido de materia orgánica; para estos se usa el símbolo O.

En todos estos grupos se distinguen los suelos de alta compresibilidad de los de media o baja; para los primeros de añade al símbolo genérico la letra H, en los segundos la L. Así resultan los 6 grupos que aparecen situados en sus respectivas zonas de la figura 7.9.5.

7.9.6.-Análisis granulométrico: es la forma de cuantificar la proporción de cada material. Este ensayo se lleva a cabo mediante de una muestra representativa de suelo. Esta muestra se pasa por un conjunto de tamices (cuyos tamaños suelen disminuir a razón de 2) agitando el conjunto. Después se pesa lo retenido por cada tamiz, conocido el peso inicial de la muestra puesta a prueba se determina el porcentaje de cada fracción retenido por dicho tamiz.

$$C_j = \frac{\sum_{i=j+1}^{n+1} P_i}{P} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$P = \sum_{i=1}^{n+1} P_i \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

P : Peso seco total de la muestra.

P_i : Peso retenido por el tamiz de diámetro D .

C_j : porcentaje del material.

P_{n+1} : Peso retenido por la base ciega que se pone por debajo de la columna de tamicez.

Con estos valores se puede representar una curva granulométrica de un suelo, que relaciona C_j con $\lg D_j$.

7.9.7.-Porcentaje de humedad: porcentaje de humedad es la relación entre el peso del agua que contiene la muestra y el peso de sus sólidos, a determinar por secado en estufa.

CAPÍTULO VIII***PENDIENTES****8.1.-Aspectos Generales:*

La pendiente es una de las características que distingue los relieves naturales y artificiales, asimismo constituyen uno de los factores condicionantes en la susceptibilidad de la zona de estudio.

La susceptibilidad, por el grado de inclinación de las laderas y taludes, se ve influenciada directamente la resistencia del material litológico. De acuerdo con el factor pendiente en la estabilidad del relieve, en ocasiones se presenta una errada visión por conjeturas como: “A mayor grado de inclinación mayor serán los movimientos de masas”. Estas ideas son altamente contrastantes en algunos de los espacios modificados por el hombre.

Por lo tanto, la respuesta del material litológico a los agentes de meteorización y la pendiente como la manera de exponer la superficie de la roca, están altamente vinculados en los parámetros para el diseño de la geometría del talud.

Para el diseño de taludes es importante tener una visión amplia sobre los factores que influirán en la estabilidad o no de dicha estructura, es importante acotar que los comportamientos o inestabilidades en taludes y laderas, representados por los movimientos en masa, suelen entenderse como los reajustes del terreno para conseguir el equilibrio ante un cambio de condiciones, adoptando pendientes naturales cercanas al equilibrio.

8.2.- Concepto de Pendiente y Características de la Concavidad:

La pendiente se define como el grado de inclinación que tiene una recta o superficie plana con respecto a un plano horizontal y su rango de valores va desde los cero grados (0°) hasta los noventa grados (90°), por esta razón se tiene las siguientes proposiciones:

- Las rectas o superficies horizontales tienen pendiente nula o de cero grados (0°).
- Las rectas o superficies verticales no tienen pendiente definida, en su defecto es de noventa grados (90°).

Además, para la descripción de la pendiente se añade el término de concavidad que suele tener la superficie de inclinación. La concavidad se puede dividirse como cóncava hacia arriba y cóncava hacia abajo, su definición se presenta de forma gráfica en la figura 72:

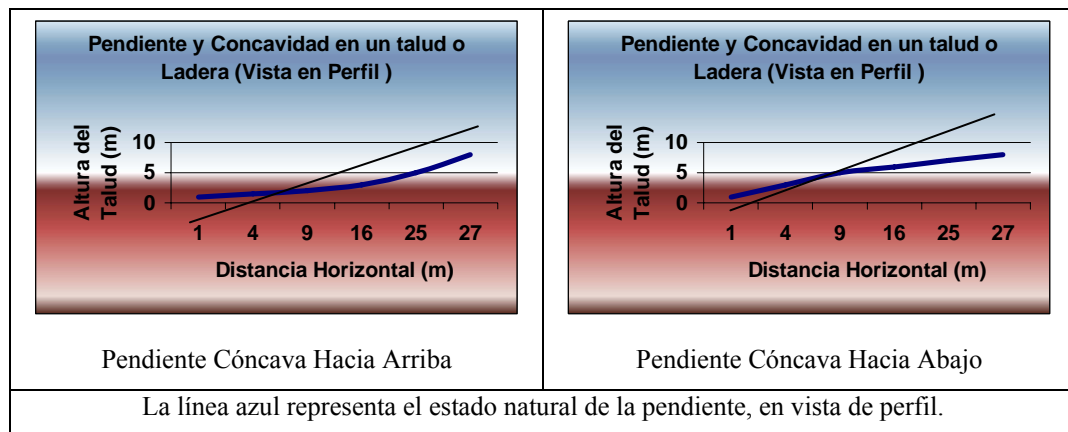


Fig. 72: Pendientes y la concavidad de un talud o ladera, la línea azul es la superficie del terreno, mientras que la negra es la pendiente del talud o ladera.

En la naturaleza, es posible apreciar la combinación de estas dos formas de concavidad, esto se puede observar en la siguiente figura 73:

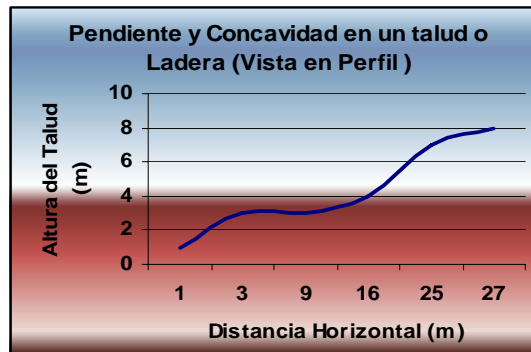


Fig. 73: Las dos formas de concavidad y la variación de las pendientes en la ladera/talud en diferentes alturas, la línea azul es la pendiente natural del talud en perfil.

8.3.-Grado y longitud de la Pendiente:

El grado de la pendiente se define como la diferencia de altura que hay entre dos puntos y se suele expresar en porcentaje de la distancia horizontal o a nivel que los separa. Para conveniencia a nuestro trabajo, se tomará la medida en grados ($^{\circ}$).

La longitud de la pendiente es la longitud de superficie existente entre el punto de mínima altura, proyectado con cierto ángulo, al de máxima altura.

El ángulo de inclinación de un talud, se puede calcular según la figura 74 que se muestra a continuación:

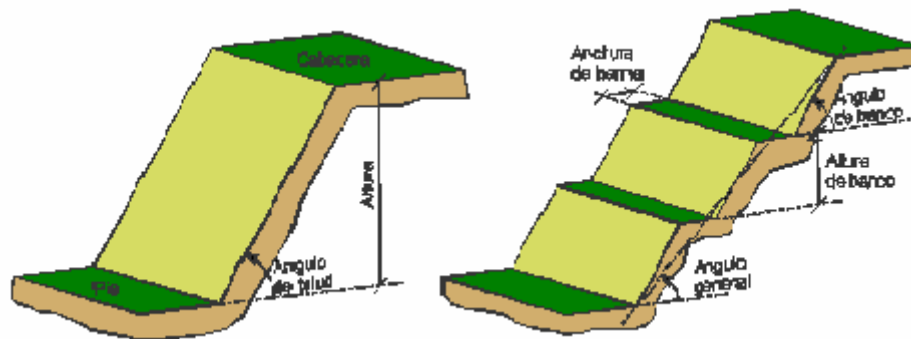


Fig. 74: La pendiente o ángulo del talud, para taludes uniformes (izquierda) o de forma escalonada con bermas y bancos (derecha). Modificado de González de Vallejo (2002).

De la figura 74 se puede deducir que:

El ángulo del Talud es igual al arcotangente del factor que hay de la base del talud entre la altura del talud, o en su defecto, el arcoseno del factor existente entre la altura dividido entre la longitud de la pendiente. Las siguientes fórmulas presentan estas relaciones matemáticas.

$$\alpha = \text{Arctg} \left(\frac{\text{Base del talud}}{\text{altura del talud}} \right) \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\alpha = \text{Arcsen} \left(\frac{\text{altura del talud}}{\text{Longitud de la pendiente}} \right) \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde α es el ángulo del talud.

A diferencia de la concavidad que es una característica de percepción visual, la pendiente de un talud debe ser calculado por métodos instrumentales, un método muy convencional utilizado en campo es por medio de la brújula de Brunton.

8.4.-Clasificación de la Pendiente por su Ángulo:

Para catalogar el universo de pendientes, estas se dividen para nuestro trabajo en 6 grupos, siendo necesario recordar que en ocasiones las pendientes del talud o laderas podrían variar su ángulo dentro de la longitud de la pendiente, por tal razón si las variantes en ángulo no exceden el 15°, se tomará el promedio de estas.

A continuación se definen los 6 grupos con la figura 75:

<5°	5°-12°	12°-18°	18°-33°	33°-45°	>45°
-----	--------	---------	---------	---------	------

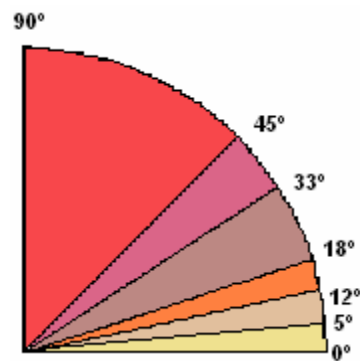


Fig. 75: Clasificación de los rangos de pendientes para los taludes.

A continuación se representan de manera ejemplificada la clasificación de las laderas de acuerdo a su pendiente, en la figura 76:

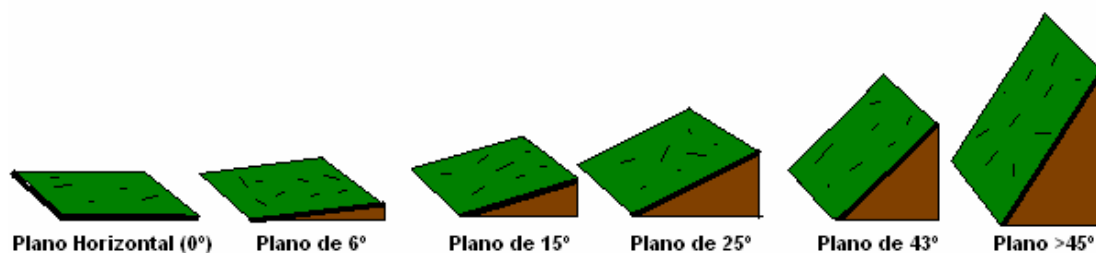


Fig. 76: Representación de relieves con diferentes pendientes.

8.5.-Aspectos Relacionados con la Susceptibilidad:




En el capítulo II se define la manera como se vincula la pendiente dentro del mapa de susceptibilidad, mientras que en esta sub-unidad se tratará de reflexionar sobre algunos aspectos relacionados con los factores detonantes y los condicionantes.

Ciertamente la geometría y dimensiones del talud o las laderas se pueden relacionar con el grado de infiltración que podría suscitarse en la cara del talud, asimismo la influencia de la longitud de la pendiente.

“La longitud de la pendiente influye en la velocidad, energía y volumen del agua de escorrentía, lo cual aumenta su poder erosivo a medida que aumenta la longitud. Ya que la inclinación de un terreno no se puede variar fácilmente”, Henao (1998).

En el cuadro 32 se muestra el estado físico del talud con pendientes y longitud del talud desiguales, la afirmación del párrafo anterior:

Cuadro 32: Estado físico de los taludes con desiguales geometrías, T2-1 (izquierda), T5-1 (centro) y T26-1 (derecha).

Talud			
	T2-1	T5-1	T26-1
Dimensión	Longitud del talud 15m. Altura: 10,30m. Pendiente: 69 (0-5m.) 21 (5-8m.) 89(>8m.)	Longitud del Talud 6m. Altura: 5,14m. Pendiente: 59°	Longitud del Talud 21,59m. Altura: 19,57m. Pendiente: 65° Altura de Berma:8,54m

Obsérvese la erosión que presenta el T2-1 (izquierda), el T5-1 (centro) y T26-1, con diferentes dimensiones físicas y mismo material.

Por último, Henao en (1998, p 197-198) menciona que: “Smith y Wischmeier, estudiaron la relación entre la longitud de la pendiente y la velocidad, la energía del agua de escorrentía y la pérdida de suelo. De sus ensayos dedujeron que al aumentar cuatro veces la longitud de la pendiente, se duplica la velocidad del agua, su fuerza erosiva aumenta cuatro veces, y la cantidad de material arrastrado aumenta treinta y dos veces. Por el contrario, si se corta una pendiente en cuatro, disminuye la erosión treinta y dos veces”.

8.6.-Condiciones de las Pendientes en la Zona de Estudio:

La pendiente esta ligada a procesos de remoción en masa, es especial cuando el material que representa la roca es lutítico, limolítico o arenisca de grano fino. Para este tipo de litología, se presentaba vulnerable cuando se exponía en pendientes que oscilaban entre los 0° a 70°, ya sea ladera o talud. Los procesos tendían a ser hídricos, caída de roca (cuando el material blando socavaba la base de una capa competente), flujo de suelo o roca, o posiblemente deslizamientos rotacionales y translacionales.

Para los conglomerados, representados por la Fm. Carvajal, eran usuales las caídas de cantos. Esta disposición estratigráfica tendía a ser casi horizontal, estando en condiciones estables, establecido en el capítulo V.

En las rocas metamórficas, las pendientes oscilaban entre los 45°-70°, siendo generalmente estables, la inestabilidad de estas se debía a aguas subterráneas que alteraban las condiciones físicas de la roca y suelo.

En general, el factor pendiente no condiciona la inestabilidad de la roca y se visualiza como un elemento de segundo orden en nuestro estudio.

RESULTADOS

El siguiente cuadro 42, muestra para cada unidad de trabajo la influencia de los factores para la susceptibilidad de la zona de estudio, estos resultados de cada factor se cartografiaron en los siguientes anexos: anexo 1 (factor pendiente), anexo 2 (factor vegetación) y anexo 3 (factor cinemático). Los cuadros del 43 hasta 105, describen algunas propiedades de las rocas para cada punto estudiado en campo.

Cuadro 42: Resultado descriptivo de los factores condicionantes para la susceptibilidad en el Eje Vial y Local 1.

Cuadro. . Representación esquemática de las unidades de trabajo con los resultados de Susceptibilidad								
Estación de trabajo	Coordenadas		Unidad Informal y tipo de roca	Datos ponderados (metodología)				Susceptibilidad
	Este	Norte		Pendiente	Factor litológico	Vegetación	Análisis cinemático	
L1-2-3	333980	1039635	UALL	15	25	15	15	75 (alta)
L2-2-4	333424	1039566	UALL	20	18	10	15	63 (alta)
L3-2-25	338917	1041682	UC	20	35	10	25	90 (muy alta)
T1-2-1	339844	1042251	UF	20	17	10	15	62 (alta)
T12-2-18	327081	1038950	UCL	20	15	10	15	60 (media)
T17-2-24	324595	1034656	UALL	20	15	10	15	60 (media)
T19-2-28	339392	1042262	UF	20	25	5	25	75 (alta)
T20-2-29	333711	1040611	UCL	20	26	10	10	66 (alta)
T2-2-2	334251	1039814	UALL	20	18	10	10	58 (media)
T6-2-8	329321	1039564	UCL	20	25	10	10	65 (alta)
T8-2-10	329226	1039280	UCL	20	14	10	15	59 (media)
T3-2-5	330217	1040307	UCL	20	14	20	15	69 (alta)
T4-2-6	330138	1040290	UCL	20	25	20	15	80 (alta)
T5-2-7	329805	1040135	UCL	20	14	20	15	69 (alta)
T7-2-9	329258	1039439	UCL	20	25	10	15	70 (alta)
LaL2-2-4	337800	1042000	UF	20	25	0	15	60 (media)
L1a-2-1	339082	1042258	UF	20	20	0	10	50 (media)
L1b-2-1	339250	1042200	UF	20	20	5	10	55 (media)
L1c-2-1	338890	1042359	UF	20	20	15	15	70 (alta)
L1d-2-1	338677	1040259	UF	20	20	0	15	55 (media)
L1e-2-25	336750	1040500	UALL	20	20	10	10	60 (media)
L1f-2-25	336250	1040350	UALL	15	20	5	10	50 (media)
L3a-2-25	339500	1041600	UF	20	20	0	10	50 (media)
L3b-2-25	339150	1041619	UF	20	20	0	10	50 (media)
L3c-2-25	338850	1041700	UF	15	20	0	10	5 (media a baja)
L3d-2-25	337000	1040550	UF	20	20	10	10	60 (media)
laT2-2-2	333750	1039990	UALL	20	20	10	10	60 (media)
LaL1-2-2	330255	1040300	UCL	20	17	10	15	62 (alta)
L1aT3-2-5	330200	1040500	UCL	20	17	15	15	67 (alta)
L10-1-10a	330250	1040250	UCL	15	19	5	10	49,5 (media)
L19-1-19a	327550	1038900	UCL	15	16	5	10	46 (media)
L20-1-20a	326700	1038900	UALL	15	19,5	15	15	64,5 (alta)
L20-1-20b	327750	1038600	UALL	13	19,5	5	10	44,5 (media)
L20-1-20c	326450	1038450	UALL	13	16	5	15	49 (media)
L20-1-20d	326400	1038050	UALL	15	16	0	10	41 (media)
L20-1-20e	326750	1037800	UALL	15	16	0	10	41 (media)
L2-1-2a	334750	1039800	UALL	15	25	0	10	50 (media)
L2-1-2b	335250	1039950	UALL	15	19,5	5	10	49,5 (media)
L29-1-29	336750	1040250	UCL	15	24,5	15	15	69,5 (alta)
L4-1-4a	334250	1039550	UALL	15	16	10	10	51 (media)
L6-1-6a	332250	1040000	UT y UALL	20	11	5	10	46 (media)
L6-1-6b	331750	1040100	UT y UALL	20	11	5	15	51 (media)
L6-1-6c	332100	1040400	UT y UALL	15	6	5	15	41 (media)
L8-1-8a	330900	1040250	UCL y UT	20	14,5	5	25	64,5 (alta)
L8-1-8b	330600	1040100	UCL y UT	20	9,5	5	0	34,5 (baja)
L9-1-9a	330150	1040400	UCL	15	24,5	20	10	69,5 (alta)
T10-1-10	330250	1040400	UCL	20	11,5	20	0	51,5 (media)
T11-1-11	330400	1040400	UCL	20	16,1	20	10	66,1 (alta)
T12-1-12	329150	1039200	UCL	20	15,1	20	10	65,1 (alta)
T19/18/17-1-18	328100	1039150	UCL	20	8,6	20	10	58,6 (media)
T20-1-20	327150	1038800	UCL	20	15,05	20	15	70,05 (alta)
T2-1-2	334400	1039900	UALL	15	27	20	10	72 (alta)
T24-1-24	324300	1033150	UT y UALL	20	26,75	20	15	81,75 (muy alta)
T25-1-25	324150	1033150	UT y UALL	20	16,9	20	15	71,9 (alta)
T26-1-26	324150	1033100	UT y UALL	20	16,1	20	15	71,1 (alta)
T3-1-3	334400	1039650	UALL	20	25,8	20	25	90,8 (muy alta)
T33-1-33	332750	1040500	UC y UALL	20	19	20	25	84 (muy alta)
L33-1-33	333000	1040500	UC y UALL	20	19	15	25	79 (alta)
T4-1-4	334100	1039550	UALL	15	35	20	25	95 (muy alta)
T5-1-5	333900	1039450	UALL	20	32,5	20	25	98,5 (muy alta)
T6-1-6	332000	1040100	UT y UALL	20	21	20	15	76 (alta)
T7-1-7	332000	1040070	UT y UALL	20	21	20	10	71 (alta)
T8-1-8	330800	1040400	UCL y UT	20	13,1	20	15	68,5 (alta)
T9-1-9	330600	1040400	UCL	20	15,2	20	15	70,2 (alta)
T21/22/23/30-1-27	324250	1033500	UT	20	5	20	0	45 (media)

