

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE SUPERFICIE Y DETERMINACIÓN DE ZONAS DE INESTABILIDAD GELÓGICA COMO PARTE DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE PLAYA COLORADA ESTADO SUCRE

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Romero Yanelvy
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo

Caracas, noviembre del 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE SUPERFICIE Y DETERMINACIÓN DE ZONAS DE INESTABILIDAD GEOLÓGICA COMO PARTE DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE PLAYA COLORADA ESTADO SUCRE

Tutor académico: Prof. Armando Díaz Quintero

Tutor industrial: Ing. Geólogo José Vicente Heredia

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Romero Yanelvy
Para optar al Título de Ingeniero Geólogo

Caracas, noviembre del 2009

Caracas, noviembre del 2009

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geología para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller, titulado:

“LEVANTAMIENTO GEOLÒGICO DE SUPERFICIE Y DETERMINACIÓN DE ZONAS DE INESTABILIDAD GEOLÒGICA COMO PARTE DEL PROYECTO DE REHABILITACION DE PLAYA COLORADA ESTADO SUCRE”

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

Prof. (nombre y apellido)
Jurado

Prof. (nombre y apellido)
Jurado

Prof. Armando Díaz Quintero
Tutor Académico

Ing., José V Heredia
Tutor Industrial

AGRADECIMIENTOS

GRACIAS...

Primordialmente le agradezco a DIOS por haberme permitido recorrer este largo camino.

A mi abuela Carmen porque siempre estás conmigo y de alguna manera me ayuda a levantarme, este logro es para tí.

A mi madre, por ser tan incondicional, por confiar siempre en mí. Por tu insistencia y el gran esfuerzo con el que me ayudaste en tantos años. Usted es mi razón de ser y esta meta alcanzada se la debo a usted. Eres extraordinaria.

A mi padre por haberme ayudado cuando era necesario.

A mi hermana Ena María a quien quiero mucho, y también me apoyó en lograr este sueño, quiero ser un ejemplo para ella, el que persevera vence; si se puede!

A mi familia por esa constancia y perseverancia que me enseñaron, los quiero mucho.

A mí amor Angel Martín, por brindarme su apoyo y admiración, por ser tan especial e incondicional. Este triunfo es de los dos...TE AMO!

A la Sra Maida y Olga, por haberme dado el privilegio de formar parte de su familia, además del apoyo y cariño que siempre me ofrecieron, las quiero mucho.

A la Universidad Central de Venezuela, la más grande casa de estudios que conozco, es un orgullo ser ucevista...

A mis amigas Maira y Rosangela, por su GRAN apoyo y por haberme dado la oportunidad de conocer al Ing. Heredia, quien me permitió desarrollar este Trabajo y ser hoy toda una Ingeniera, agradecida estoy...!

A mis amigas que se interesaron y me acompañaron en mis preocupaciones, Lusmari, Juana, Mayale, Karla por ser INCONDICIONALES!, mis amigos y compañeros a lo largo de la carrera, y todos aquellos que aunque no los mencioné me apoyaron durante este proyecto.

A Fernando, Heby y Rogelio, por su valiosa colaboración y por tener la suficiente paciencia para ayudarme con los mapas.

A la Sra. Morella por darme esos consejos que siempre hacen falta.

A mi tutor, Armando Díaz Quintero y José Vicente Heredia, por brindarme esta oportunidad espero no haberlos defraudado.

A los profesores Lenin González, Paul Romero, Pietro Di Marco, Víctor León y Gregorio que de manera desinteresada me prestaron su ayuda en la elaboración de este trabajo.

A los Ing. Orlando Rivero y Adriana Alvarado, por darme la oportunidad de enriquecerme de experiencia, aprendizajes y por brindarme su AYUDA incondicionalmente.

Romero M. Yanelvy J.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE SUPERFICIE Y DETERMINACIÓN DE ZONAS DE
INESTABILIDAD GEOLÓGICA COMO PARTE DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE
PLAYA COLORADA ESTADO SUCRE

Tutor Académico: Prof. Armando Díaz Q. Tutor Industrial: Ing. José Vicente Heredia. Tesis.
Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Geológica, Minas y
Geofísica. 2009. 218 pág.

*Palabras Claves: estado Sucre, Formación Barranquín, Playa Colorada- estado Sucre Estudio
Geológico Geomecánica.*

RESUMEN

La presente investigación fue desarrollada debido a la problemática de deslizamientos y avalanchas locales que afectó a la zona de Playa Colorada, estado Sucre, la cual ocurrió en septiembre 2007.

El objetivo principal de este trabajo fue el levantamiento geológico de superficie y la determinación de zonas de inestabilidad geológica como parte del proyecto de rehabilitación de la zona de Playa Colorada, estado Sucre. Esto con el fin de definir a partir de estudios técnicos, trabajos inéditos y publicaciones, las propiedades geomecánicas de las masas rocosas, para luego conocer y evaluar el estado de amenaza geológica.

El área de estudio, está compuesta en su totalidad por rocas sedimentarias, correspondiente a la Formación Barranquín. La información geológica se obtuvo a partir de un recorrido de campo por los 29 afloramientos descritos, utilizando como base cartográfica un mapa topográfico de Escala 1:25000, los cuales son: 7346-IV-NO y 7346-IV-SO, del año 1981, Misión 0402 118.

La primera fase de trabajo consistió en caracterizar y clasificar a cada uno de los afloramientos, según diversas metodologías propuestas para macizos rocosos, tales como: RMR-Bieniawski (1979), SMR- Romana (1985), Q- Barton (1973) y GSI- Hoek (1974). Para ello se realizaron una serie de toma de datos de campo, así como ensayos de laboratorio.

Para la realización del mapa de amenaza geológica se analizaron los parámetros que desempeñan un papel fundamental en la clasificación de la estabilidad, a saber: la litología, la estructura, la pendiente, la vegetación, y cinemática, así como los procesos geomorfológicos presentes en la zona. La construcción del mapa se realiza mediante la superposición de mapas temáticos que contemplan los parámetros antes mencionados, por la metodología propuesta de Caicedo & Medina (2005) la cual se basa en un modelo semicuantitativo por ponderación de variables para un resultado de 3 rubros de susceptibilidad: Alta, Media y Baja.

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 7 los parámetros geomecánicos 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.

Luego del análisis y evaluación de los sistemas de clasificación y procesamiento de data de campo se espera, que los resultados de la presente investigación representen una ayuda y una contribución importante para la solución de los diversos problemas de inestabilidad presente.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3 LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	2
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5 ANTECEDENTES.....	5
1.6 TRABAJOS PREVIOS.....	5
2. GEOGRAFÍA FÍSICA.....	7
2.1 DRENAJE.....	11
2.2 ESTRUCTURA DE LA CUENCA.....	12
2.3 LITOLOGÍA DE LA CUENCA	12
2.4 GEODINÁMICA EXTERNA DE LA CUENCA	12
2.5 SUELOS	13
2.6 CLIMA.....	13
2.6.1 Características de la Temperatura del Aire.....	15
2.6.2 Características de la Evaporación mensual y anual	16
2.6.3 Características de la Insolación mensual.	16
2.6.4 Características de la Humedad Relativa mensual	17
2.7 VEGETACIÓN	17
2.8 EROSIÓN Y METEORIZACIÓN	23

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	24
3.1 DOCUMENTACIÓN.....	24
3.1.1 ETAPA 1.....	24
3.1.2 ETAPA 2.....	24
3.1.3 ETAPA DE LABORATORIO	38
3.1.4 ETAPA DE OFICINA	39
3.1.5 TALUDES, CONSIDERACIONES TEÓRICAS	63
3.2 GEOMORFOLOGÍA	69
3.2.1 Generalidades	69
3.2.2 Dinámica externa.....	70
3.3 SOTTWARE UTILIZADO.....	90
3.4 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD O AMENAZA POR MOVIMIENTOS DE MASA	90
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS	109
4.1 GEOLOGÍA REGIONAL:	109
4.2 GRUPO SUCRE:.....	111
4.2.1 FORMACION BARRANQUIN:.....	112
4.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL:.....	116
4.4 MARCO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL:	118
4.5 ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS MAYORES:	119
4.6 RASGOS GEOMORFOLÓGICOS.....	121
4.7 MODELO ESTRUCTURAL.....	123
5. GEOLOGÍA DE SUPERFICIE Y GEOTECNIA.....	127
5.1 GENERALIDADES	127

5.2	CARACTERÍSTICA DEL PERFIL DE METEORIZACIÓN	128
5.3	SEDIMENTOS (DEPÓSITOS) CUATERNARIOS.....	130
5.3.1	Depósitos aluviales recientes	131
5.3.2	Terrazas aluvionales.....	133
5.3.3	Depósitos coluviales	134
5.4	UNIDADES INFORMALES	135
5.5	GEOTECNIA.....	145
5.5.1	Geomecánica	145
5.6	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	149
5.6.1	Plano de estratificación.....	149
5.6.2	Diaclasas	150
6.	RESULTADOS E INTERPRETACIÓN.....	151
7.	CONCLUSIONES	205
8.	RECOMENDACIONES	208
9.	BIBLIOGRAFÍA	211