Cuadro 43. Estación de trabajo L1-2-3.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación	Diaclasas		Ladera			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φr	Grado estabilidad φ(°) Y C	promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
L1-2-3 Roca:Arenisca	sistema 1	sistema 2	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N5E65N	N10W40S	N55E35S	16	300	N15W25N	36	36	40	24	Inestable Clase IV	15° a 25° con c=1a2Kg/cm2	27° con C= 1 Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m											
Frecuencia RMR(89)	03:01	02:01											
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,08											
Abertura (mm) RMR(89)	10	15											
Relleno RMR(89)	Limo arcill	Limo arcill											
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa											
Disposición estrato frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca blanda (R2)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)												
Agua subterránea RMR(89)	Húmedo												
Marco Geotécnico													
<p>◆ Estratificación ■ Diaclasa 1 ■ Diaclasa 2 + Talud + Angulo fricción 24</p>													
Análisis Cinemático													
<p>La disposición del talud frente a las diaclasas resulta desfavorable, originando Caída de bloques Se presenta factibilidad de fallamiento entre estratificación y talud</p>													

Cuadro 44: Estación de trabajo L2-2-4.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca															
Estación L2-2-4 Roca:Arenisca	Diaclasas		Ladera				Foliación/ Estratificaci	ϕ_r	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad $\phi(^{\circ})$ y C	promedio $\phi(^{\circ})$ Y C	promedio $\phi(^{\circ})$ Y C	GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendent	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)										
VARIABLES															
Orientación	N10W75N	N35E45N													
Persistencia(m) RMR(89)	1	12	N80W55S	24	789	N40E40N	29	45	45	50	Normal	30° con C = 2a 3 Kg/cm2			
Frecuencia RMR(89)	02:01	04:01													
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,25													
Abertura (mm) RMR(89)	<1	<1													
Relleno RMR(89)	limo arcill.	Limo arcill.													
Rugosidad RMR(89)	escalonada lisa	escalonada lisa													
Disposición foliación frente al Talud	Favorable														
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda (R2)														
Meteorización ISRM(77)	Altamente Meteorizado(HW)														
Agua subterránea RMR(89)	Húmedo														
Modelo geotécnico															
Análisis Cinemático															
<p>Se presenta caída de bloques por las orientaciones del talud y la diclasi D1,también se observa cierta condición de este fallamiento entre D2 y talud</p>															

Cuadro 45. Estación de trabajo T1-2-1.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación T1-2-1 Roca:Filita	Diaclasas			Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)							
VARIABLES													
Orientación	N35W80S	N30E15N	N70W43N										
Persistencia(m) RMR(89)	1,3	0,5	1,5	N82W 80S	28	58	N75E 80S	40	42	35	Estabilidad Normal	$\phi=22$ con C= 3kg/cm2	$\phi=27$ con C= 2kg/cm2
Frecuencia RMR(89)	5:1.	3:1.	10:1.										
Separación (m) RMR(89)	20	0,25	0,3										
Abertura (mm) RMR(89)	1	< 1	< 1										
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso	arcilloso										
Rugosidad RMR(89)	escalonada pulida	escalonada pulida	escalonada pulida										
Disposición foliación frente al Talud	Condicion normal												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca blanda media												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizado												
Agua subterránea RMR(89)	húmeda por infiltración												
Modelo Geotécnico													
Análisis cinemático													
se presenta la posibilidad de fallamiento en cuña entre los planos: foliación y la diaclasa 1													

Cuadro 46: Estación de trabajo T2-2-2.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación T2-2-2 Roca:Limolita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φr	Grado estabilidad φ(°) y C	promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
VARIABLES	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
Orientación	N22W70N	N15E50S	N56E47S	14	152	N15E27N	45	48	35	28	Estabilidad Media	φ=22 con C= 3kg/cm2	φ=27 con C= 2kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	1	5											
Frecuencia RMR(89)	04:01	02:01											
Separación (m) RMR(89)	1	0,5											
Abertura (mm) RMR(89)	1	150											
Relleno RMR(89)	areno arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	Escalonada lisa	Escalonada lisa											
Disposición foliación frente al Talud	favorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca de resistencia media												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizado												
Agua subterránea RMR(89)	húmeda por infiltración												
Modelo Geotécnico													
Análisis Cinemático													
<p>Se presenta la condición de fallamiento en cuña , entre la diaclasa D1 y D2</p>													

Cuadro 47: Estación de trabajo T3-2-5.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación T3-2-5 Roca:Lutita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φr	Grado estabilidad φ(°) y C	promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
VARIABLES	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
Orientación	N68E50N	N8E65S	N66E67S	24	189	N69W12N	57	62	45	19°	Estable	30° con C = 2 a 3 Kg/cm2	45° con φ = 30°
Persistencia(m) RMR(89)	0.5	1.4											
Frecuencia RMR(89)	08:01	02:01											
Separación (m) RMR(89)	0.5	0.4											
Abertura (mm) RMR(89)	10	8											
Relleno RMR(89)	Arenoso	arenoso											
Rugosidad RMR(89)	Escalonada lisa	Escalonada Lisa											
Disposición estrato frente al Talud	Favorable respecto a la estratificación												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca blanda (R2)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente alterado												
Agua subterránea RMR(89)	seco												
Modelo Geotécnico													
<p>◆ Estratificación + Talud ■ Diaclasa 1 ■ Diaclasa 2 + Angulo fricción 19°</p>													
Análisis de resultados													
<p>Se presenta fallamiento en cuña entre las diaclasas D1 y D2, también fallamiento planar entre D1 con respecto al talud, se presentan surcos a frecuencia de 8:1, evolucionando a carcavas</p>													

Cuadro 48: Estación de trabajo T4-2-6.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación T4-2-6 Roca:Limolita	Diaclasas				Talud		Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	Grado de estabilidad ϕ (°) y C	promedio RMR	ϕ (°) Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	4sistema	Rumbo y Pendiente	Altura Longitud (L)(m)							
VARIABLES													
Orientación	N40E80S	N70W78S	N15E80S	N45W55N									
Persistencia(m) RMR(89)	5.	12	10	3									
Frecuencia RMR(89)	4:1.	10:01	5:1.	10:01									
Separación (m) RMR(89)	0,3	0,6	0,1	0,5									
Abertura (mm) RMR(89)	1	3	menor 1	2									
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso	arcilloso	arcilloso									
Rugosidad RMR(89)	Escalona da pulida	Escalona a pulida	Escalona da pulida	Escalona da pulida	N65E68N	18							
Disposicion estrato frente al Talud	Favorable					100							
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda (R2)						N68W16N	38	38	35			
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada (HW)									30			
Agua subterránea RMR(89)	seco (W1)									Inestable Clase IV			
										15° a 25° con c=1a2Kg/cm2			
										27° con C= 1 Kg/cm2			

Modelo Geotécnico

Análisis Cinemático
<p>Se presenta fallamiento en cuña entre la diaclasa D2 y la D4, de igual manera se presenta la condición de fallamiento planar entre la D3 y D4</p>

Cuadro 49: Estación de trabajo T5-2-7.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca												
Estación	Diaclasas		Talud									
T5-2-7 Roca:Limolita	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)	Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	ϕ_r	Grado estabilidad $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI
VARIABLES												
Orientación	N55W85S	N20E3S										
Persistencia(m) RMR(89)	8.	50.										
Frecuencia RMR(89)	5:1.	10:01										
Separación (m) RMR(89)	0,3	0,2										
Abertura (mm) RMR(89)	25	20										
Relleno RMR(89)	S/R	S/R										
Rugosidad RMR(89)	ondulada Lisa	Ondulada Lisa										
Disposición estrato frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda (R1)											
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizado (HW)											
Agua subterránea RMR(89)	Seco (w1)											
Modelo Geotécnico												
<p> 0 Talud Estratificación Diaclasa 1 Diaclasa 2 Angulo de fricción 25° </p>												
Análisis Cinemático												
No se aprecia aparentemente cinemática asociada al sistema de planos estudiados, sin embargo, en campo se reporta caída de bloques a partir de D1												

Cuadro 50: Estación de trabajo T6-2-8.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca												
Estación T6-2-8 Roca:Arenisca(grano grueso)	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	φ(°) y C promedio RMR	φ(°) y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m) Longitud (L)(m)							
VARIABLES												
Orientación	N70E73S	N40W72N	N42W40N	N35E65S	17,5	100	N31E15N	30	30	40	26	Inestable Clase IV
Persistencia(m) RMR(89)	1.	0,3	0,4									
Frecuencia RMR(89)	3:1.	5:1.	05:01									
Separación (m) RMR(89)	0,3	0,35	0,15									
Abertura (mm) RMR(89)	<1	< 1	2									
Relleno RMR(89)	Arena	S/R	Arena y grava									
Rugosidad RMR(89)	Plana granular	plana granular	plana granular									
Disposición estrato frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda (R1)											
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)											
Agua subterránea RMR(89)	Ausente (W1)											
Modelo Geotécnico												
<p>0</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Diaclasa 1 ■ Diaclasa 2 ■ Diaclasa 3 ⋄ Talud ⋄ Estratificación ⊕ Angulo de fricción 26° 												
Análisis cinemático												
<p>Se presenta la condición de fallamiento en cuña entre las diaclasas D1 y D2, así como en D1 y D3. Se aprecia condición de fallamiento planar entre D2 y D3</p>												

Cuadro 51: Estación de trabajo T7-2-9.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca														
Estación T7-2-9 Roca:Arenisca (grano grueso)	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	ϕ^r	Grado estabilidad SMR ϕ^o y C	promedio RMR	ϕ^o Y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m) Longitud (L)(m)									
VARIABLES														
Orientación	N75E65N	N50E20N	N65W67S	N14E65S	7	35	N31E15N	32	32	40	25	Inestable Clase IV	15° a 25° con c= 1a2Kg/cm2	37° con C= 1 Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	1.5.	40	2											
Frecuencia RMR(89)	8:1.	4:1.	3:1.											
Separación (m) RMR(89)	0,4	0,7	0,5											
Abertura (mm) RMR(89)	5	5	7											
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso	arenoso											
Rugosidad RMR(89)	plana granular	plana granular	plana granular											
Disposicion estrato frente al Talud	Favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca blanda (R2)													
Meteorización ISRM(77)	altamente meteorizado													
Agua subterránea RMR(89)	seco (W1)													
Modelo Geotécnico														
Análisis Cinemático														
<p>Se aprecia condición de fallamiento en cuña entre los planos D1 y D3, también se debe acotar la acción que ejerce D1 en la caída de bloques presentes.</p>														

Cuadro 52: Estación de trabajo T8-2-10.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación T8-2-10 Roca: Arenisca	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φ ^r	Grado estabilidad SMR φ(°) y C	φ(°) Y C promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
	1 sistema	2 sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N15E70S	N80W82S	N10E65S	16	150	N31E15N	42	42	45	28	Parcialmente Estable Clase III	25° a 35° con c=1a2Kg/cm2	37° con C= 1 Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	1,30.	2.											
Frecuencia RMR(89)	5:1.	3:1.											
Separación (m) RMR(89)	0,7	2											
Abertura (mm) RMR(89)	1	1											
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso											
Rugosidad RMR(89)	lisa Escalonada	Lisa Escalonada											
Disposicion estrato frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca media (R3)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)												
Agua subterránea RMR(89)	Seco (W1)												
Modelo Geotécnico													
Análisis cinemático													
<p>se aprecia incipiente condición a fallamiento en cuña entre los planos D1 y D2, En campo se estimo que D1 es responsable de la caída de roca de arenisca</p>													

Cuadro 53: Estación de trabajo T12-2-18.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación T12-2-18 Roca:Lutita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	gr	Grado estabilidad $\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI
VARIABLES	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
Orientación	N20E72S	N55E52N											
Persistencia(m) RMR(89)	2.	10	N65W82S	22	455	N60W22N	48	48	50	24	Parcialmente Estable Clase III	25° a 35° con c=1a2Kg/cm2	37° con C= 1 Kg/cm2
Frecuencia RMR(89)	05:01	02:01											
Separación (m) RMR(89)	0,3	0,15											
Abertura (mm) RMR(89)	<1mm<	<1mm											
Relleno RMR(89)	areno arcill	arcilloso											
Rugosidad RMR(89)	Lisa Escalonada	Lisa Escalonada											
Disposicion estrrato frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca media (R3)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada												
Agua subterránea RMR(89)	seco(W1)												
Modelo Geotécnico													
Análisis Cinemático													
<p>No se aprecia cinemática aparentemente, sin embargo, en campo se observa caída de bloque por D1.</p>													

Cuadro 54: Estación de trabajo L3-2-25.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación L3-2-25 Roca:Filita	Diaclasas		Ladera			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSi	ϕ r Grado	estabilidad ϕ (°) y C	promedio RMR	ϕ (°) Y C promedio GSI
VARIABLES	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
Orientación	N35E50S	N70W40N											
Persistencia(m) RMR(89)	4.	10	N60E60N	35m	500m	N40W32N	42	42	45	24	Normal parcialmente estable Clase III	25° a 35° con c=2a3Kg/cm2	30° con C= 1 Kg/cm2
Frecuencia RMR(89)	4:1.	3:1.											
Separación (m) RMR(89)	2	5											
Abertura (mm) RMR(89)	1	1											
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso											
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa											
Disposicion estrrato frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca media (R3)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizado (HW)												
Agua subterránea RMR(89)	Húmedo (W3)												
Marco Geotécnico													
Análisis de resultados													
<p>Se presenta una condición de fallamiento en cuña entre tres planos, de foliación, Diaclasa 1 y Diaclasa 2, certificando así la caída de bloques en la unidad de trabajo en campo</p>													

Cuadro 55: Estación de trabajo T19-2-26.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca										
Estación T19-2-28 Roca:Filita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	ϕ^r
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)					
VARIABLES										
Orientación	N65W69S	N35W20N								
Persistencia(m) RMR(89)	0,2	0,5	N85E72S	12	95	N5W88N	36	36	40	24
Frecuencia RMR(89)	14:01	6:1								
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,3								
Abertura (mm) RMR(89)	Cerrada	1mm								
Relleno RMR(89)	S R	arcilloso								
Rugosidad RMR(89)	Lisa Escalonada	Lisa escalonada								
Disposicion estrrato frente al Talud	Desfavorable									
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca dureza media (R3)									
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada (HW)									
Agua subterránea RMR(89)	Seco									
Marco geotécnico										
<p> + Talud ◆ Estratificación ■ Diaclasa 1 ■ Diaclasa 2 + Angulo de fricción 26° </p>										
<p>Análisis de Resultados</p> <p>Se presenta condición de fallamiento en cuña, entre los planos de la foliación y la diaclasa 1</p>										

Cuadro 56: Estación de trabajo T20-2-29.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca														
Estación T20-2-29 Roca:Arenisca	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	ϕ^r	Grado estabilidad SMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio	RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI
	1 sistema	2 sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)									
VARIABLES														
Orientación	N85W62S	N72E20N												
Persistencia(m) RMR(89)	2.	10	N65E72N	11	50	N55E23N	32	32	40	25	Inestable Clase IV	15° a 25° con c=1a2Kg/cm2		30° con C= 1 Kg/cm2
Frecuencia RMR(89)	4:1.	2:1.												
Separación (m) RMR(89)	0,3.	0,2.												
Abertura (mm) RMR(89)	1	1												
Relleno RMR(89)	Arenoso	Arenoso												
Rugosidad RMR(89)	Escalonada lisa	Escalonada lisa												
Disposicion estrrato frente al Talud	Favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia blanda (R2)													
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizado													
Agua subterránea RMR(89)	Humedo (W3)													
Marco Geotécnico														
Análisis Cinemático														
El talud no presenta fallamiento por cinemática aparentemente, no obstante en campo se aprecia leves caídas de rocas														

Cuadro 57: Estación de trabajo T20-2-29(Lutita).