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la zona de estudio, Municipio Sucre-Parroquia Raúl Leoni, Edo. Sucre.	3
Figura 2 La fotografía de la izquierda muestra Vivienda devastada por la crecida, la fotografía de la derecha muestra una vivienda menos afectada por estar fuera del cauce principal de la quebrada pero dentro del área de inundación. Fuente: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.	4
Figura 3 Vista de Playa Colorada, estado Sucre, desde el Cerro El Zamuro.N22°W.	7
Figura 4 Unidades de Lomas y Depresión.....	10
Figura 5 Precipitación mensual, del estado Sucre periodo 1970 – 2004, según las estaciones meteorológicas. Tomado del Ministerio del poder Popular para el Ambiente.	15
Figura 6 La vegetación como agente protector del suelo. Tomado de González de Vallejo, 2002.....	17
Figura 7 Reforzamiento de las raíces en la estabilidad de un suelo. Tomado por Jaime Suárez (1998).	21
Figura 8 Planilla para la descripción en campo.	27
Figura 9 Medida de orientación de las discontinuidades. Tomado de González <i>et. al</i> , 2002..	29
Figura 10 Representación esquemática de las propiedades geomecánicas de las discontinuidades. Tomado de González <i>et al</i> , 2002.	30
Figura 11 Modelos de discontinuidad de varias familias de discontinuidades. Tomado de González <i>et al.</i> , 2002.....	31
Figura 12 Perfiles de rugosidad. La longitud de los perfiles está en el rango de 1 y 10 metros (ISRM 1981). Tomado de González <i>et al.</i> , 2002.....	32
Figura 13 Relación entre el rebote Schmidt y la Resistencia a la Compresión Uniaxial. Tomado de González <i>et. al.</i> , (2002)	37
Figura 14 Representación gráfica de la medición y cálculo de índice R.Q.D. Tomado de González <i>et. al.</i> , (2002).	44
Figura 15 Gráficos de proyecciones hemisféricas ejemplificando tipos de falla, tomado del González de Vallejo (2002).	56

Figura 16 Componentes de la máquina para ensayos de compresión simple. Tomado y modificado de De Marco (1995) y www.nhi.fhwa.dot.gov	62
Figura 17 Núcleo de roca con los extensómetros o bandas extensiométricas y comparadores o los llamados strain gauges, listos para ensayar. Tomado de www.gfz-postam.de	62
Figura 18 Nomenclatura de taludes y laderas (Tomado de Suarez Díaz, 1998).	64
Figura 19 La pendiente o ángulo de talud, para taludes uniformes (izquierda) o de forma escalonada con bermas y bancos (derecha). Tomado y Modificado de González de Vallejo, 2002.....	66
Figura 20 Clasificación de los rangos de pendientes para los taludes.	67
Figura 21 Representación de relieves con diferentes pendientes.	67
Figura 22 Movimiento de masa tipo caído. a. Caídos de bloques por gravedad, caída libre. b. Caídos de bloques rodando y saltando. Tomado de Suarez, 2005.	73
Figura 23 Clasificación general de los movimientos de las laderas. Tomado de González <i>et al.</i> , (2002).	74
Figura 24 Corte esquemático que representa las características básicas de un movimiento de masa tipo deslizamiento, en suelos blandos. Tomado de Suarez, 2005.	75
Figura 25 Movimiento rotacional típico, donde resalta la orientación de los arboles marcando la dirección del movimiento. Tomado de Suarez, 2005.	76
Figura 26 Desplazamientos planares. Tomado y modificado de González <i>et. al.</i> , (2002).	77
Figura 27 Esparcimientos laterales. Tomado y modificado de González <i>et. al.</i> , (2002).	78
Figura 28 Tipos de flujos. Tomado y modificado de González <i>et. al.</i> , (2002).	80
Figura 29 Proceso de erosión laminar. Tomado de Suarez, 2001.....	84
Figura 30 Proceso de formación de surcos. Tomado y modificado de Suarez, 2001.....	85
Figura 31 Esquema general del proceso de erosión en cárcavas. Tomado y modificado de Suarez, 2001.	86
Figura 32 Movimientos complejos (caída de bloques, flujo de detritos y deslizamiento translacional).	87

Figura 33 Mapas de estabilidad y los factores que intervienen en cada uno de estos. Tomado de Ferrer en González de Vallejo (2002).....	93
Figura 34 Escalas de vegetación en cuanto a la densidad y uso de tierras, de la cobertura vegetal.....	102
Figura 35 Cuencas petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus Provincias Sedimentarias (Modificado de Pérez de Mejía et. al., 1980). L.E.B. = Lineamiento de El Baúl, límite entre las cuencas de Oriente y Barinas-Apure.....	109
Figura 36 Marco geológico regional para la sedimentación en Venezuela durante el Mioceno-Plioceno. Tomado del WEC, 1997.....	110
Figura 37 Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Neocomiense-Albiense (Cretácico Temprano) al Norte del Cratón de Guayana. Se indican unidades típicas de dicha asociación de facies. Tomado del WEC, 1997.	112
Figura 38 Cuadro de correlación de las unidades más importantes dentro del Cretácico Temprano de Venezuela. Las unidades informales se colocan en itálicas entre comillas. El conjunto de miembros para el Grupo Sucre es discutido en Yoris (1985, 1988, 1992).	113
Figura 39 Rasgos estructurales. Tomado de Ysaccis y otros, 2000.....	117
Figura 40 Evolución de la cuenca de Antepaís en el oriente venezolano. Tomado y modificado de Summa <i>et al.</i> , (2003).	118
Figura 41 Rasgos estructurales más distintivos del área en estudio. Tomado y modificado de Funes <i>et. al.</i> , (2000).....	120
Figura 42 Corte geológico conceptual noreste - sureste desde la Plataforma de Margarita – Los Testigos hasta el Río Orinoco. El flanco norte de la Subcuenca de Maturín se encuentra asociados a los frentes de corrimiento de grandes bloques corticales, desplazados hacia el sur por la colisión entre las placas Caribe y suramericana Tomado del WEC, 1997.....	122
Figura 43 Modelo estructural idealizado del contexto estructural de la zona de estudio. Elaborado por Gregorio López	125
Figura 44 Mapa esquemático con ubicación de las fallas más importantes en la región oriental del país. Tomado de Blanco y Otros, 2000.....	126
Figura 45 Ubicación de las unidades de estudio definidas, con nombres de las quebradas y delimitación de la cuenca hidrográfica en línea color azul. Curvas de nivel en color verde y	

carretera en color rojo. Las coordenadas mostradas pertenecen al sistema PSAD-56, Datum La Canoa.....	128
Figura 46 Diagrama descriptivo para el detalle del perfil de meteorización.....	129
Figura 47 Mapa geológico de las zonas aledañas al área de estudio (recuadro rojo). Nótese la distribución de los sedimentos, en color gris claro en las cercanías de la zona costera, así como también la gran cantidad de fallas y plegamientos en la zona. La denominación KIs en el mapa es para identificar al Grupo Sucre (Mesozoico) al cual pertenece la formación Barranquín. Tomado y modificado de HACKLEY <i>et al.</i> , (2005).....	131
Figura 48 Depósitos aluviales, Quebrada Hoyo Negro. Tomado del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2007.	132
Figura 49 La fotografía de la izquierda muestra los depósitos de sedimentos y material leñoso en el cauce de la quebrada Hoyo Negro y la fotografía de la derecha muestra la quebrada Las Rosas. Tomadas por el Ministerio Popular para el Ambiente, 2007.	133
Figura 50 Depósitos coluviales.Tomadas por el Ministerio Popular para el Ambiente, 2007.	135
Figura 51 Fotografía de la izquierda muestra la arenisca de grano grueso N88°E. y la fotografía de la derecha muestra la expresión geomorfológica de los estratos entre las cotas 200-400 del cerro El Zamuro (Vista en campo).N25°E.	136
Figura 52 Huellas de carga. Afloramiento 15. Arenisca cuarzosa (Vista en campo). N75°E.	137
Figura 53 La fotografía de la izquierda muestra fotomicrografía en nicoles cruzados, presencia de cuarzos y matriz, la fotografía del centro muestra corte para el ensayo, muestra de mano, y la fotografía de la derecha muestra en nicoles paralelos, el cemento, objetivo 10X/0.25.	137
Figura 54 Perfil de meteorización del afloramiento 27. Intercalación de arenisca-lutita (Vista en campo). N45°E.....	139
Figura 55 Arenisca friable deleznable (Vista en campo). N45°E.....	140
Figura 56 Afloramientos en quebradas Las Lajas-Carmen Rivas. Nótese el fallamiento en la figura izquierda y el contacto entre las areniscas y lutitas en la figura derecha (Vista en campo).N75°W.	141
Figura 57 La fotografía de la izquierda muestra fotomicrografía en nicoles cruzados, presencia de cuarzos y matriz de óxido de hierro, la fotografía del centro muestra corte para	