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca											
Estación T20-2-29 Roca:Lutita Maciza	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	ϕ^r	Grado estabilidad SMR
	1sistema	2sistema	3 Sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m) Longitud (L)(m)						
VARIABLES											
Orientación	N10W70N	N30W50S	N4W12N								
Persistencia(m) RMR(89)	1,2.	1	10	N80W72S	11.5	120	N46W22N	46	46	50	32
Frecuencia RMR(89)	8:1.	10:1.	2:1.								
Separación (m) RMR(89)	<1	<1	<1								
Abertura (mm) RMR(89)	Cerrada	Cerrada	Cerrada								
Relleno RMR(89)	S_R	S_R	S_R								
Rugosidad RMR(89)	Escalonada lisa	Escalonada lisa	Escalonada lisa								
Disposicion estrrato frente al Talud	Favorable										
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca resistencia media (R3)										
Meteorización ISRM(77)	moderadamente meteorizada(MW)										
Agua subterránea RMR(89)	húmedo										
Marco Geotécnico											
<p> ■ Diaclasa 1 ■ Diaclasa 2 ■ Diaclasa 3 ◆ Estratificación ◆ Talud + Angulo fricción 32° </p>											
Análisis de resultados											
<p>Se presenta la condición de fallamiento en cuña entre las diaclasas D1 y D2 , Cabe destacar, que en esta unidad, fue visible en campo en situación activa dicho fallamiento.</p>											

Cuadro 58: Estación de trabajo T17-2-24.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca												
Estación T17-2-24 Roca:Arenisca	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φ ^r	Grado estabilidad SMR φ(°) y C promedio	φ(°) Y C promedio RMR GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)							
VARIABLES												
Orientación	N47W86S	N50E70S										
Persistencia(m) RMR(89)	2,5.	2	N32E70S	20	120	N15E26N	62	62	66	30	Estable Clase II (Rotura en algunos bloques)	35° a 45° con c=3a4Kg/cm2
Frecuencia RMR(89)	4:1.	2:1.										
Separación (m) RMR(89)	1,30.	1,20.										
Abertura (mm) RMR(89)	0,5cm	0,2										
Relleno RMR(89)	arcilloso	arenoso										
Rugosidad RMR(89)	lisa plana	lisa plana										
Disposicion estrato frente al Talud	Favorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Dura (R4)											
Meteorización ISRM(77)	Medianamente metreorizada (MW)											
Agua subterránea RMR(89)	Húmeda (W2)											
Marco Geológico												
Análisis Cinemático												
<p>Se aprecia la condición de fallamiento en cuña entre los planos D1 y D2</p>												

Cuadro 59: Estación de trabajo L1a-2-1.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación L1a-2-1 Roca:Filita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	ϕ°	Grado estabilizado SMR	ϕ° y C promedio RMR	ϕ° y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N5E65N	N10W40S											
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m	N45E40N	30	300	N35W25N	45	45	50	28	Parcialmente estable Clase III	25° a 35° con $c=2a3Kg/cm2$	35° con $C= 1 Kg/cm2$
Frecuencia RMR(89)	03:01	02:01											
Separacion (m) RMR(89)	0,2	0,08											
Abertura (mm) RMR(89)	10	15											
Relleno RMR(89)	Limo arcill	Limo arcill											
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa											
Disposicion estrrato frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media (R3)												
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente meteorizada												
Agua subterranea RMR(89)	Humeda (W2)												
Marco Geotécnico													
Análisis Cinemático													
Se presenta la condición de fallamiento planar entre las diaclasas D1 y D2													

Cuadro 60: Estación de trabajo L1b-2-1.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca												
Estación L1b-2-1 Roca:Filita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	φ(°) y C promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)							
VARIABLES												
Orientación	N5E65N	N10W40S	N85E58S	16	120	N35E25S	45	45	50	28	Parcialmente Estable clase III	25° a 35° con c=2a3Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m										
Frecuencia RMR(89)	3:1.	2:1.										
Separacion (m) RMR(89)	0,2	0,08										
Abertura (mm) RMR(89)	10	15										
Relleno RMR(89)	Limo arcill	Limo arcill										
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa										
Disposicion estrrato frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media(R3)											
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente meteorizada											
Agua subterranea RMR(89)	Humedo(W2)											
Marco Geotécnico												
<p> ■ Diaclasa 1 ■ Diaclasa 2 + Talud ♦ Foliación + Angulo de fricción 28° </p>												
Análisis Cinemático												
<p>Se presenta la condición de fallamiento planar entre los planos de diaclasa D1 y D2</p>												

Cuadro 61: Estación de trabajo L1c-2-1.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca												
Estación L1c-2-1 Roca:Filita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φ ^o y C promedio	φ ^o Y C promedio	
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)							Grado estabilidad
VARIABLES												
Orientación	N8E70N	N10W45S	N80E55N	22	135	N70W45N	45	45	50	26	Parcialmente Estable clase III	25° a 35° con c=2a3Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m										
Frecuencia RMR(89)	03:01	02:01										
Separacion (m) RMR(89)	0,2	0,08										
Abertura (mm) RMR(89)	10	15										
Relleno RMR(89)	Limo arcill	Limo arcill										
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa										
Disposicion estrato frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media(R3)											
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)											
Agua subterránea RMR(89)	Humedo(W2)											
Marco Geotécnica												
Análisis Cinemático												
<p>Se presenta la condición de fallamiento en cuña entre los planos de la foliación con la diaclasa D1, de igual forma se aprecia una incipiente condición de cuña para la foliación y D2. Se presenta condición para fallamiento planar entre los planos de diaclasa D1 y D2</p>												

Cuadro 62: Estación de trabajo L1d-2-25.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca										
Estación L1d-2-25 Roca:Filita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φ ^o y C promedio
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)					
VARIABLES										
Orientación	N28E52S	N67W42N	N40E45N	18	129	N34W58S	42	42	45	24
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m								
Frecuencia RMR(89)	03:01	02:01								
Separacion (m) RMR(89)	0,2	0,08								
Abertura (mm) RMR(89)	10	15								
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso								
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa								
Disposicion estrato frente al Talud	Favorable									
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media(R3)									
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)									
Agua subterranea RMR(89)	Humedo(W2)									
Marco Geotécnico										
Análisis Cinemático										
<p>Se presenta la condición incipiente de fallamiento en cuña entre los planos de la foliación y la diaclasa D2</p>										

Cuadro 63: Estación de trabajo L3a-2-25.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación L3a-2-25 Roca:Filita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φr	Grado estabilidad SMR	φ(°) Y C promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N35E50S	N70W40N											
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m											
Frecuencia RMR(89)	03:01	02:01											
Separacion (m) RMR(89)	0,2	0,08											
Abertura (mm) RMR(89)	10	15											
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso											
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa											
Disposicion estrato frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media(R3)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)												
Agua subterranea RMR(89)	Humedo(W2)												
Mmarco Geotécnico													
0													
Análisis Cinemático													
No se aprecia inestabilidad cinemática aparente													

Cuadro 64: Estación de trabajo L3b-2-25.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca												
Estación L3b-2-25 Roca:Filita	Diaclasas		Talud		Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φ ^r	Grado estabilidad SMR	φ(°) y C promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m) Longitud (L)(m)								
VARIABLES												
Orientación	N30E50S	N68W40N										
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m										
Frecuencia RMR(89)	03:01	02:01										
Separacion (m) RMR(89)	0,2	0,08										
Abertura (mm) RMR(89)	10	15										
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso										
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa										
Disposicion estrrato frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media(R3)											
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)											
Agua subterranea RMR(89)	Humedo(W2)											
Marco Geotécnico												
Análisis Cinemático												
<p>Se observa la condición de fallamiento en cuña entre la foliación y la diaclasa D2</p>												

Cuadro 65: Estación de trabajo L3c.-2-25.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación L3c-2-25 Roca:Filita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	ϕ^r	Grado estabilidad SMR	$\phi^{(°)}$ y C promedio RMR	$\phi^{(°)}$ Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N28E48S	N72W45N	N87W45N	20	140	N70W50N	44	44	45	23	Parcialmente Estable clase III	25° a 35° con c=2a3kg/cm2	32° con C= 3 Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m											
Frecuencia RMR(89)	03:01	02:01											
Separacion (m) RMR(89)	0,2	0,08											
Abertura (mm) RMR(89)	10	15											
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso											
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa											
Disposicion estrato frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media(R3)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)												
Agua subterranea RMR(89)	Humedo(W2)												
Marco Geotécnico													
Análisis Cinemático													
<p>Se presenta la condición de fallamiento planar entre los planos de foliación y la diaclasa D2</p>													

Cuadro 66: Estación de trabajo L1e-2-25.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación L1e-2-25 Roca:Filita	Diaclasas		Ladera			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	ϕ^r	Grado estabilizado SMR	$\phi^{(c)}$ Y C promedio RMR	$\phi^{(c)}$ Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N25E55S	N60W48N	N48E45N	18	138	N40W60S	46	46	50	23	Parcialmente Estable clase III	25° a 35° con $c=2a3\text{Kg/cm}^2$	32° con $C= 3 \text{ Kg/cm}^2$
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m											
Frecuencia RMR(89)	3:1.	2:1.											
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,08											
Abertura (mm) RMR(89)	10	15											
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso											
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa											
Disposición estrato frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media(R3)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)												
Agua subterránea RMR(89)	Húmedo(W2)												
Representación Red Estereográfica													
											<ul style="list-style-type: none"> ■ Diaclasa 1 ■ Diaclasa 2 + Talud • Foliación + Angulo de fricción 23° 		
Observaciones Generales													
<p>No se presenta condición aparente de fallamiento, no obstante los planos de foliación y D2 tienden a formar una cuña incipiente</p>													

Cuadro 67: Estación de trabajo L3d-2-25.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca										
Estación L3d-2-25 Roca:Fillita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φ ^o y C promedio
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)					
VARIABLES	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)	Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φ ^o y C promedio
Orientación	N22E48S	N70W45N								
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m	N45E59N	22	50	N45E32S	44	44	45	23
Frecuencia RMR(89)	03:01	02:01								
Separacion (m) RMR(89)	0,2	0,09								
Abertura (mm) RMR(89)	10	15								
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso								
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa								
Disposicion estrato frente al Talud	Favorable									
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media(R3)									
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)									
Agua subterranea RMR(89)	Humedo(W2)									
Modelo Geotécnico										
Análisis Cinemático										
No se presenta condición de fallamiento aparente										

Cuadro 68: Estación de trabajo LaT2-2-2.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación LaT2-2-2 Roca:Filita	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φ ^r	Grado estabilidad SMR	φ(°) Y C promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N5E65N	N10W40S	N54E68N	15	120	N15W25N	44	44	45	30	Parcialmente Estable clase III	25° a 35° con c=2a3Kg/cm2	32° con C= 3 Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2 m	1 m											
Frecuencia RMR(89)	03:01	02:01											
Separacion (m) RMR(89)	0,2	0,08											
Abertura (mm) RMR(89)	10	15											
Relleno RMR(89)	Limo arcill	Limo arcill											
Rugosidad RMR(89)	escalonada Lisa	escalonada Lisa											
Disposicion estrrato frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Resistencia media(R3)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)												
Agua subterranea RMR(89)	Seco(W1)												
Marco Geotécnico													
<p>0</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Diaclasa 1 ■ Diaclasa 2 • Talud ◆ Foliación + angulo de fricción 23° 													
Análisis Cinemático													
<p>Se observa la condición de fallamiento en cuña entre la foliación y la diaclasa D2</p>													

Cuadro 69: Estación de trabajo LaL2-2-4.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca											
Estación LaL2-2-4	Diaclasas		Talud		Foliación/ Estratificació	φr	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad φ(°) y C	promedio φ(°) y C
VARIABLES	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m) Longitud (L)(m)							
Orientación	N10W75N	N35E45N	N80W60N	24 789	N40E40N	29	45	45	50	Normal	30° con C = 2a 3 Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	1	12									
Frecuencia RMR(89)	02:01	04:01									
Separacion (m) RMR(89)	0,33	0,25									
Abertura (mm) RMR(89)	<1	<1									
Relleno RMR(89)	limo arcill.	Limo arcill.									
Rugosidad RMR(89)	escalonada lisa	escalonada lisa									
Disposicion foliación frente al Talud	Desfavorable										
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda (R2)										
Meteorización ISRM(77)	Altamente Meteorizado(HW)										
Agua subterranea RMR(89)	Humedo										
Marco Geotécnico											
<p>■ Diaclasa 1 ■ Diaclasa 2 ⊕ Talud ◆ Estratificación + Angulo fricción 24°</p>											
Analisis Cinemático											
<p>Se presenta condición de fallamiento en cuña entre los planos de la foliación, la diaclasa 1 y la diaclasa 2. Se presenta condición de fallamiento en cuña entre las diaclasas D1 y D2</p>											

Cuadro 70: Estación de trabajo LaT3-2-5.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca												
Estación	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	ϕ^r	Grado estabilidad $\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR $\phi(^{\circ})$ y C
LaT3-2-5 Roca:Lutita	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)							
VARIABLES												
Orientación	N68E50N	N8E65S										
Persistencia(m) RMR(89)	0.5	1.4	N65E67N	24	189	N69W12N	57	62	45	19°	Estable	30° con C = 2 a 3 Kg/cm2
Frecuencia RMR(89)	08:01	02:01										
Separacion (m) RMR(89)	0.5	0.4										
Abertura (mm) RMR(89)	10	8										
Relleno RMR(89)	Arenoso	arenoso										
Rugosidad RMR(89)	Escalonada lisa	Escalonada Lisa										
Disposicion estrrato frente al Talud	Desfavorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca resistencia media (R3)											
Meteorización ISRM(77)	Altamente Meteorizado											
Agua subterranea RMR(89)	Humedo(W2)											
Marco Geotécnico												
Análisis Cinemático												
Se presenta condiión de fallamiento en cuña entre las diaclasas D1 y D2												

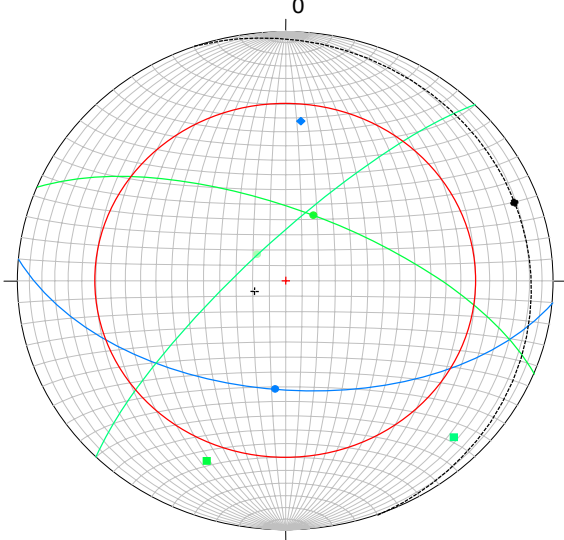
Cuadro 71: Estación de trabajo LaT8-2-10.

Tabla para Analisis Cinematico de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca													
Estación LaT8-2-10 Roca: Arenisca	Diaclasas		Talud			Foliación/ Estratificación	RMR	SMR	GSI	φr	Grado estabilidad φ(°) y C	φ(°) Y C promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N15E70S	N80W82S											
Persistencia(m) RMR(89)	1,30.	2.											
Frecuencia RMR(89)	5:1.	3:1.											
Separación (m) RMR(89)	0,7	2											
Abertura (mm) RMR(89)	1	1											
Relleno RMR(89)	arenoso	arenoso											
Rugosidad RMR(89)	lisa Escalonada	Lisa Escalonada	N10E65N	16	150	N31E15N	42	42	45	28			
Disposicion estrato frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Dura (R4)												
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizada(HW)												
Agua subterranea RMR(89)	Humedo(W2)												
Modelo Geotécnico													
<div style="display: flex; justify-content: flex-end; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> ■ Diaclasa D1 ■ Diaclasa D2 + Talud ◆ Estratificación + Angulo de fricción 28° </div>													
Análisis Cinemático													
No se aprecia condición de falla aparente													

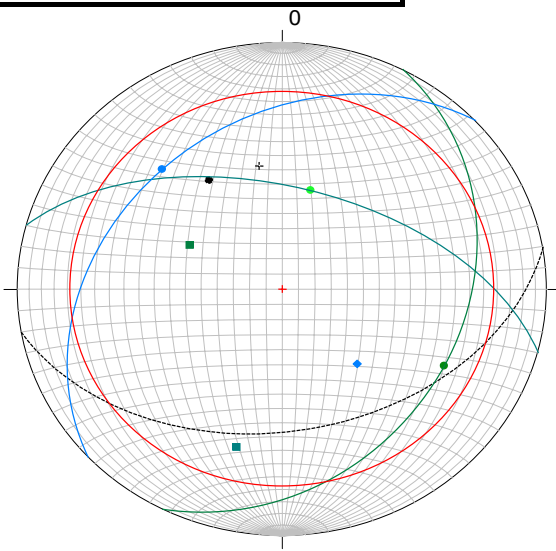
Cuadro 72: Estación de trabajo L2-1-2a.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación L2-1-2a Limolita	Diaclasas			Ladera			Foliación/ Estratificación	φ(°)	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR φ(°) y C	φ(°) Y C promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES														
Orientación	N89°E62°S N3°W80°N			Presente un sentido N78°E, con pendiente de 15° al norte	60	700	N15°E32°N	20,61	28	28	30	Inestable	φ=22 con C= 2kg/cm	φ=26 con C= 1,6kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2,5	2,5												
Frecuencia (m) RMR(89)	0,25	0,33												
Separación (m) RMR(89)	20	0,25												
Abertura (mm) RMR(89)	2	5												
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	rugosa	rugoso												
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	La estratificación se dispone geoméricamente en mismo sentido de la pendiente del Talud													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca blanda media													
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
Análisis Cinemático														
No se presente posible falla cinemática en la cara del talud natural.														

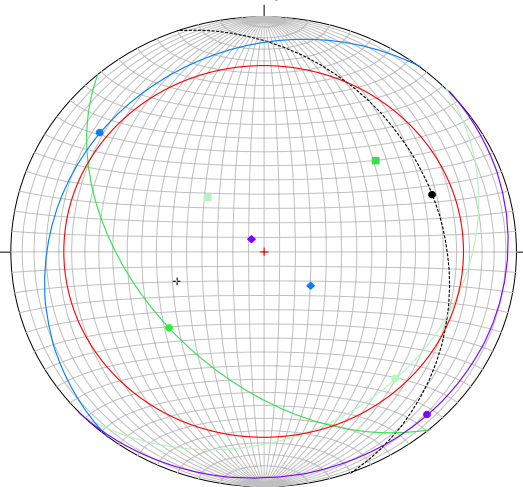
Cuadro 73: Unidad de trabajo L2-1-2b.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación L2-1-2b Limolita y arenisca	Diaclasas			Ladera		Foliación/ Estratificación	φ(°)	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR φ(°) y C promedio RMR	φ(°) y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)							
VARIABLES												
Orientación	N68°W67°N	N45°E78°N		Con sentido N28°W y pendiente 10° al norte	60	700	N15°E32°N	21	44	54	30	Parcialmente Estable
Persistencia(m) RMR(89)	2	3										
Frecuencia (m) RMR(89)	0,25	0,33										
Separación (m) RMR(89)	0,25	0,33										
Abertura (mm) RMR(89)	0,1-1	0,1-1										
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso										
Rugosidad RMR(89)	rugosa	rugoso										
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	La estratificación se dispone geometricamente en mismo sentido de la pendiente del Talud											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca blanda media											
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada											
Agua subterránea RMR(89)	Seca											
Modelo Geotécnico												
 <ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de la estratificación ◆ Plano de estratificación ○ Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano D1 ● Línea de máxima pendiente D2 ■ Plano de D2 + Plano de la Ladera L2-1-2b ● Línea de máxima pendiente de L2-1-2b + Ángulo de fricción interna 												
Análisis Cinemático												
No se presente posible falla cinemática en la cara del talud natural.												

Cuadro 74: Estación de trabajo L4-1-4a.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación L4-1-4a Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera			Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES														
Orientación	N27°E32°S	N75°W56°N		N80°E, Inclinado 42° al Sur	40	750	N47°E34°N	21	55	64,75	25	Estable	$\phi=25$ con C= 2,5kg/cm2	$\phi=23$ con C= 2,5kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5												
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,33												
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,33												
Abertura (mm) RMR(89)	1	1												
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Muy Favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca extremadamente blanda													
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizado													
Agua subterránea RMR(89)	Húmeda													
Modelo Geotécnico														
 <ul style="list-style-type: none"> + Plano de la Ladera L4-1-4a ● Línea de máxima pendiente de L4-1-4a ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano D1 ● Línea de máxima pendiente D2 ■ Plano D2 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación ● Plano de estratificación + Angulo de fricción interna 														
Análisis Cinemático														
No se presenta falla cinemática en el talud natural														

Cuadro 75: Estación de trabajo L6-1-6a.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca																	
Estación L6-1-6a Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera			Foliación/ Estratificación	ϕ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	ϕ (°) y C	promedio RMR	ϕ (°) y C	promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)											
VARIABLES																	
Orientación	N46°E26°S	N41°W49°S		presenta un sentido N20W, Inclinado 30° al Norte	40	750	N38°E19°N estratificación de la Fm. Betijoque, N47°E6°S estratificación de la Fm. Carvajal	22	52	75	40	Estable	$\phi=25$ con C= 2kg/cm2		$\phi=27$ con C= 3,5kg/cm2		
Persistencia(m) RMR(89)	0,5	0,13															
Frecuencia RMR(89)	0,11	0,16															
Separación (m) RMR(89)	0,11	0,16															
Abertura (mm) RMR(89)	1	1															
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso															
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa															
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Favorable																
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda																
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada																
Agua subterránea RMR(89)	Húmedo																
Modelo Geotécnico																	
 <ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de la Ladera L6-1-6a + Plano de L6-1-6a ● Línea de máxima pendiente de D1 ● Plano de D1 ● Línea de máxima pendiente de D2 ● Plano D2 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación Fm. Betijoque ● Plano de estratificación de Fm. Betijoque + Ángulo de fricción interna ● Línea de máxima pendiente de la estratificación de Fm. Carvajal. ● Plano de estratificación de la Fm. Carvajal 																	
Análisis Cinemático																	
No se presenta fallas cinemáticas																	

Cuadro 76: Estación de trabajo L6-1-6b.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación L6-1-6b Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m) Longitud (L)(m)									
VARIABLES														
Orientación	N46°E26°S	N41°W49°S												
Persistencia(m) RMR(89)	0,5	0,13												
Frecuencia RMR(89)	0,11	0,16												
Separación (m) RMR(89)	0,11	0,16												
Abertura (mm) RMR(89)	1	1												
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda													
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Húmedo													
presenta un sentido N50E, con pendiente 30° al Norte														
					40	800	N38°E19°N estratificación de la Fm. Betijoque, N47°E6°S estratificación de la Fm. Carvajal	22	54	69	40	Estable	$\phi=25$ con C= 2kg/cm2	$\phi=27$ con C= 3,5kg/cm2

Modelo Geotécnico
<ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de la Ladera L6-1-6b + Plano de L6-1-6b ● Línea de máxima pendiente de D1 ● Plano D1 ● Línea de máxima pendiente de D2 ● Plano D2 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación de la Fm Betijoque ● Plano de estratificación de la Fm. Betijoque + Angulo de fricción interna ● Línea de máxima pendiente de Fm. Carvajal ● Plano de estratificación de la Fm. Carvajal

Análisis Cinemático
No se presenta falla cinemática

Cuadro 77: Estación de trabajo L6-1-6c.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación L6-1-6c Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera			Foliación/ Estratificación	φ(°)	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR φ(°) y C	promedio RMR	φ(°) Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES														
Orientación	N46°E26°S	N41°W49°S												
Persistencia(m) RMR(89)	0,5	0,13		presenta un sentido N80E, con pendiente 30° al Norte	15	200	N38°E19°N estratificación de la Fm. Betijoque, N47°E6°S estratificación de la Fm. Carvajal	22	49	69	40	Estable	φ=25 con C= 2kg/cm2	φ=27 con C= 3,5kg/cm2
Frecuencia RMR(89)	0,11	0,16												
Separación (m) RMR(89)	0,11	0,16												
Abertura (mm) RMR(89)	1	1												
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Desfavorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda													
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Húmedo													
Modelo Geotécnico														
<ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de la Ladera L6-1-6c + Plano de L6-1-6c ■ Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano de D1 ■ Línea de máxima pendiente de D2 ■ Plano de D2 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación de la Fm. Betijoque ● Plano de estratificación de la Fm Betijoque + Ángulo de fricción interna ● Línea de máxima pendiente de la estratificación de la Fm Carvajal ● Plano de estratificación de la Fm Carvajal. 														
Análisis Cinemático														
No se presenta falla cinemática.														

Cuadro 78: Estación de trabajo L8-1-8a.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación L8-1-8a Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)							
VARIABLES												
Orientación	N22°E24°S	N57°W81°N	N10°W65°S	Presenta sentido N82°W, con inclinación 60° al Norte								
Persistencia(m) RMR(89)	0,3	0,5	0,7									
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,2	0,25									
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,2	0,25									
Abertura (mm) RMR(89)	3	3	3									
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso	arcilloso									
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa									
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Muy Desfavorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda											
Meteorización ISRM(77)	Ligeramente alterada											
Agua subterránea RMR(89)	Seca											
Modelo Geotécnico												
Análisis Cinemático												
Puede presentarse falla planar con el plano de estratificación												

Cuadro 79: Estación de trabajo L8-1-8b.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación L8-1-8b Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera		Foliación/ Estratificación	ϕ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR ϕ (°) y C	promedio RMR	ϕ (°) Y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)									Longitud (L)(m)
VARIABLES														
Orientación	N22°E24°S	N57°W81°N	N10°W65°S	Presenta sentido N82°W, con inclinación 60° al Norte	50-60	550	N36°W27°N	22	47	49	35	Parcialmente estable	$\phi=30$ con C= 2,5kg/cm2	$\phi=26$ con C= 3,3kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	0,3	0,5	0,7											
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,2	0,25											
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,2	0,25											
Abertura (mm) RMR(89)	3	3	3											
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso	arcilloso											
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa											
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda													
Meteorización ISRM(77)	Ligeramente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
<p> + Plano de la Ladera L8-1-8b ● Línea de máxima pendiente de la L8-1-8b ● Línea de máxima pendiente de D1 ● Línea de máxima pendiente de D2 ● Línea de máxima pendiente de D3 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación ● Plano de estratificación + Ángulo de fricción interna </p>														
Análisis Cinemático														
No se presenta falla cinemática.														

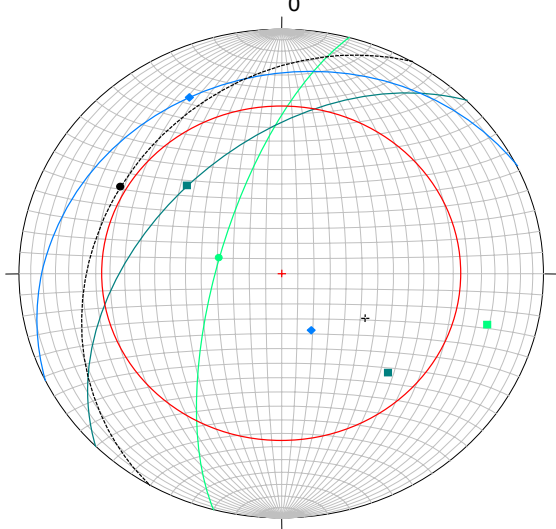
Cuadro 80: Estación de trabajo L9-1-9a.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación L9-1-9a Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera			Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES														
Orientación	N35°E89°S	N50°W58°N		N30°E, Inclinado 33° al Norte	45	700	N77°W21°S	22	46	59	25	Parcialmente estable	$\phi=23$ con $C= 2,5\text{kg/cm}2$	$\phi=24$ con $C= 2,5\text{kg/cm}2$
Persistencia(m) RMR(89)	1,2	1,2												
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,2												
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,2												
Abertura (mm) RMR(89)	2	2												
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda													
Meteorización ISRM(77)	Altamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
Análisis Cinemático														
No presente ningun tipo de falla cinemática.														

Cuadro 81: Estación de trabajo L10-1-10a.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación L10-1-10a Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera			Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES														
Orientación	N35°E89°S	N50°W58°N		N15°E, Inclinado 28° al Norte	40	450	N77°W21°S	22	51	60,64	25	Parcialmente estable	$\phi=23$ con $C= 2,5\text{kg/cm}2$	$\phi=24$ con $C= 2,5\text{kg/cm}2$
Persistencia(m) RMR(89)	1,2	1,2												
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,2												
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,2												
Abertura (mm) RMR(89)	2	2												
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda													
Meteorización ISRM(77)	Altamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
Análisis Cinemático														
No presente ningun tipo de falla cinamática.														

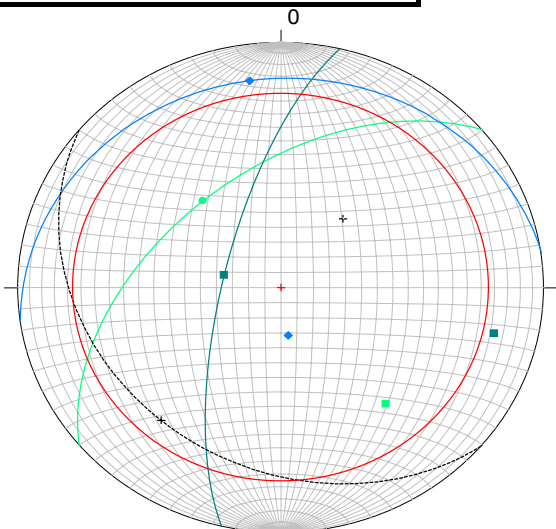
Cuadro 82: Estación de trabajo L19-1-19a.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca											
Estación L19-1-19a conglomerado- limolitas	Diaclasas			Ladera		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)						
VARIABLES											
Orientación	N45°E48°N	N15°E70°N		Presenta sentido N30°E, con pendiente 30° al norte	40	750	N64°E21°N	32	53	75	35
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5									
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33									
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33									
Abertura (mm) RMR(89)	1	1									
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa									
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa									
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Desfavorable										
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Muy Blanda										
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente Alterado										
Agua subterránea RMR(89)	Húmeda										
<p style="text-align: center;">Modelo Geotécnico</p>  <ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano D1 ■ Línea de máxima pendiente de D2 ■ Plano de D2 ◆ Línea de máxima pendiente de la estratificación ◆ Plano de estratificación ● Línea de máxima pendiente de la Ladera L19-1-19a + Plano de la Ladera L19-1-19a + Ángulo de fricción interna 											
<p style="text-align: center;">Análisis Cinemático</p> <p style="text-align: center;">No se presenta falla cinemática</p>											

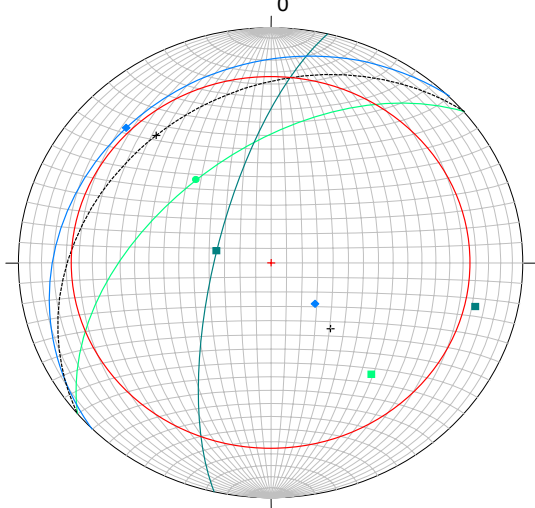
Cuadro 83: Estación de trabajo L20-1-20a.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación L20-1-20a Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)									Longitud (L)(m)
VARIABLES														
Orientación	N50°E52°N	N13°E72°N		Presenta sentido N85°E, con pendiente 30° al norte	55	400	N72°W20°N	22	49	56	25	Parcialmente Estable	$\phi=23$ con C= 2,5kg/cm2	$\phi=24$ con C= 2,5kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5												
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33												
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33												
Abertura (mm) RMR(89)	1	1												
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Muy Desfavorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda													
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
<ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano de D1 ■ Línea de máxima pendiente de D2 ■ Plano de D2 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación ● Plano de estratificación + Línea de máxima pendiente de la Ladera L20-1-20a + Plano de la Ladera L20-1-20a + Ángulo de fricción interna 														
Análisis Cinemático														
No se presentan fallas cinemáticas.														

Cuadro 84: Estación de trabajo L20-1-20b.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación L20-1-20b Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N50°E52°N	N13°E72°N		Presenta sentido N50°W, con pendiente 30° al sur	95	N82°E 16°N	22	54	79	25	Parcialmente Estable	$\phi=23$ con C= 2,5kg/cm2	$\phi=24$ con C= 2,5kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5			900								
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33											
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33											
Abertura (mm) RMR(89)	1	1											
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa											
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa											
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Favorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda												
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada												
Agua subterránea RMR(89)	Seca												
Modelo Geotécnico													
													
Análisis Cinemático													
No se presentan fallas cinemáticas.													

Cuadro 85: Estación de trabajo L20-1-20c.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca											
Estación L20-1-20c Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)						
VARIABLES											
Orientación	N50°E52°N	N13°E72°N		Presenta sentido N50°E, con pendiente 30° al norte	75	600	N45°E20°N	22	45	63	25
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5									
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33									
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33									
Abertura (mm) RMR(89)	1	1									
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa									
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa									
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Desfavorable										
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda										
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada										
Agua subterránea RMR(89)	Seca										
<p>Modelo Geotécnico</p>  <ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano de D1 ■ Línea de máxima pendiente de D2 ● Plano de D2 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación ■ Plano de la estratificación + Línea de máxima pendiente de la Ladera L20-1-20c × Plano de la Ladera L20-1-20c + Angulo de fricción 											
<p>Análisis Cinemático</p> <p>No se presentan fallas cinemáticas.</p>											

Cuadro 86: Estación de trabajo L20-1-20d.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca															
Estación L20-1-20d Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera			Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	$\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)									
Orientación	N50°E52°N	N13°E72°N		Presenta sentido N65°W, con pendiente 35° al sur	70	600	N15°E20°N	33	55	80	35	Estable	$\phi=36$ con C= 3kg/cm2		$\phi=27$ con C= 3kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5													
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33													
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33													
Abertura (mm) RMR(89)	1	1													
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa													
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa													
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Desfavorable														
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda														
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada														
Agua subterránea RMR(89)	Seca														
Modelo Geotécnico															
Análisis Cinemático															
No presenta falla cinemática															

Cuadro 87: Estación de trabajo L20-1-20e.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación L20-1-20e Arenisca de grano fino	Diaclasas			Ladera			Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES														
Orientación	N50°E52°N	N13°E72°N		Presenta sentido N65°W, con pendiente 35° al sur	70	600	N15°E20°N	33	60	80	35	Estable	$\phi=36$ con C= 3kg/cm2	$\phi=27$ con C= 3kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5												
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33												
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33												
Abertura (mm) RMR(89)	1	1												
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Desfavorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda													
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
<ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano D1 ● Línea de máxima pendiente de D2 ■ Plano D2 ● Línea de máxima pendiente del estrato ■ Plano de estratificación ● Línea de máxima pendiente de la ladera ✦ Plano de la Ladera ✦ Ángulo de fricción interna 														
Análisis Cinemático														
No presenta falla cinemática.														

Cuadro 88: Estación de trabajo L29-1-29.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación: L29-1-29 arenisca y conglomerado	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m) Longitud (L)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N70°E65°N	N56°W40°N		Presenta sentido N56°E, con pendiente 46° al norte	70 1400	N33°66°N	27,2	51	56	25	Parcialmente estable	$\phi(^{\circ})=26$ y C=2,5 Kg/cm2	$\phi(^{\circ})=24$ y C=2,5Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	4	5											
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33											
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33											
Abertura (mm) RMR(89)	3	3											
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa											
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa											
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda												
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada												
Agua subterránea RMR(89)	seco												
Modelo Geotécnico													
Análisis Cinemático													
No presenta ningún tipo de falla cinemática.													

Cuadro 89: Estación de trabajo T2-1-2.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca														
Estación T2-1-2 Roca:Limolita	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m) Longitud (L)(m)									
VARIABLES														
Orientación	N89°E62°S	N3°W80°N												
Persistencia(m) RMR(89)	2,5	2,5		Presenta un sentido N67°E, con oendiente de 69° al norte	10,35	96	N15°E32°N	20,61	28	28	30	Inestable	$\phi=22$ con C= 2kg/cm	$\phi=26$ con C= 1,6kg/cm2
Frecuencia (m) RMR(89)	0,25	0,33												
Separación (m) RMR(89)	20	0,25												
Abertura (mm) RMR(89)	2	5												
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	rugosa	rugoso												
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	La estratificación se dispone geomericamente en mismo sentido de la pendiente del Talud													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca blanda media													
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
<ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano de D1 ● Línea De máxima pendiente de D2 ■ Plano de D2 ● Línea de máxima pendiente de estratificación ■ Plano de estratificación ● Línea de máxima pendiente del talud ⊕ Plano del Talud 2-1-2 ⊕ Ángulo de fricción interna 														
Análisis Cinemático														
No se presente posible falla cinemática														

Cuadro 90: Estación de trabajo T3-1-3.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca														
Estación T3-1-3 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud										
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)	Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI
VARIABLES														
Orientación	N68°W67°N	N45°E78°N		Presenta un sentido N67°E, y una pendiente de 44° al norte	25,9	285,63	N45°E33°N	21	8	28,6	30	Inestable	$\phi=22$ con $C= 3\text{kg/cm}^2$	$\phi=27,5$ con $C= 3\text{kg/cm}^2$
Persistencia(m) RMR(89)	2	2												
Frecuencia RMR(89)	0,25	0,14												
Separación (m) RMR(89)	0,25	0,14												
Abertura (mm) RMR(89)	0,1-1	0,1-1												
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	Rugosa	Rugosa												
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Desfavorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca extremadamente blanda													
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizado													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
Análisis Cinemático														
<p>Se presenta una posible falla planar con el plano de estratificación y falla en cuña con los planos de estratificación y D2.</p>														

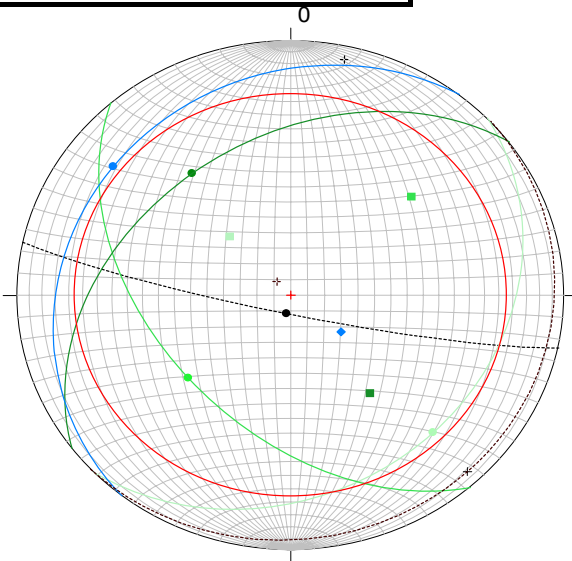
Cuadro 91: Estación de trabajo T4-1-4.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca												
Estación T4-1-4 Roca: arenisca de grano	Diaclasas			Talud			Foliación/ Estratificación	ϕ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR ϕ (°) y C promedio RMR
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)						
VARIABLES												
Orientación	N27°E32°S	N75°W56°N		N58°E, Inclinado 47° al Norte	32,54	163,17	N47°E°34°N	21	6	5,1	25	Totalmente Inestable
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5										
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,33										
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,33										
Abertura (mm) RMR(89)	1	1										
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso										
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa										
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Muy Desfavorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca extremadamente blanda											
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizado											
Agua subterránea RMR(89)	Seca											
Modelo Geotécnico												
Análisis Cinemático												
Se presenta falla planar en la estratificación, falla en cuña entre la estratificación y D2.												