el ensayo, muestra de mano, y la fotografía de la derecha muestra en nicoles paralelos, el cemento de oxido de hierro, objetivo 10X/0.25.....	142
Figura 58 Secuencia de arenisca – lutita, muy meteorizada. Afloramiento 29. Sector Zurita. (Vista en campo) N7°W.	143
Figura 59 Lutita laminada (Vista en campo). N70°W.	144
Figura 60 Diagrama que muestra la concentración de polos en los polos de los planos de estratificación.....	149
Figura 61 Diagrama que muestra la orientación preferencial de los planos de las familias de diaclasas en las unidades afloradas con rumbos dominantes N 50-80° W, N 10-30° E y N 20° W.	150
Figura 62 Diagrama que muestra la concentración de polos de los planos de las familias de en las unidades aflorada.....	150
Figura 63 : Susceptibilidad total de la zona de estudio.....	154
Figura 64 Red Estereográfica Unidad III: AF 10	166
Figura 65 Red Estereográfica Unidad III: AF 11	168
Figura 66 Red Estereográfica Unidad I: AF 13	172
Figura 67 Red Estereográfica Unidad I: AF 15	176
Figura 68 Red Estereográfica Unidad I: AF 16	178
Figura 69 Red Estereográfica Unidad I: AF 17	180
Figura 70 Red Estereográfica Unidad III: AF 18	182
Figura 71 Red Estereográfica Unidad III: AF 19	184
Figura 72 Red Estereográfica Unidad I: AF 21	187
Figura 73 Red Estereográfica Unidad I: AF 24	191
Figura 74 Red Estereográfica Unidad I: AF 25	193
Figura 75 Red Estereográfica Unidad III: AF 26	195
Figura 76 Red Estereográfica Unidad III: AF 27	197

Figura 77 Red Estereográfica Unidad III: AF 28 199

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de la vegetación	22
Tabla 2 Índice de campo de la resistencia a la compresión sin confinar de la roca intacta	25
Tabla 3 Descripción del Espaciado.....	30
Tabla 4 Descripción de la Continuidad	31
Tabla 5 Descripción de la Abertura.....	33
Tabla 6 Grado de meteorización del macizo rocoso.....	34
Tabla 7 Índice de campo de la resistencia a la compresión sin confinar de la roca intacta:	36
Tabla 8 Clasificación de los macizos rocosos según el número de familias de discontinuidades:	41
Tabla 9 Descripción del tamaño de Bloque.	42
Tabla 10 Clasificación de la calidad del macizo rocoso en base al índice RQD.....	45
Tabla 11 Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR.....	46
Tabla 12 Corrección por la orientación de las discontinuidades	46
Tabla 13 Parámetros para la clasificación RMR.....	47
Tabla 14 Volares de la constante m_i para roca intacta por grupos de roca.	48
Tabla 15 Calidad de la masa rocosa según Clasificación de Bartón <i>et al.</i>	50
Tabla 16 Valores de los seis parámetros del sistema Q (actualización 1994).....	51
Tabla 17 Valores de los seis parámetros del sistema Q (actualización 1994 (Continuación).	52
Tabla 18 Asignación del Índice de Resistencia Geológica (GSI).....	54
Tabla 19 Factor de ajuste aplicado por Romana, tomado de González de Vallejo (2002).	59
Tabla 20 Características geomecánicas del macizo rocoso (Tomado y modificado de Perri 2002).	60
Tabla 21 Factores que controlan los movimientos de las laderas	71

Tabla 22 Clasificación de los deslizamientos, Tomado de Varnes y Cruden 1996.....	72
Tabla 23 Escala de velocidades de movimientos propuesta por el Transportation Research Board de los Estados Unidos	89
Tabla 24 Comparación de los tipos de mapas que representan inestabilidad. Tomado de González de Vallejo (2002).	94
Tabla 25 Matriz de ponderación para el mapa de susceptibilidad. Elaborado por Caicedo & Medina (2005).	98
Tabla 26 Características generales de la Formación Barranquín.....	114
Tabla 27 Continuación. Características generales de la Formación Barranquín	115
Tabla 28 Parámetros estimados a partir de las características físicas.	133
Tabla 29 Resultados de los parámetros geomecánicos por unidad de afloramientos.....	145
Tabla 30 Valores estimados de RQD para la unidad I: Areniscas Cuarzosas (UAQ)	146
Tabla 31 Valores estimados de RQD para la unidad III: Secuencia de arenisca – lutita (UAL)	147
Tabla 32 Resistencia a la compresión simple tomadas en superficie con el esclerómetro....	147
Tabla 33 Peso unitario de muestras tomadas en la superficie	148
Tabla 34 Resistencia a la compresión simple por el ensayo uniaxial de muestras tomadas de la superficie	148
Tabla 35 Factores condicionantes empleados para el estudio de la susceptibilidad	155
Tabla 36 Afloramiento # 1 (AF 1).....	156
Tabla 37 Afloramiento # 2 (AF 2).....	157
Tabla 38 Afloramiento # 3 (AF 3).....	158
Tabla 39 Afloramiento # 4 (AF 04).....	159
Tabla 40 Afloramiento # 5 (AF 5).....	160
Tabla 41 Afloramiento # 6 (AF 6).....	161
Tabla 42 Afloramiento # 7 (AF 7).....	162

Tabla 43 Afloramiento # 8 (AF 8).....	163
Tabla 44 Afloramiento # 9 (AF 9).....	164
Tabla 45 Afloramiento # 10 (AF 10).....	165
Tabla 46 Afloramiento # 11 (AF 11).....	167
Tabla 47 Afloramiento # 11.1 (AF 11.1).....	169
Tabla 48 Afloramiento # 12 (AF 12).....	170
Tabla 49 Afloramiento # 13 (AF 13).....	171
Tabla 50 Afloramiento # 13.1 (AF 13.1).....	173
Tabla 51 Afloramiento # 14 (AF 14).....	174
Tabla 52 Afloramiento # 15 (AF 15).....	175
Tabla 53 Afloramiento # 16 (AF 16).....	177
Tabla 54 Afloramiento # 17 (AF 17).....	179
Tabla 55 Afloramiento # 18 (AF 18).....	181
Tabla 56 Afloramiento # 19 (AF 19).....	183
Tabla 57 Afloramiento # 20 (AF 20).....	185
Tabla 58 Afloramiento # 21 (AF 21).....	186
Tabla 59 Afloramiento # 22 (AF 22).....	188
Tabla 60 Afloramiento # 23 (AF 23).....	189
Tabla 61 Afloramiento # 24 (AF 24).....	190
Tabla 62 Afloramiento # 25 (AF 25).....	192
Tabla 63 Afloramiento # 26 (AF 26).....	194
Tabla 64 Afloramiento # 27 (AF27).....	196
Tabla 65 Afloramiento # 28 (AF 28).....	198
Tabla 66 Afloramiento # 29 (AF 29).....	200

Tabla 67 Resumen de parámetros geomecánicos	201
Tabla 68 valores de <i>mi</i>	201
Tabla 69 Resumen de la clasificación geomecánica	202
Tabla 70 Calidad del macizo	202
Tabla 71 Resumen de parámetros geomecánicos	203
Tabla 72 valores de <i>mi</i>	203
Tabla 73 Resumen de la clasificación geomecánica	204
Tabla 74 Calidad del macizo	204

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Durante el mes de septiembre del año 2007, sucedió un evento hidro-meteorológico que afectó en la parte occidental del estado Sucre, generándose un deslave que produjo importantes pérdidas materiales en las zonas de Arapito, Playa Colorada y San Pedrito.

Los factores que intervinieron en la ocurrencia del deslave fueron:

- Picos de precipitación pluvial de varios días
- Características, litoestructurales y topográficas del área
- Asientos urbanos planificados en áreas susceptibles a deslaves en tiempos de alta pluviosidad
- Inoperancia de los mecanismos de prevención y alarma

Este grupo de factores se expresaron en grandes pérdidas materiales que en la actualidad se hacen sentir en el día a día de la entidad.

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

Hoy en día el sector de Playa Colorada es uno de los más afectados por eventos, como la inestabilidad del terreno, lo que ha alarmado a la comunidad, a la sociedad y a los entes gubernamentales para tomar las medidas necesarias y pertinentes al caso. Por tal razón han organizado un plan para determinar la estabilidad del terreno y la susceptibilidad del mismo.

Cabe destacar que 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.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las de zonas de inestabilidad geológica como parte del proyecto de rehabilitación de la zona de Playa Colorada, estado Sucre.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un levantamiento geológico de superficie.
- Recopilar información bibliografía geológica de la zona y su reinterpretación.
- Realizar un estudio fotogeológico de la zona
- Caracterizar geológica y geotécnicamente el área de Playa Colorada, estado Sucre.
- Integrar los datos geológicos y geotécnicos que se obtengan de trabajos realizados en el área de ubicación.
- Zonificar la amenaza geológica.

1.3 LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio de este proyecto de investigación se encuentra ubicada en la localidad de Playa Colorada, Municipio Sucre – Parroquia Raúl Leoni - Edo. Sucre, la misma comprende dos mapas topográficos de Escala 1:25000, los cuales son: 7346-IV-NO y 7346-IV-SO (ubicación relativa en Venezuela).

El área de trabajo comprende una superficie de 677.47ha aproximadamente. Se anexa un mapa de ubicación del área de investigación (figura 1).