Cuadro 92: Estación de trabajo T5-1-5.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca												
Estación T5-1-5 Roca: Limolita y arenisca	Diaclasas			Talud			Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)						
VARIABLES												
Orientación	N60°W67°S	N14°W48°N	N27E23S	N57°E, Inclinado 59° al Norte	5,14	216,09	N58°E74°N	22	0	32	27	Totalmente Inestable
Persistencia(m) RMR(89)	3	2	0,5									
Frecuencia RMR(89)	0,14	0,33	0,16									
Separación (m) RMR(89)	0,14	0,33	0,16									
Abertura (mm) RMR(89)	1	1	3									
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso	arcilloso									
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa									
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Muy desfavorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca extremadamente blanda											
Meteorización ISRM(77)	Altamente meteorizado											
Agua subterránea RMR(89)	Seca											
Modelo Geotécnico												
<ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente del talud + Plano del talud T5-1-5 ○ Línea de máxima pendiente de D1 ○ Plano de D1 ○ Línea de máxima pendiente D2 ○ Plano D2 ○ Línea de máxima pendiente D3 ○ Plano D3 ○ Línea de máxima pendiente de la estratificación ○ Plano de estratificación + Ángulo de fricción interna 												
Análisis Cinemático												
<p>Se presenta una falla planar por la disposición geométrica de la estratificación.</p>												

Cuadro 93: Estación de trabajo T6-1-6.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas Naturales en Roca														
Estación T6-1-6 Roca: Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud			Foliación/ Estratificación	ϕ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	ϕ (°) y C promedio RMR	ϕ (°) y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES														
Orientación	N46°E26°S	N41°W49°S	N53°E40°N	N78°W, Inclinado 84° al Sur	9,15	332,22	N38°E19°N estratificación de la Fm. Beijoque, N47°E6°S estratificación de la Fm. Canvajal	22	38	38	40	Inestable	$\phi=25$ con $C= 2\text{kg/cm}^2$	$\phi=27$ con $C= 3,5\text{kg/cm}^2$
Persistencia(m) RMR(89)	0,5	0,13	0,2											
Frecuencia RMR(89)	0,11	0,16	0,33											
Separación (m) RMR(89)	0,11	0,16	0,33											
Abertura (mm) RMR(89)	1	1	1											
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso	arcilloso											
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa											
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Medianamente Favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda													
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Húmedo													
Modelo Geotécnico														
														
Análisis Cinemático														
Se presenta falla planar con D2, además de falla en cuña con los planos D2 y D1.														

Cuadro 94: Estación de trabajo T7-1-7.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T7-1-7 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud			Foliación/ Estratificación	ϕ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR ϕ (°) y C promedio RMR
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)						
VARIABLES												
Orientación	N56°E19°S	N24°E87°S	N64°W85°S	N77°W, Inclinado 77° al Norte	12	413,8	N38°E19°N	22	28	29,4	30	Inestable
Persistencia(m) RMR(89)	8	2	1									
Frecuencia RMR(89)	0,06	0,1	0,125									
Separación (m) RMR(89)	0,06	0,1	0,125									
Abertura (mm) RMR(89)	3	3	3									
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso	arcilloso									
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa									
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Medio											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda											
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada											
Agua subterránea RMR(89)	Húmedo											
Modelo Geotécnico												
Análisis Cinemático												
No se presenta falla cinemática.												

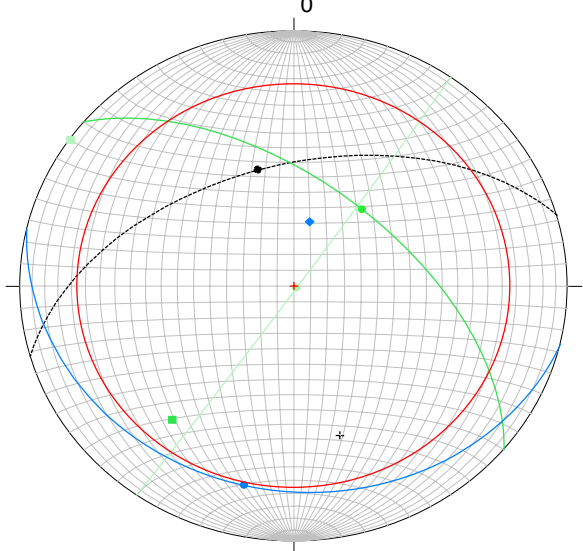
Cuadro 95: Estación de trabajo T8-1-8.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca												
Estación T8-1-8 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)							
VARIABLES												
Orientación	N22°E24°S	N57°W81°N	N10°W65°S	Presenta sentido N75°W, con inclinación 54° al Norte	17	97,02	N36°W27°N	22	42	57	35	Parcialmente estable
Persistencia(m) RMR(89)	0,3	0,5	0,7									
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,2	0,25									
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,2	0,25									
Abertura (mm) RMR(89)	3	3	3									
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso	arcilloso									
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa									
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Muy favorable											
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda											
Meteorización ISRM(77)	Ligeramente alterada											
Agua subterránea RMR(89)	Seca											
Modelo Geotécnico												
Análisis Cinemático												
Se puede generar una falla planar con la estratificación.												

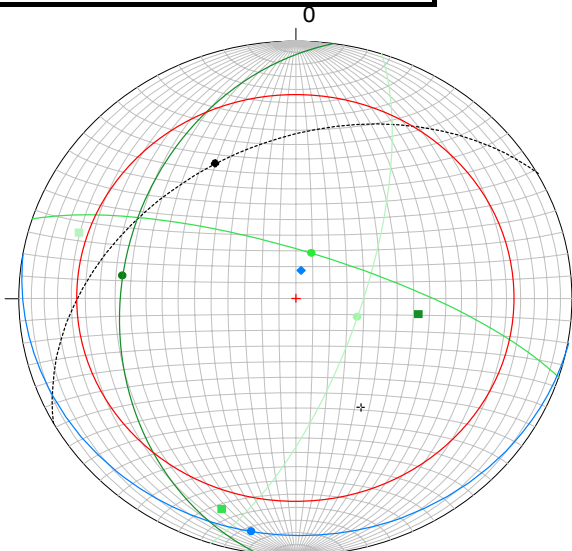
Cuadro 96: Estación de trabajo T9-1-9.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación T9-1-9 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud			Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)								
VARIABLES														
Orientación	N35°E89°S	N50°W58°N		N83°E, Inclinado 50° al Norte	35	15,72	N77°W21°S	22	29	44	25	Parcialmente estable	$\phi=23$ con $C= 2,5\text{kg/cm}2$	$\phi=24$ con $C= 2,5\text{kg/cm}2$
Persistencia(m) RMR(89)	1,2	1,2												
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,2												
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,2												
Abertura (mm) RMR(89)	2	2												
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Muy Desfavorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda													
Meteorización ISRM(77)	Altamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
<ul style="list-style-type: none"> + Plano del Talud T9-1-9 • Línea de máxima pendiente del T9-1-9 ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano D1 ■ Línea de máxima pendiente de D2 ■ Plano D2 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación ♦ Plano de estratificación + Ángulo de fricción interna 														
Análisis Cinemático														
No presente ningun tipo de falla cinemática.														

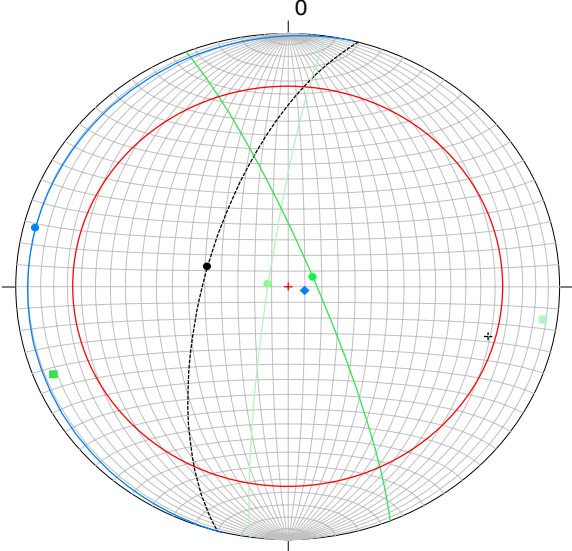
Cuadro 97: Estación de trabajo T10-1-10.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T10-1-10 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N35°E89°S	N50°W58°N		N74°E, Inclinado 51° al Norte	30	N77°W21°S	22	51	55,1	25	Parcialmente estable	$\phi=23$ con $C= 2,5\text{kg/cm}2$	$\phi=24$ con $C= 2,5\text{kg/cm}2$
Persistencia(m) RMR(89)	1,2	1,2											
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,2											
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,2											
Abertura (mm) RMR(89)	2	2											
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso											
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa											
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Muy favorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda												
Meteorización ISRM(77)	Altamente alterada												
Agua subterránea RMR(89)	Seca												
Modelo Geotécnico													
 <ul style="list-style-type: none"> + Plano del Talud T10-1-10 • Línea de máxima pendiente del T10-1-10 ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano D1 ● Línea de máxima pendiente de D2 ■ Plano D2 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación ◆ Plano de estratificación + Ángulo de fricción interna 													
Análisis Cinemático													
No presente ningun tipo de falla.													

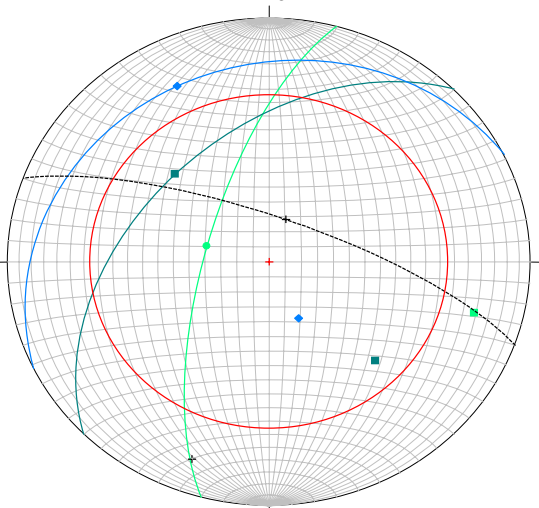
Cuadro 98: Estación de trabajo T11-1-11.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación T11-1-11 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)									Longitud (L)(m)
VARIABLES														
Orientación	N18°E71°S	N72°W75°N	N8°E37°N											
Persistencia(m) RMR(89)	1,5	0,7	0,9	N61°E, Inclinado 40° al Norte	27	107,31	N80°W9°S	22	63	56,6	25	Parcialmente estable	$\phi=23$ con C= 2,5kg/cm2	$\phi=24$ con C= 2,5kg/cm2
Frecuencia RMR(89)	0,25	0,25	0,33											
Separación (m) RMR(89)	0,25	0,25	0,33											
Abertura (mm) RMR(89)	>5	>5	>5											
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso	arcilloso											
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa											
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Muy favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda													
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
														
Análisis Cinemático														
Se presenta falla en cuña entre D3 y D2.														

Cuadro 99: Estación de trabajo T12-1-12.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T12-1-12 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud									
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)	Longitud (L)(m)	Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI
VARIABLES													
Orientación	N8°E84°N	N22°W82°N		N61°E, Inclinado 40° al Norte	27	107,31	N14°E5°N	22	41	42	25	Parcialmente estable	$\phi=23$ con C= 2,5kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	3	1,5											
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33											
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33											
Abertura (mm) RMR(89)	<5	<5											
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso											
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa											
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Muy Desfavorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca muy blanda												
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada												
Agua subterránea RMR(89)	Seca												
Modelo Geotécnico													
 <ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente del Talud T12-1-12 + Plano de T12-1-12 ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano D1 ● Línea de máxima pendiente D2 ■ Plano D2 ● Línea de máxima pendiente de estratificación ◆ Plano de estratificación + Ángulo de Fricción interna 													
Análisis Cinemático													
No presente ningun tipo de falla.													

Cuadro 100: Estación de trabajo T19-1-19.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca											
Estación 17-18-19 conglomerado- limolitas	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)						
VARIABLES											
Orientación	N45°E48°N	N15°E70°N		Presenta sentido N81°E, con pendiente 79° al norte	40	315	N64°E21°N	32	44	50	35
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5									
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33									
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33									
Abertura (mm) RMR(89)	1	1									
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa									
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa									
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Medianamente Desfavorable										
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Muy Blanda										
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente Alterado										
Agua subterránea RMR(89)	Húmeda										
<p style="text-align: center;">Modelo Geotécnico</p>  <ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano de D1 ■ Línea de máxima pendiente de D2 ■ Plano de D2 ◆ Línea de máxima pendiente de la estratificación ◆ Plano de estratificación ● Línea de máxima pendiente del Talud T19-1-19 ● Plano del T19-1-19 ● Ángulo de fricción interna 											
<p style="text-align: center;">Análisis Cinemático</p> <p style="text-align: center;">Se presenta posible falla planar con el sistema de D2 y D1.</p>											

Cuadro 101: Estación de trabajo T20-1-20.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación T20-1-20 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ Y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)									Longitud (L)(m)
VARIABLES														
Orientación	N50°E52°N	N13°E72°N		Presenta sentido N67°W, con pendiente 79° al norte	45	500	N72°W20°N	22	37	41,6	25	Parcialmente Estable	$\phi=23$ con C= 2,5kg/cm2	$\phi=24$ con C= 2,5kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	2	1,5												
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,33												
Separación (m) RMR(89)	0,33	0,33												
Abertura (mm) RMR(89)	1	1												
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Desfavorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda													
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Seca													
Modelo Geotécnico														
<ul style="list-style-type: none"> ● Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano de D1 ● Línea de máxima pendiente de D2 ■ Plano de D2 ● Línea de máxima pendiente de la estratificación ■ Plano de estratificación ● Línea de máxima pendiente del Talud T20-1-20 ■ Plano de T20-1-20 ● Ángulo de fricción interna 														
Análisis Cinemático														
<p>Se presenta falla en cuña con los planos D1 y D2.</p>														

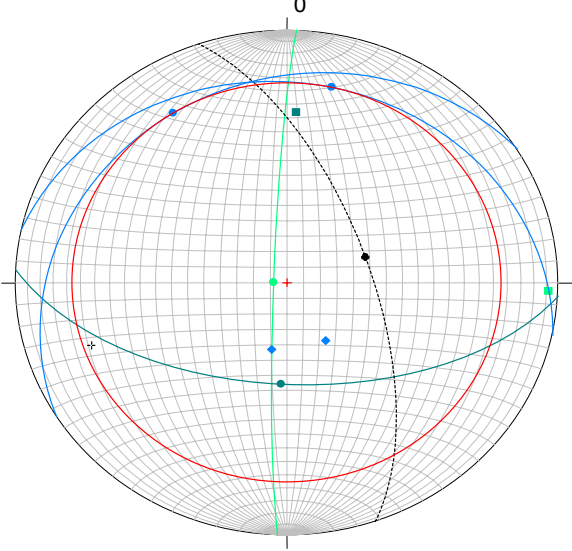
Cuadro 102: Estación de trabajo T24-1-24.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T24-1-24 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)								
VARIABLES													
Orientación	N3°E89°N	N80°W28°S		Presenta sentido N30°E, con pendiente 83° al sur.	12	190,36	N5°E34°S Fm. Betijoque, N58°E22°N Fm. Carvajal.				Parcialmente estable	$\phi=23$ con C= 2,5kg/cm2	$\phi=24$ con C= 2,5kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	1	4											
Frecuencia RMR(89)	0,33	0,5											
Separación (m) RMR(89)	0,3	0,5											
Abertura (mm) RMR(89)	3	3											
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso											
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugoso	Lig. Rugoso											
Disposición foliación/Estratíf. frente al Talud	Desfavorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda												
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente Meteorizada												
Agua subterránea RMR(89)	Seca												
Modelo Geotécnico													
Análisis Cinemático													
<p>Se presenta falla en cuña entre la estratificación y D2, falla en cuña con D1 y D2, falla planar con la estratificación y con D2.</p>													

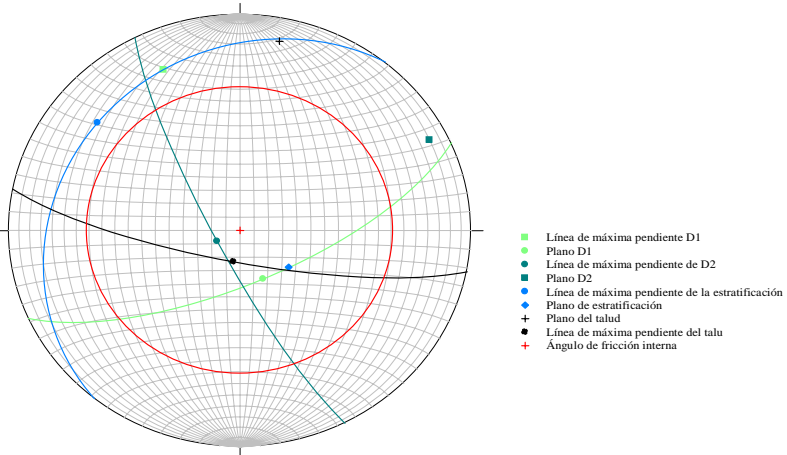
Cuadro 103: Estación de trabajo T25-1-25.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca											
Estación T25-1-25 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	ϕ (°)	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR ϕ (°) y C promedio RMR
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)						
VARIABLES											
Orientación	N2°E86°N	N87°W57°S		Presenta sentido N19°W, con pendiente 75° al sur.	14	190,36	N78°W22°N Fm. Betijoque, N58°E22°N Fm. Carvajal.				
Persistencia(m) RMR(89)	3	3									
Frecuencia RMR(89)	0,5	0,33									
Separación (m) RMR(89)	0,5	0,33									
Abertura (mm) RMR(89)	3	3									
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso									
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugoso	Lig. Rugoso									
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Medianamente Favorable										
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda										
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente Meteorizada										
Agua subterránea RMR(89)	Seca										
Modelo Geotécnico											
						<ul style="list-style-type: none"> ■ Línea de máxima pendiente de D1 ■ Plano de D1 ■ Línea de máxima pendiente de D2 ■ Plano de D2 + Línea de máxima pendiente del Talud T25-1-25 + Plano T25-1-25 ◆ Plano de Estratificación ● Línea de máxima pendiente de la estratificación + Ángulo de fricción 					
Análisis Cinemático											
<p>Se presenta una falla en cuña entre los dos sistema de diaclasa, además de presentarse una posible falla planar en la estratificación de la Fm. Carvajal.</p>											

Cuadro 104: Estación de trabajo T26-1-26.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca													
Estación T26-1-26 Arenisca de grano fino	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR $\phi(^{\circ})$ y C promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI	
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)								Longitud (L)(m)
VARIABLES													
Orientación	N2°E86°N	N87°W57°S		Presenta sentido N19°W, con pendiente 65° al norte.	19,57	277	N78°W22°N Fm. Betijoque, N58°E22°N Fm. Carvajal.				Parcialmente estable	$\phi=23$ con C= 2,5kg/cm2	$\phi=24$ con C= 2,5kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	3	3											
Frecuencia RMR(89)	0,5	0,33											
Separación (m) RMR(89)	0,5	0,33											
Abertura (mm) RMR(89)	3	3											
Relleno RMR(89)	arcilloso	arcilloso											
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugoso	Lig. Rugoso											
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Medianamente Favorable												
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda												
Meteorización ISRM(77)	Moderadamente Meteorizada												
Agua subterránea RMR(89)	Seca												
Modelo Geotécnico													
													
Análisis Cinemático													
Se presenta una posible falla planar en la estratificación de la Fm. Betijoque.													