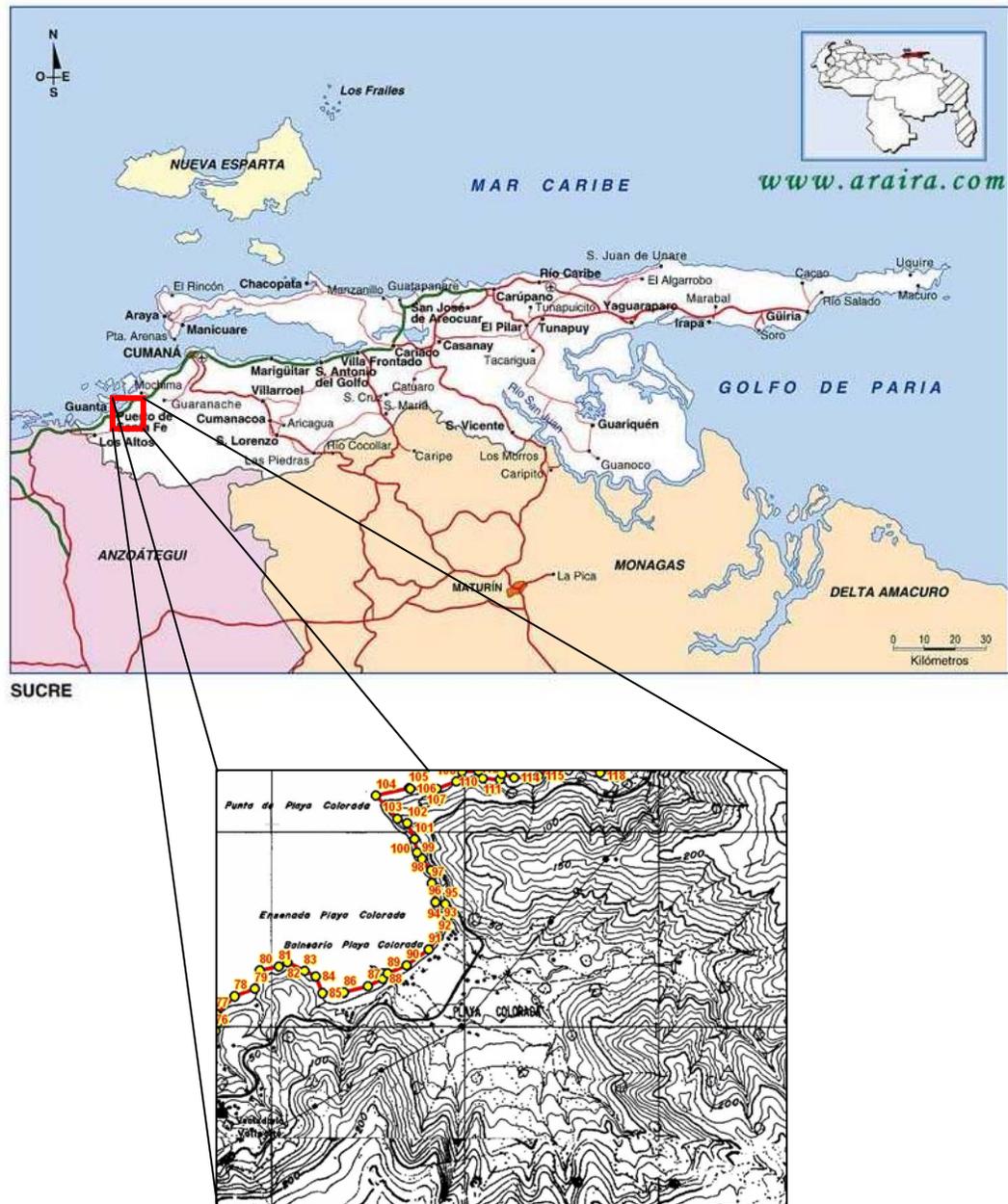


Figura 1 Ubicación de la zona de estudio, Municipio Sucre-Parroquia Raúl Leoni, Edo. Sucre.

Fuente: www.geocities.com

Base cartográfica: IGVS (lo amarillo representan vértices y lo rojo representa la poligonal del decreto)

1.4 JUSTIFICACIÓN

Durante los días 20 y 21 de septiembre del año 2007, las lluvias persistentes produjeron saturación del terreno lo que generó deslizamientos y avalanchas locales en la zona de Playa Colorada, que causaron gran cantidad de daños, con un total de 30 viviendas derribadas y 60 viviendas parcialmente dañadas, así como la falta en el suministro de agua y luz en toda la zona (según el MINISTERIO PARA LA VIVIENDA Y HABITAT). Por esta razón resulta de vital importancia la ejecución de un estudio geológico y geotécnico del área afectada y sus alrededores, para así delimitar la zona expuesta a la amenaza geológica y definir las zonas aptas para ser habitadas, ya que muchas viviendas estaban ubicadas dentro de la zona de protección de los cauces de las quebradas ver figura 2.



Figura 2 La fotografía de la izquierda muestra Vivienda devastada por la crecida, la fotografía de la derecha muestra una vivienda menos afectada por estar fuera del cauce principal de la quebrada pero dentro del área de inundación. Fuente: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.