Cuadro 105: Estación de trabajo T33-1-33.

Tabla para Análisis Cinemático de Taludes de Corte y Laderas en Roca														
Estación: T33-1-33 Arenisca	Diaclasas			Talud		Foliación/ Estratificación	$\phi(^{\circ})$	RMR	SMR	GSI	Grado estabilidad SMR	$\phi(^{\circ})$ y C	promedio RMR	$\phi(^{\circ})$ y C promedio GSI
	1sistema	2sistema	3sistema	Rumbo y Pendiente	Altura (h)(m)									
Orientación	N66°E70°S	N27°W81°S		Presenta sentido N79°w, con pendiente 78° al sur	12,43	51,45	N39°E22°N	34	47	39,5	45	Inestable	$\phi(^{\circ})=30^{\circ}$ Y C=3Kg/cm2	$\phi(^{\circ})=30^{\circ}$ Y C=3,8 Kg/cm2
Persistencia(m) RMR(89)	3	3												
Frecuencia RMR(89)	0,2	0,2												
Separación (m) RMR(89)	0,2	0,2												
Abertura (mm) RMR(89)	3	3												
Relleno RMR(89)	arcillosa	arcillosa												
Rugosidad RMR(89)	Lig. Rugosa	Lig. Rugosa												
Disposición foliación/Estratif. frente al Talud	Favorable													
Resistencia (Roca intacta) ISRM ampliada(78)	Roca Blanda													
Meteorización ISRM(77)	Ligeramente alterada													
Agua subterránea RMR(89)	Húmeda													
Modelo Geotécnico														
														
Análisis Cinemático														
<p>Se presenta una posible falla planar con D1 y una posible falla en cuña con D2 y D1.</p>														

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la finalidad de realizar el análisis de la susceptibilidad, se tomaron y se vincularon todos los resultados de ensayos en laboratorio y la relación entre los factores condicionantes, además de acotar los procesos de remoción en masa y erosión hídrica.

Las unidades informales definidas permitieron identificar y cuantificar los grados de susceptibilidad y la relación entre cada factor, es por esta razón que el análisis se hizo por unidad.

La unidad de depósitos coluviales: es un material heterogéneo cuya matriz está conformada por minerales de arcilla, entre un 10% a un 28%, los cuales ante la presencia de agua pueden facilitar el desmoronamiento de capas de coluvión o deslizamientos a lo largo de un plano profundo de debilidad.

Esa mezcla heterogénea de materiales semiconsolidados y la presencia de minerales de arcillas, originan importantes deslizamientos a la reacción con el agua, debido a la inconsistencia que presenta la matriz saturada sobre los cantos y al posible estado plástico de la misma.

La presencia de agua para la matriz del coluvión es de suma importancia, debido a las reacciones que se puedan generar con las arcillas, aunado a la presencia de niveles freáticos y pluviométrica en conjunto, hacen que se condicione el comportamiento del material tendiendo a un estado plástico. De los ensayos de laboratorio en la muestra de suelo MS-2-1(3), se obtuvo que el contenido de humedad natural es de 17,9%, mientras que el límite plástico para la misma es de 25,5%.

Para la unidad de terrazas: la presencia de caolinita e illita en conjunto, arroja un porcentaje de abundancia entre un 7% a un 18%, condicionando la estabilidad de la

roca. Las variables a considerar para la estabilidad estarán influenciadas por la relación presentada entre la litología con los factores pendiente y vegetación.

Los relieves escarpados (con pendiente $>80^\circ$), no permiten la exposición directa de la superficie de la misma ante los factores detonantes (climáticos y pluviométricos), permitiendo que presentara un bajo porcentaje de humedad.

En los relieves que se encontraban más expuestos a los factores climáticos, en su mayoría, presentaban una densa cobertura vegetal (V4 y V5), que mantenían bajo el porcentaje de humedad, al interactuar con los fenómenos que pudieran incrementarlo (pluviometría). Esto es apreciable entre Jiménez y La Meseta de Chimpire, Local 1.

Con referencia a lo anterior, la muestra MS-1-6(7) presenta un porcentaje de humedad del 5% con un límite plástico del 19,8 %. Estos valores permiten concluir que se encuentran alejados de un comportamiento plástico. Cabe destacar, que dicha muestra fue tomada en un talud con pendiente mayor a los 80° y en condiciones activas de pluviosidad.

En general, la estabilidad de esta unidad (terrazza) está ligada y controlada por los factores pendiente-vegetación. Los procesos de remoción en masa están asociados a los desprendimientos de cantos, debido a la pérdida de cohesión de la matriz sobre los cantos, debido a los continuos escurrimientos en una rata de tiempo.

La unidad areniscas intercaladas con limolitas y lutitas (UALL): representa la roca con mayor inestabilidad dentro de la zona de estudio, ya que los procesos de remoción de masa están asociados con deslizamientos traslacionales y rotacionales, caída de rocas, flujo de suelos, flujo de detritos y flujo de rocas, mientras que la erosión hídrica se vincula a la erosión laminar, en surcos y en cárcavas.

Su proceso de estabilidad está influenciado por la relación existente del factor litológico con los factores pendiente, vegetación y cinemática.

Cuadro 106: Abundancia de minerales de arcilla, goethita y moscovita para (UALL), análisis de difracción de rayos X.

Muestra	Caolinita	Illita/mosc	Esméctita	goethita	Ill/Esméctita
MS-1-6(6)	ME	ME	-	-	-
MS-1-3(3)	E	ME	ME	ME	-
MS-1-2(3)	ME	ME	-	ME	-
MS-1-3(4)	E	ME	E	ME	-
Ms-1-9(10)	E	E	ME	ME?	ME

Escasa (14-5%), Muy Escaso (4-1%).

En el cuadro 106, es concerniente al resultado de difracción de rayos X, se observa de manera resumida, la presencia de arcillas para las muestras recolectadas durante el trabajo de campo. En estas muestras se puede apreciar que la presencia de arcillas oscila entre un 20% y un 30%.

La muestra de suelo MS-1-3(3), tomada en un flujo de suelo, presentaba un contenido de agua próximo al estado plástico, debido a que dicha muestra se moldeaba al esfuerzo ejercido al apretarla con el puño de la mano (se comportó como plastilina), bajo un contenido de humedad de 15.8%, considerando que el límite plástico determinado fue de 16,4%.

Las pendientes entre los 15°-70° exponen la litología a factores detonantes (pluviométricos), aumentando la humedad cuando está desprovista de vegetación. La estabilidad para estas pendientes es efectiva cuando la cobertura vegetal es densa (V5, V4 y V3).

Para V3, los relieves suelen ser cóncavos hacia arriba, mientras para V4 y V5 son cóncavos hacia abajo. La cobertura vegetal en este tipo de material protege el suelo, evitando el incremento en la humedad. De esta forma, la vegetación actúa como aislante en la reacción entre las arcillas y el contenido de agua. La presencia de

humedad en este tipo de material es de suma importancia, por esta razón el factor pendiente y vegetación tienen gran influencia para la estabilidad.

La densidad de la cobertura vegetal V1 y V2, no ofrece protección al suelo con respecto al contenido de humedad. Considerando un ejemplo, el límite líquido para las muestras MS-1-7(9) y MS-1-3(3) es de 17,9%, y los porcentajes de humedad natural al tomarse fueron 15,9% y 16,6%, respectivamente. Ambas muestras estuvieron comportándose en estado plástico durante el proceso de inestabilidad.

En el gráfico 78 se presenta las líneas de tendencia de los límites de consistencia para las muestras tomadas de la unidad UALL:

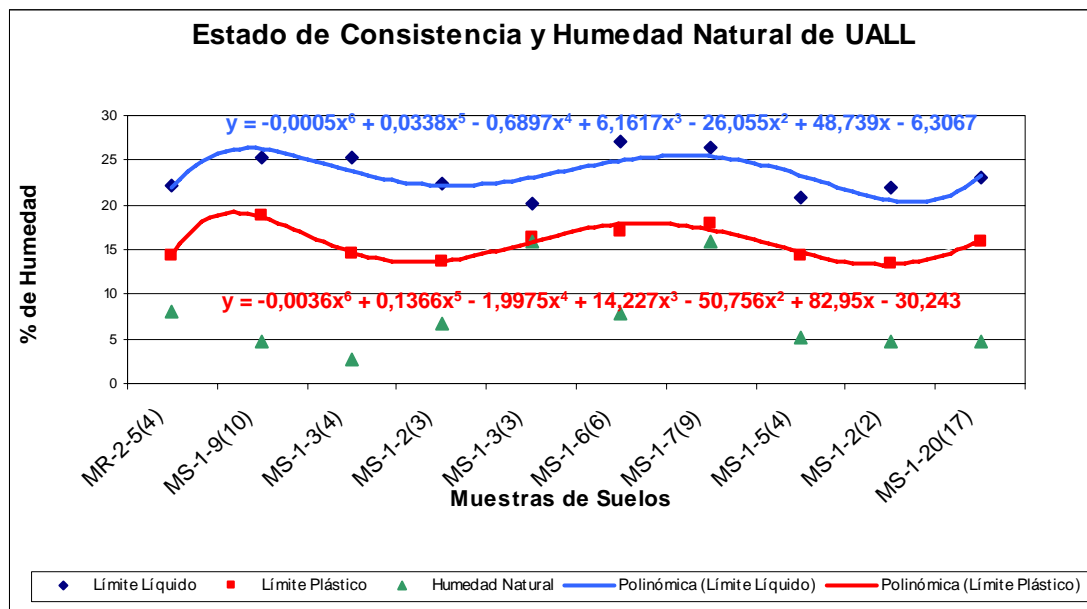


Fig. 78: Estado de consistencia y humedades naturales de la unidad UALL.

La figura que muestra el gráfico 78, se elaboró por medio de un ajuste de polinomio de grado seis, el cual permite observar las tendencias de los límites de consistencia. La línea roja representa el límite plástico relativo de las muestras y la línea azul, el

límite líquido. La región que se presenta entre la línea azul y roja, es el índice de plasticidad relativo de las muestra, representando el estado plástico para los suelos de la UALL. La región por debajo de la línea roja representa el estado sólido de las muestras, mientras que las que están por encima de la curva azul es la región del estado líquido para las muestras. Los puntos verdes son las humedades en que fueron tomadas las muestras.

La unidad de areniscas intercaladas con lutitas y limolitas (UALL), considerando el material fino (lutitas y limolitas) específicamente, se encuentra asociada a procesos de exodinámica externa, destacando valores de humedad natural máximo de hasta un 15,8%, presentándose límite líquido y plástico de 27,2% y 16,4%, respectivamente.

De acuerdo al análisis petrográfico de la unidad de areniscas intercaladas con lutitas y limolitas (UALL), específicamente el material fino, se encuentra compuesto por los siguientes minerales: illita (40%), caolinita (25%), cuarzo (25%), óxido de hierro (5%), fragmentos de roca (2%), plagioclasa (2%), moscovita (1%). Cabe destacar que los ensayos de difracción de rayos X proyectan valores de contenidos de mineral de arcilla (caolinita, illita y esméctitas) entre 4 y 14%.

La unidad de conglomerados intercalados con lutitas (UCL), son las segundas más inestables. Están asociados a caídas de rocas, erosión en surcos y erosión laminara

Su inestabilidad está ligada estrechamente a los procesos de socavación que se presentan en las capas relativamente más blandas (limonitas y areniscas). Éstas, al socavarse, generan desequilibrio en la columna suprayacente, que posteriormente se reflejará en la caída de bloques de roca.

Al igual que la estabilidad en la unidad UALL, la unidad UCL está influenciada por la estrecha relación entre la pendiente y la vegetación.

Para la unidad conformada por conglomerados y lutitas, específicamente el material fino, se presentó bajo un porcentaje de humedad mínimo de 4,2% y valor máximo de 14,8%, presentando a su vez, valores de límites plástico y líquido entre (13,4 – 18,4%) y (21,2 - 32,4%), respectivamente.

Cabe destacar, que para el material limoso dentro la matriz del conglomerado, de características limo-gravo-arenosas, se presentan valores en rango de humedad entre 2,8 y 7,5%, con datos de límite plástico entre los 23,8% a 28,2%.

Cuadro 107 : Abundancia de minerales de arcilla, goethita y moscovita para (UCL)., ensayo de difracción de rayos X.

Muestra	Caolinita	Illita/mosc	Esméctita	goethita	Ill/Esméctita
MS-2-16(6)	E	ME	-	ME	-
MS-1-6(5)	E	ME	-	E	-
MS-2-7(10)	MP	E	ME	-	-
MS-2-6(8)	E	ME	-	ME	-

Escasa (14-5%), Muy Escaso (4-1%) Menor Proporción (34-15%).

De acuerdo a los ensayos de difracción de rayos X, cuadro 107, se presentaron valores de contenidos de mineral de arcilla entre (5 y 10%) aproximadamente. Considerando el análisis petrográfico se tiene un conglomerado polimíctico, con fragmentos de roca (55%), cuarzo (25%), matriz con óxido de hierro (20%). Ver descripción petrográfica

Mientras que para la lutita el contenido mineralógico se encuentra integrado por colinita e illita (75%), cuarzo (20%), feldespatos (4%) y esfena (1%).

La unidad de Filita (UF), identificada como filita sericítica cuarzo plagioclásica, se encuentra compuesta mineralógicamente por sericita (49%), cuarzo (40%), plagioclasa (5%), esfena (3%), epidoto (2%) y hematita (1%).

Los procesos de remoción en masa en la unidad (UF) pueden estar asociados a la presencia de manantiales. La presencia de agua en los planos de las discontinuidades, disminuye las condiciones de estabilidad cinemática. Además de generar meteorización y disminución de la calidad de la roca.

En general, la cinemática esta relacionada con la disposición espacial de la estratificación y/o foliación con los sistemas de diaclasas. La socavación de las capas menos competentes presentes en las unidades UALL y UCL, reactivarán las fallas cinemáticas para la discontinuidades de la roca, generando a futuro procesos asociados a fallas cinemáticas y movimientos en masa

De acuerdo a los resultados ofrecidos por las proyecciones hemisféricas, en función a la abundancia del tipo de falla geotécnica presente en toda la zona de estudio se tiene:

- Fallamiento en cuña (75%).
- Fallamiento planar (20%).
- Fallamiento por volcamiento (4%).
- Circular (2%).

En La figura 79, se muestra el gráfico que expresa los porcentajes generales de fallas cinemáticas, para las unidades UALL, UCL y UF.

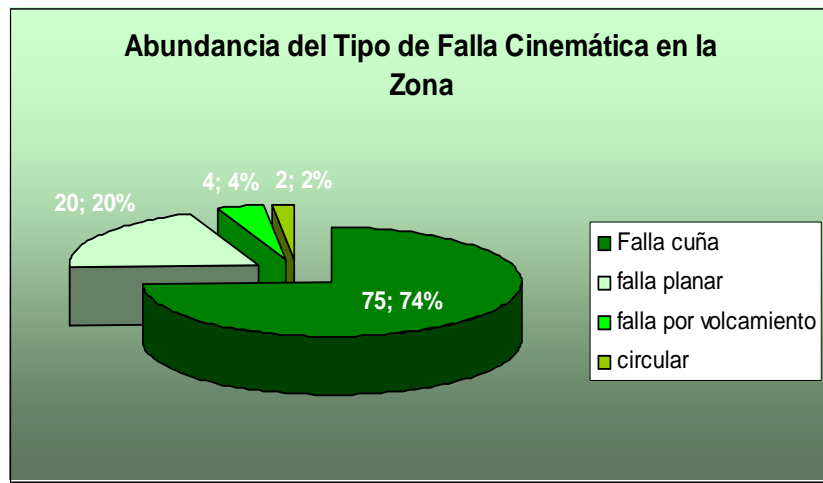


Fig. 79: Abundancia de fallas cinemáticas en la región de estudio.

A continuación se presentan los porcentajes de las fallas cinemáticas por unidad informal:

1) Unidad de filita (UF):

- Fallamiento en cuña (35%).
- Fallamiento planar (60%).
- Fallamiento por volcamiento (3%).
- Circular (2%).

En la figura 80, se expresan los porcentajes generales de fallas cinemáticas, para la unidad de filitas (UF).

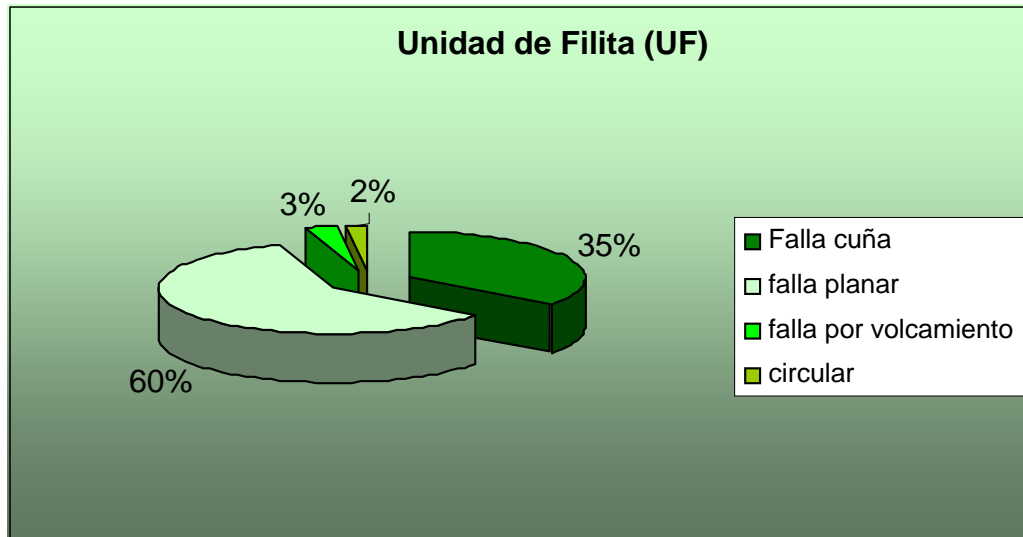


Fig.80: Fallas cinemáticas para la UF.

2) Unidad de Conglomerado y Lutita (UCL):

- Fallamiento en cuña (80%).
- Fallamiento planar (10%).
- Fallamiento por volcamiento (5%).
- Circular (5%).

En la figura 81, se expresan los porcentajes generales de fallas cinemáticas, para la unidad de conglomerados y lutitas (UCL):

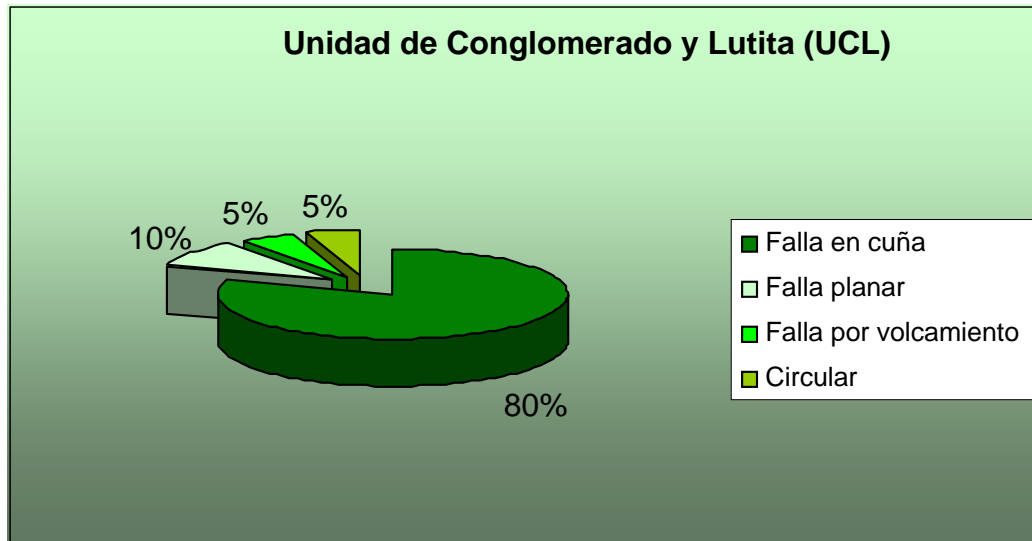


Fig.81: Fallas cinemáticas para UCL.

3) Unidad de Arenisca, Limolita y Lutita (UALL):

- Fallamiento en cuña (90%).
- Fallamiento planar (8%).
- Fallamiento por volcamiento (1%).
- Circular (1%).

En el figura 82, se expresan los porcentajes generales de fallas cinemáticas, para la unidad de arenisca, lutita y limolita (UALL):

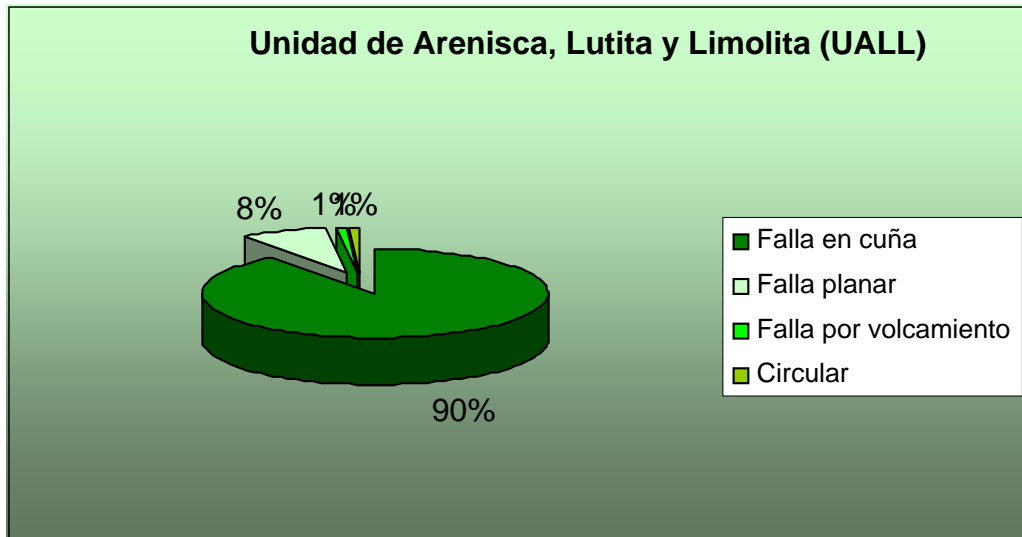


Fig.82: Fallas cinemáticas para UALL.

En el caso de las unidades conformadas por coluvión y por terrazas, solo se apreció fallas de índole circular, en pocos casos.

Según la clasificación del ISRM, la meteorización dentro del conjunto total de unidades, se encuentra caracterizada por una roca altamente meteorizada (HW), siguiéndole la condición moderadamente meteorizada (MW).

En la figura 83 se muestra la distribución de la susceptibilidad en la zona de estudio:

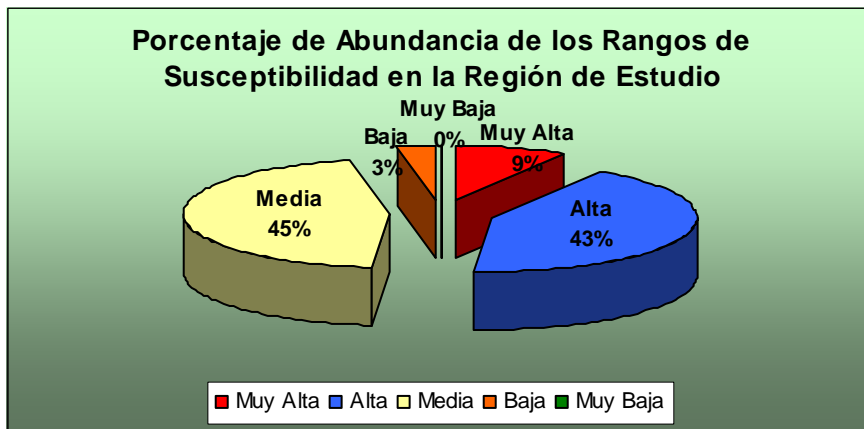


Fig. 83: Distribución general de la susceptibilidad en la región de estudio.

La figura 83, permite dar a conocer los respectivos resultados porcentuales promedio obtenidos de la aplicación de la metodología de análisis de susceptibilidad para las unidades de trabajo estudiadas en el Eje Vial y Local 1. El gráfico de la figura 83, muestra que la susceptibilidad media es la predominante en la zona, con un 45%. Con menor proporción se encuentra la susceptibilidad alta, con 43%. Por último la susceptibilidad muy alta con 9% y la susceptibilidad baja con 3%.

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad para la unidad de areniscas lutitas y limolitas (UALL), figura 84:

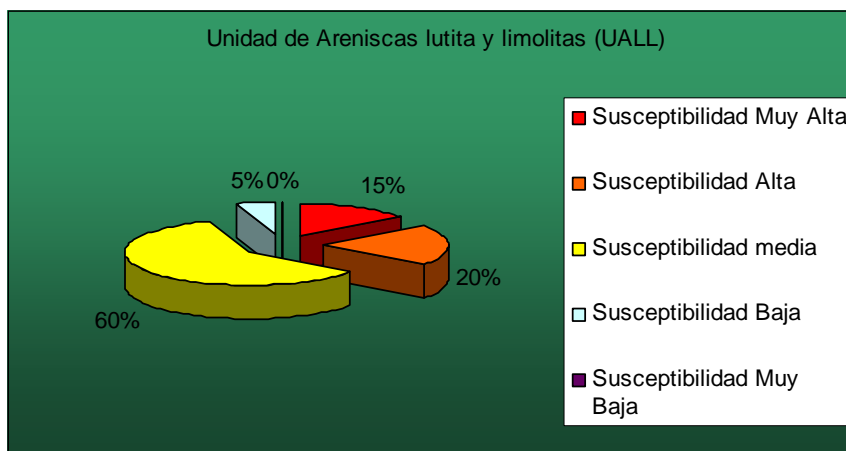


Fig.84: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de Areniscas Lutitas y Limolitas

La figura 84, refleja el dominio de la susceptibilidad media con un 60%, siguiéndole 2 tendencias de 15% y 20%, correspondientes a susceptibilidad Muy alta y alta respectivamente.

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad para la unidad de coluviones (UC), figura 85:

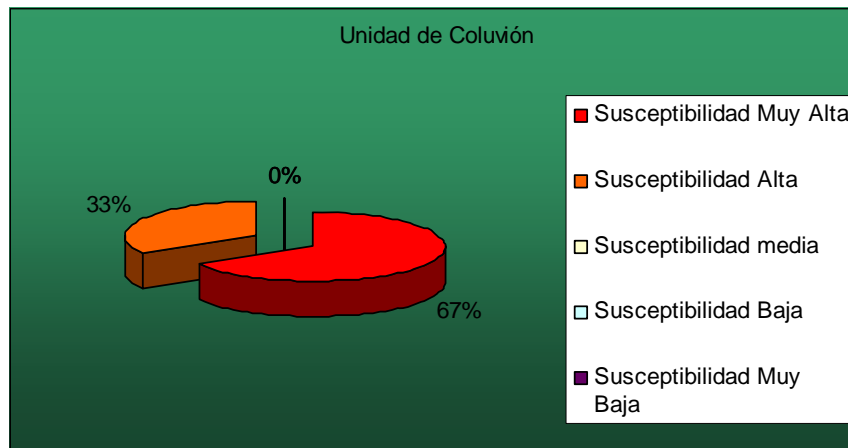


Fig.85: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de Coluvión.

La figura 85, refleja el dominio de la susceptibilidad muy alta y alta, dando a conocer por consiguiente el estado de la unidad.

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad para la unidad de filitas (UF), figura 86:

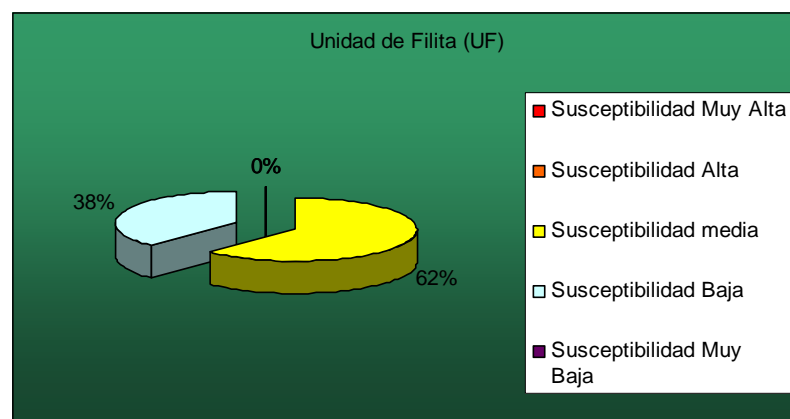


Fig.86: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de Filita

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad para la unidad de conglomerado y lutita (UCL), figura 87:

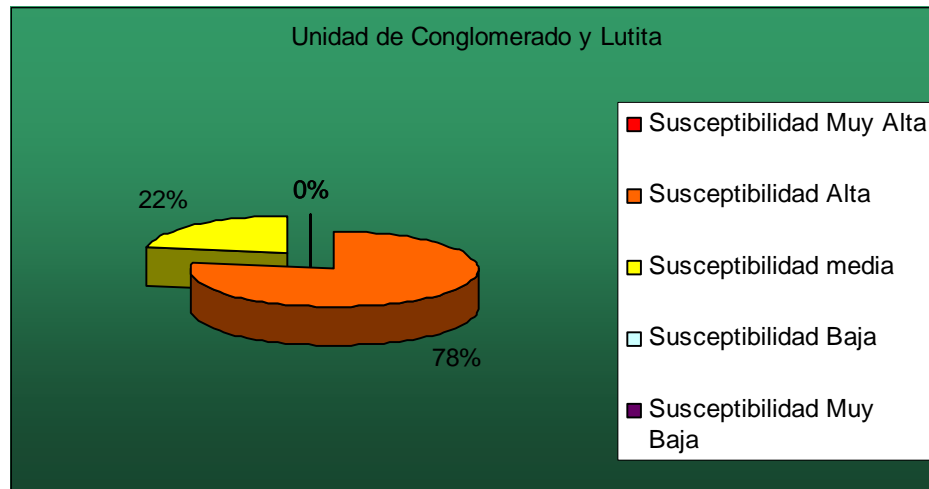


Fig. 87: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de Conglomerado y Lutita.

La figura 87, presenta como condición dominante la susceptibilidad alta, siguiéndole la susceptibilidad media.

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad para la unidad de terraza (UT), figura 88:

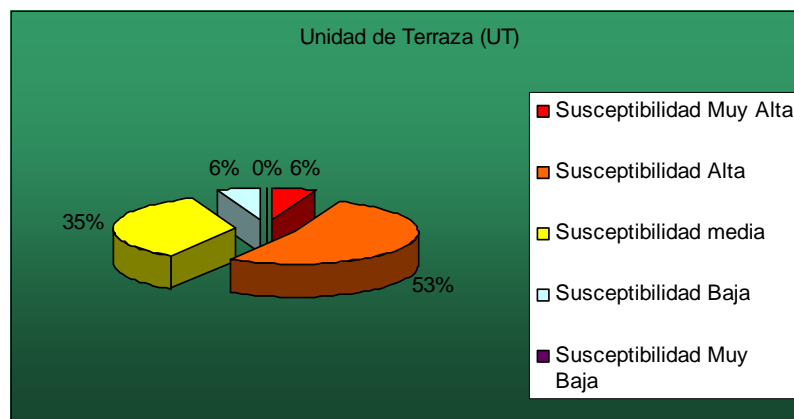


Fig.88: Distribución de la susceptibilidad en la unidad de terraza (UT).

La figura 88, devela como condición principal la susceptibilidad alta, prosiguiéndole la media, la baja y muy alta respectivamente.

CONCLUSIONES

Dentro del diagnóstico general de susceptibilidad, pudo observarse que la metodología se ajusta en buena medida con el estado real de las diferentes unidades de trabajo estudiadas, por una parte porque se logran contrastar aquellas unidades mas susceptibles a movimientos en masa de las que presentan mayor estabilidad; y por otra parte, porque estos resultados se corresponden con la influencia de las variables o parámetros evaluadores propuestos en la metodología para cada una de las unidades estudiadas.

Para taludes con exposición 100% roca, con calidad media a buena (según SMR), los valores de susceptibilidad tienden a ser un poco mas elevados de lo esperado, sobre todo cuando se encuentran desprovistos de vegetación. No obstante, para efectos del estudio realizado a los taludes presentes en la zona, estos, por presentar capas blandas estratificadas y encontrarse en su mayoría socavadas y con fallamiento en cuña, hacen que ocurran procesos exodinámicos (caída de rocas, flujo de rocas, entre otros), ocasionando la inestabilidad del macizo, concluyendo, de esa manera, que por medio de estas capas se explique el aumento de la susceptibilidad.

Se establecieron tres unidades geomorfológicas, conformadas por la unidad de valles amplios, unidad de terrazas y unidad en colinas de piedemonte. Los niveles de terraza y el encajonamiento de los ríos principales, son el reflejo de la fase del levantamiento de la cordillera, a su vez, las colinas de piedemonte son el resultado de la interacción de las variables litología y clima, con el modelado del relieve.

Los valles y el curso de los ríos, presentes en la zona de estudio, están adaptados a las estructuras geológicas. El valle del Río Motatán, esta siendo influenciado por la Falla de Motatán, y el curso de este sigue su trayectoria. Algunos de los tramos del Río Castán están controlados por el rumbo de las discontinuidades (familias de diaclasas). El Qda. Chimpire sigue la trayectoria del eje de pliegue del Sinclinal de Bella Vista.

Dentro de los procesos de remoción en masa y erosión hídrica más característicos en el área y de acuerdo a las unidades informales estudiadas y a su densidad, se presentan los siguientes:

- Para la unidad de limolita y lutita (UALL), se tiene que los procesos geomorfológicos más representativos son: los niveles de socavación (35%), erosión en cárcavas y surcos (35%), flujo de detritos (10%), deslizamiento rotacional en suelos y transnacional en roca y suelo (10%), flujo de suelos y de rocas (10%).
- Para la unidad de conglomerado y lutita (UCL), los procesos geomorfológicos más característicos son: niveles de socavación (45%), flujo de roca y suelo (15%), erosión en cárcavas y surcos (20%), caída de cantos de roca (10%), deslizamiento rotacional de detritos (5%), entre otros (5%).
- Para la unidad de filita (UF), los procesos geomorfológicos más emblemáticos son: caída de rocas (75%), flujo de rocas y detritos (15%), entre otros (10%).
- Para la unidad de terraza (UT): caída de rocas (70%), niveles de socavación (10%), erosión en cárcavas y surcos (15%), entre otros (5%).
- Para la unidad de coluvión (UC): flujo de rocas y detritos (35%), deslizamiento rotacional (5%), erosión en cárcavas (55%), entre otros (5)

De acuerdo al mapa isoyético de 1996 y en correspondencia con los datos suministrados por las estaciones pluviométricas, Pampán, Trujillo-Liceo y Las Cruces, se tiene mayor presencia de procesos de remoción en masa entre Pampán y Jiménez, ya que en estas zonas se hace mayor la densidad pluvial y la roca es relativamente más blanda que las rocas encontradas en la parte sur.

De acuerdo a las condiciones físicas de las rocas y de los suelos, las formaciones más vulnerables están representadas por las unidades que presentan lutitas en destacables cantidades; sus valores en cuanto a calidad de roca se presentan con una clase de estabilidad, entre totalmente inestable e inestable, ocasionalmente son parcialmente estables.

Las condiciones de estabilidad dependerán de la densidad de la cobertura vegetal. Cabe destacar que la cobertura V3, V4 y V5, presentes en la zona, son las que brindan mayor estabilidad a esta roca y suelo.

El material de la roca lutítica de la UALL, se encuentra conformada por filosilicatos hidratados de aluminio, tales como la illita y caolinita, como lo indican los ensayos de difracción de rayos X. Los minerales de arcilla presentan una abundancia de hasta el 20% del total de la muestra, haciendo expansivo e inestable el material.

Los taludes lutíticos y limolíticos, que presentan pendientes entre los 30° a 70°, exhiben mayor cantidad de movimientos en masa y erosión hídrica, debido a que la roca está con mayor superficie de exposición a los factores climáticos, pluviométricos y condicionales.

Asimismo, dentro de la unidad UCL, la lutita se presenta maciza, con valores máximos de resistencia a la compresión simple hasta R3. Estas mejoras en las condiciones físicas se deben a que están menos expuestas a la interacción con factores climáticos, ya sea por inclinación en la pendiente (>80°) y cobertura vegetal densa, a su vez estas condiciones físicas contrastan con las lutitas encontradas en el Eje Vial.

La presencia de agua subterránea en la región, disminuye la resistencia a la compresión uniaxial de la roca en el caso de la unidad de filita (UF). Observándose el contraste en zonas secas con valores de hasta R4, mientras que en zonas húmedas valores de hasta R2. Por lo general, la foliación estaba a favor de la pendiente del

talud, generando fallas cinemáticas y procesos geomorfológicos asociados, que tienden más frecuentes por la presencia de agua.

Suprayacente a esta unidad (UF) se encuentra la mayoría de los coluviones reportados en la zona, como se describió en el capítulo V, estos cuerpos litológicos están conformados por cantos de la Fm. Mucuchachí, muy meteorizados, angulosos, embebidos en una matriz limosa y condiciones húmedas, que ocasionaban inestabilidad a los relieves asociados.

Los ángulos de fricción de las discontinuidades tienden a ser bajos (22° a 26°) para la unidad de filitas, correspondiéndose estas condiciones con las fallas planares y a la caída de bloques reportadas en campo, de acuerdo con los ángulos ofrecidos de la ecuación de Choubey y Barton.

Las rocas conglomeráticas de la Fm. Carvajal presentan muy baja y baja susceptibilidad, esta condición se debe a la cohesión que presenta la matriz que soporta los cantos que conforma esta roca. A su vez en las laderas este valor de la cohesión tienden a disminuir por la infiltración y escorrentía de las aguas, trayendo consigo la caída de bloques (cantos de la roca) y procesos de erosión hídrica.

Para estos conglomerados el diseño de los taludes estuvo en un orden de pendiente entre los 80° a 90° , exponiendo poco a la superficie de la roca a factores climáticos. Este diseño permite a esta unidad presentar menos procesos de remoción en masa, aunque en los taludes que presentan el conglomerado suprayacente a la unidad de lutitas y limonitas, presentan inestabilidad, debido a que esta roca infrayacente presenta mas vulnerabilidad a factores climáticos y alteración de la roca, por lo tanto la base de estos taludes es inestable e indirectamente afectan a la roca suprayacente.

RECOMENDACIONES

- Para una máxima veracidad, y a su vez, para la corroboración de la data ofrecida por metodologías de campo, se recomienda realizar los ensayos de laboratorio respectivos (tanto para roca como para suelo), a fines de obtener aquellos parámetros físicos necesarios que contribuyan a la caracterización del tipo de material, tales como (ángulo de fricción Interna, cohesión, valor resistencia a la compresión, RQD, ensayo de expansividad, dispersividad, entre otros).
- Utilizar las clasificaciones geomecánicas como una herramienta preliminar para la caracterización y diagnóstico previo de las condiciones geológicas y por ende de estabilidad del macizo, no como estudio definitivo para el diseño de obras de mitigación.
- Considerar los pasos a seguir para la recolección de datos geológico geotécnicos, ofrecidos en la “guía de campo de este trabajo”, a fines de garantizar el orden necesario y la no omisión de variables que este tipo de estudio requiere.
- Se encuentran sujetas a ajuste las condiciones de estabilidad del perfil de meteorización, pudiendo anexársele ensayos específicos para los materiales, considerando una muestra representativa de unidades de trabajo.
- Estandarizar criterios prácticos para la obtención de data en campo, referidos a las características físicas y mecánicas, tanto de los suelos como de rocas ofrecidas por la ISRM, RMR, GSI, entre otras, a fin de unificar conceptos, mediciones, estimaciones manuales.
- Se recomienda, utilizar Sistema de Información Geográfico, a fin de crear una base de datos para la cartografía de mapas de inestabilidad.

- Realizar un seguimiento temporal de los factores condicionantes y todas aquellas variables que influyan en las condiciones de estabilidad.
- En caso de aplicar la metodología en otras regiones, será necesario el reajuste de todos los parámetros involucrados en esta metodología. Considerar el marco tectónico regional y datos pluviométricos a fin de crear un criterio real de las condiciones de estabilidad, así estos factores no se involucren dentro del criterio para realizar los mapas de susceptibilidad.
- En la etapa inicial de estos estudios, considerar con grados de relevancia la fotointerpretación para el diagnóstico de procesos de remoción en masa e igualmente, preparar mapas temáticos con las variables expuestas en este trabajo con informaciones de publicaciones y estudios anteriores, a fin de corroborar esta información durante el trabajo de campo al área de estudio.
- Considerar estudios hidráulicos de los drenajes más relevantes de la zona, a fin de de monitorear sus potenciales, estimando los período de inundación, y orientar estos estudios para calibrar susceptibilidad de la vialidad y población.
- Considerar la bioingeniería como parte del mecanismo para la mitigación de obras de estabilidad, estudiando un diseño de revegetación que permite la estabilización de relieves susceptibles a procesos de remoción en masa.

BIBLIOGRAFÍA

- Audemard, Frank (2000). *Schematic map of Quaternary faults of Venezuela*. Informe Inédito. FUNVISIS. Caracas. 1-20 p.
- Audemard, F.; Castilla, R. y Rodríguez J. (2002). *Ensayos de Cálculo de Amenaza Sísmica por Método Determinista en el Triángulo de Fallas Valera-Boconó-Oca en el Occidente de Venezuela*. FUNVISIS. Primer Simposio Colombiano de Sismología. <http://www.geocities.com>[Consulta 2005, octubre4].
- Ayala-Carcedo (2002). *Una Reflexión sobre los Mapas de Susceptibilidad a los Movimientos de Ladera, su Naturaleza, Funciones, Problemática y Límites*. Instituto Geológico y Minero de España. España. p. 7-20.
- Ayala-Carcedo, F. y Corominas Jordi (2003). *Mapas de Susceptibilidad a los Movimientos de Ladera con Técnica SIG. Fundamentos y Aplicaciones en España*. Instituto Geológico y Minero de España. España-Madrid. P. 5-187.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Wiley, New York.
- Borger, H.D. y Lenert, E.F. (1959). *The geology and development of the Bolivar coastal field at Maracaibo, Venezuela*. Asoc. Ven. Geol. Min. y Petr., Bol. Inform., Vol. 2, Nº 9 p. 236-256.
- Burkley, L. A. (1976). *Geochromology of the Central Venezuela Andes*. Ph. D. Thesis, Case Nester Reserve Univ., 150 p.
- Canelón y Ramírez, C. (1977). *Geología de la región de Caja Seca, Estados Mérida y Trujillo*. Cong. Latinoamericano Geol. II, Caracas, Noviembre 1973, Memoria, Bol. Geol., Caracas, Public. Esp. 7, III, p. 1787-1802.
- Chacón, J. y Irrigaría, C. (2002). *Método de Análisis de la Susceptibilidad a los Movimientos de Ladera Mediante S.I.G.* Universidad de Granada, Dpto. de Ingeniería Civil. Granada. p. 21-34.
- Christ, P., 1927. La coupe geologique le long du chemin de Mucuchachí a Santa Bárbara dans les andes Vénesuéliennes. *Eclog. Geol. Helv.*, 20(3): 397-414.
- Cruden C.M. y Varnes, D.J. (1996). *Landslide Types and Processes*. In Turner A.K. & Schuster, R.L. (1996) *Landslides: Investigation and Mitigación. Special Report 247. Transportation Research Board*. National Research Council. National Academy Press. Washintong, D.C., p. 675.

-
- COMPAÑÍA SHELL DE VENEZUELA y CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1964). *Paleozoic rocks of Mérida Andes, Venezuela*. Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 48, N° 1, p. 70-84.
- Corominas, J. (2002) *Predicción Temporal de los Movimientos de la Ladera*. Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. España- Barcelona. p. 37-50.
- Deere, D. y Patton, F (1971). *Estabilidad de Taludes en Suelos Residuales*. University of Illinois, USA. p. 93-175
- Fiorillo, G. (1976). *Costa Bolivar, Campo Mene grande . Revisión geológica del post-Eoceno*. Informe privado, Maraven, S.A., p. 26.
- García J., R. (1972). *El Permo-Carbonífero en Venezuela*. Bol. Soc. Venez. Geol., Vol. VII, N° 3, p. 203-214.
- García J., R. (1977). *Guía de la excursión N° 6: Cordillera de los Andes y Surco de Barquisimeto*. V Cong. Geol. Venez., Editores Min. Energía y Minas – Soc. Venez. Geol., Caracas, Noviembre 1977, Mem, t. V, p. 192-231.
- Garner, A. H. (1926). *Suggested nomenclature and correlation of geological formations in Venezuela* Petroleum development and Tecnology, 1925. Published by: Amer. Inst. Min. Metall. Eng., Trans., p. 677-684.
- Gonzalez, A.; Millan, J.; Soler, F y Vesga. L. (2000). *Evaluación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa en Santefe de Gogotá-Colombia*. INGEOCIM, Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá-DPAE. Colombia-Bogotá. p. 1-19.
- González, Alvaro y otros (2000). *Términos de Referencia para Estudios de Riesgos por Inestabilidad del Terreno*. Seminario Estudios de Riesgos por Fenómenos de remoción en Masa. Colombia. p. 1-13.
- González de Juana (1951). *Introducción al estudio de la geología de Venezuela*. Bol. Geol., Caracas, Vol. 1, N° 1, p. 117-139.
- Gonzáles de Juana, C., Iturralde, J. y Picard X. (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Ediciones FONINVES, Caracas, 1980, 1era Edición, t. I y II, p. 1031.
- González de Vallejo, Luis (2002). *Ingeniería Geológica*. Editoroal Pearson-Prentice Hall, España-Madrid, p. 2-695.

-
- Grauch, R. I., (1975). *Geología de la Sierra Nevada al sur de Mucuchíes, andes Venezolanos: una región metamórfica de aluminosilicatos*. Bol. Geol, Caracas, Vol. 12, N° 23, p. 339-441.
- Henoa, Eugenio (1998). *Introducción al Manejo de las Cuencas Hidrográficas*. Universidad Santo Tomás, Editorial USTA, Santa Fe de Bogotá, 2^{da} reimpresión, p. 196-198.
- Hoek, E.; Marinos, P. y Benissi, M. (1998). Applicability of the Geological Strength Index (GSI) Classification for very Weak and Sheared Rock Masses. The Cases of the Athens Schist Formation. Bull. Neg.. Geol. Env. 57(2), p. 151-160.
- Juárez, Eulalio y Rodríguez, A. (1985). *Mecánica de Suelos: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Editorial LIMUSA, Tomo I, México, p. 27-165
- Kehrer, L. (1938). *Some observations on the stratigraphy in the states of Táchira and Mérida, S. W. Venezuela*. Bol. Geol. y Min, Caracas, Vol. 2, N° 2 y 4, p. 44-55.
- Kündig, E. (1938). *Las rocas precretáceas de los Andes Centrales de Venezuela, con algunas observaciones sobre su tectónica*. Bol. Geol. y Min., Caracas, Vol. 2, N° 2,3 y 4, p. 21-44.
- La Marca, Enrique (1997). *Origen y Evolución Geológica de la Cordillera de Mérida, Andes de Venezuela*. Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental. ULA. p. 15-91.
- Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999). Disponible en: <http://www.lexicoestratigraficodevenezuela.com>. [Consulta 2004, novimebre al 2005, noviembre].
- Liddle, R. A. (1928). *The geology of Venezuela and Trinidad*. J. P. Macgowan, Fort Worthe, Texas, p. 557.
- MARNR, Dirección de Hidrología y Meteorología, Sistema Nacional de Información Hidrológica y Meteorológica (2004). Caracas-Trujillo. Hugo Vitoria.
- MARNR, División de Información e Investigación del Ambiente (1988). Departamento de Suelos, Vegetación y Fauna. Trujillo.
- Marechal, P. (1983). *Les temoins de Chaîne hercynienne dans le noyau ancien des andes de Mérida (Vénézuéla). Structure et evolution*

- tectonométamorphique*. Thèse de Doctorat de 3eme cycle. Universite de Bretagne Occidentale. Brest, 1983.
- Mencher, E., K. F. Dallmus, H. J. Fichter, C. González de Juana, R. L. Ponte, H. H. Renz, y P. de Schumacher (1951). *Cuadro de Correlación de las formaciones geológicas de Venezuela*. En: texto de las monografías presentadas en la Convención Nacional del Petróleo. Ofic. Técn. Hidrocarb., Min. Minas e Hidrocarb., Caracas (en castellano e inglés). Reimpreso (1950) en: Bol. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., 2: 182. Reimpreso (1951) en: Petról. Interam., 9(12): 26-29 (en castellano e inglés); (1953) en: Amer. Assoc. Petról. Geol., Bull., Vol. 37, N° 4, p. 774-775.
- Mencher, E., H. J. Fichter, H. H. Renz, W. E. Wallis, J. M. Patterson y R. H. Robie, (1953). *Geology of Venezuela and its oil fields*. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 37, N° 4, p. 690-777.
- Miller, J. B.; K. L. Edward; P. P. Wolcott; H. W. Anisgard; R. Martín y H. Anderegg, (1958). *Habitat of oil in the Maracaibo Basin, Venezuela*. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Sp. Publ.: Habitat of Oil, p. 601-640.
- Miller, J. B.; K. L. Edward; P. P. Wolcott; H. W. Anisgard; R. Martín y H. Anderegg, (1963). *Medio ambiente del petróleo en la Cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela.. Resumen Geológico*. Cong. Venez. Petról. I, Caracas, Marzo 1962, Memoria: Aspectos de la Industria Petrolera en Venezuela, 3-99, Soc. Venez. Ing. Petrol., Editores, Editorial Sucre, Caracas, p. 890.
- Montalar, E.; Romana, M. y Serón (2000). *La Clasificación Geomecánica SMR Mediante un Sistema de Información Geográfica*. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería del Terreno. España-Valencia. p. 119-132.
- Oppenheim, V. (1937). Contribución a la geología de los andes venezolanos. Bol. Geol. y Min, Caracas, Vol. 1, N° 2 y 4, p. 25-45.
- Pfefferkorn, H. (1977). *Plant megafossils in Venezuelan and their use in geology*. Me., V Cong. Geol. Venez., Vol. 1, p. 407-414.
- Pierce, G. R. (1960). *Geología de la Cuenca de Barinas*. Cong. Geol. Venez. III, Caracas, 1959, Mem., t. I, p. 214-276.
- Ramírez, García y Campos (1972). *Geología de la Región de Timotes, Estados Mérida, Barinas y Trujillo*. IV Cong. Geol. Venez., Caracas, 1972, Mem, t. II, p. 898-934.

- Ramírez, C. y Campos, V. (1972). *Geología de la región de La Grita-San Cristóbal, Estado Táchira*. Cong. Geol. Venez. IV, Caracas, Noviembre 1969, Mem., Bol. Geol., Caracas, Pub., Esp. 5, t. II, p. 861-897.
- Renz, H. H., (1961). *Correlation of geologic formations in Venezuela*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inform., Vol. 4, N° 6, p. 199-203.
- Salcedo, D. (1978). *El uso de las Proyecciones Hemisféricas como Técnica de Predicción y Análisis de Problemas Relativos a Estabilidad de Taludes en Macizos Rocosos*. Caracas, Universidad Central de Venezuela. Geología de Minas y Geofísica. 78 p.
- Salvador, A. (1961). *Guidebook to the geology of north-eastern Trujillo*. Soc. Geol. Venez. Occid., Guía de Excursión N°3, p. 33.
- Senn, A. (1935). Die Stratigraphische Verhreibung der Tertiären Orbitoiden, mit spezieller Berücksichtigung ihres Vorkommens in Nord – Venezuela und Nord - Marokko. *Eclog. Geol. Helv.*, Vol. 28, N° 1, p. 51-113 y 369-373.
- Schaub, S., (1935). *Säugetierfunde aus Venezuela und Trinidad: Abh. Schweiz. Palaeont. Ges.*, Vol 55. p. 1-21.
- Shagam, R. (1968). Commentary on the Caparo area. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inform., Vol. 11, N° 6, p. 171-182.
- Sociedad Venezolana de Ingenieros de Petróleo (1963). *Aspectos de la Industria Petrolera*. Cong. Venez. Petrol. I, Marzo 1962, Memoria, Editorial Sucre, p 850.
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicale*. Edit. Ingeniería de Suelos Ltda., Colombia. p. 548.
- Sutton, F. A.(1946). *Geology of Maracaibo basin, Venezuela*. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull., Vol. 30, N° 10, p. 1.621-1.741.
- Tarbuck, Edward y Lutgens, F. (1999). *Ciencias de la Tierra : Una Introducción a la Geología Física*. Editorial Prentice may, Sexta Edición, España, p. 121-124.
- Truzman, Miguel (1999). *Determinación del Índice de Resistencia Geológica (GSI) en Rocas Metamórficas de la Cordillera de la Costa de Venezuela*. Gerencia Técnica del Proyecto Ferroviario Caracas-Tuy Medio. Caracas. p. 10.
- VENEZUELA, DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA (1956). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Bol. Geol., Caracas, Public. Esp. 1, p. 728.

VENEZUELA, DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA (1970). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, 2da Ed. Bol. Geol., Caracas, Public. Esp. 4, p. 756.

Young, G. A., A. Bellizzia, H. H. Renz, F. W. Johnson, R. H. Robie y J. Masvall, (1956). *Geología de las cuencas sedimentarias de Venezuela y de sus campos petrolíferos*. Bol. Geol., Caracas, Publ. Esp. N° 2, 140 p.

Young, G. A., (1960). *Stratigraphy of the Miocene La Puerta Formation in the Ceuta Area, Lake Maracaibo*. Asoc. Venez. Geol., Min. y Petról., Bol. Inform., Vol. 3, N° 11, p. 304-315.

Zambrano, Vázquez, E., Duval, B., Latreille, M. y Coffinieres, B. (1971) *síntesis paleogeográfica y petrolera del occidente de Venezuela*. Cong. Geol. Venez. IV, Caracas, Noviembre 1969, Memoria, Bol. Geol., Caracas, Public. Esp. 5, t. 1, p. 483-545.