1.5 ANTECEDENTES

Por efectos de las constantes precipitaciones durante los días 7 al 10 de septiembre del año 2007, ocurrió lo siguiente:

Las cabeceras de las quebradas se saturaron por las constantes lluvias, y se originaron varios deslizamientos de tierra en las laderas de la montaña, a lo cual añadió el efecto erosivo de las aguas, generándose el represamiento de material granular grueso y fino acompañado de material vegetal en ciertos puntos de la quebrada. Al no soportar el cauce el volumen de agua, se produjo una socavación de las laderas y del cauce en las quebradas que drenan la zona.

1.6 TRABAJOS PREVIOS

- ROSALES (1972). Considera que los esfuerzos compresivos dirigidos hacia el sur en el área de la Serranía del Interior Oriental, no son directrices regionales, sino más bien vectores secundarios de una deformación originada por fallas transcurrentes dextrales que afectan todo el norte de Venezuela.
- GONZÁLEZ DE JUANA, *et al.* (1980). Reconstruyen la historia geológica de la Cuenca Oriental durante el período Terciario, describiendo el proceso sedimentario y las características distintivas de cada una de las unidades litológicas presentes. Adicionalmente define las características de todas las cuencas petrolíferas de Venezuela.
- SPEED (1985). Concluye que la falla de El Pilar debe ser considerada como una falla transcurrente dextral que marca la sutura entre la placa Caribeña y la Suramericana, situándose el punto de sutura cerca de la Península de Paria.
- OSTOS (1990). Propone un modelo tectónico, en el cual considera la existencia, de una cuenca marginal al norte de Venezuela durante el Cretácico, la cual evolucionó en su parte sur a un margen convergente desde un margen pasivo.
- RAGUSA (1993). Estudia el análisis secuencial de la Formación Barranquín.

- PARNAUD *et al*, (1995). Divide la evolución geodinámica de la Cuenca Oriental de Venezuela en cuatro episodios a) Etapa de Prerift de edad Paleozoico, b) Etapa de Rift de edad Jurásico y Cretácico Temprano, c) Etapa de Margen Pasivo durante el Cretácico - Paleógeno y d) Etapa de Colisión oblicua en el Neógeno y Cuaternario que resulta en la formación de la Serranía del Interior y la transformación del margen pasivo a una cuenca antepaís.
- MACHADO (2000). Caracterización geológica y geotécnica de las masas rocosas sedimentarias representativas de la Serranía del Interior oriental de Venezuela, con el fin de predecir a nivel de estudios preliminares las propiedades físicas de la roca intacta y de la masa rocosa, las cuales servirán de base para la predicción del comportamiento geomecánico de otras masas rocosas que poseen características similares.
- SALAZAR (2002). Estudió la estratigrafía y evolución estructural del intervalo mioceno medio al reciente.
- GHINAGLIA (2.004). Describe la evolución Tectónica de la Serranía del Interior Oriental de Venezuela, en los estados Monagas, Anzoátegui y sur-occidente de Sucre, a partir la restauración sismo estratigráfica, indico que la geometría de la Cuenca Oriental es el resultado de la superposición de eventos geodinámicos que afectaron la sedimentación de las secuencias que los superponen.
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA VIVIENDA Y HABITAT (2007). Realizaron un informe sobre el levantamiento de información física – natural para el diagnostico preliminar y evaluación de cambios geomorfológicos en caso de eventos naturales.

CAPITULO II

2. GEOGRAFÍA FÍSICA

En este capítulo se presentan las características fisiográficas, hidrológicas, climáticas, vegetación, erosión, meteorización del área de estudio y su entorno con el fin de integrar las diversas variables que afectan pudiendo servir de ayuda para el entendimiento del problema, ver figura 3.



Figura 3 Vista de Playa Colorada, estado Sucre, desde el Cerro El Zamuro.N22°W.

2.1. FISIOGRAFÍA

La zona de estudio fue dividida en dos unidades principales: Unidad I: Unidad topográfica de Lomas (ubicada al norte y sur de la hoja); sub divididas en alto y bajo relieve. Unidad II: Unidad topográfica de Depresión (ubicada en el centro de la hoja); y en base a la organización general de las formas del relieve se observó una cuenca hidrográfica principal llamada Playa Colorada, ver figura 4.

➤ Unidad I: Unidad topográfica de Lomas:

Así denominada por presentar un desnivel topográfico, ya que las cotas varían de un máximo de 400m y un mínimo de 100m; representa aproximadamente un 60% de la hoja de estudio y está caracterizada por presentar una envolvente en forma de V vista en el mapa (figura 4), siendo, además de trazo irregular. Su línea de cresta es, en forma de V valga la redundancia, y de trazo irregular y la orientación de su envolvente es N45°E, su sección transversal es asimétrica, siendo las laderas hacia el sur las que más pendientes tienen y poseen un relieve moderado. La ladera sur tiene estribos prominentes, orientados transversalmente a la línea de cresta, con pendiente fuerte. La ladera norte, presenta pendiente cóncava con estribos de relieve suave. La ladera norte de la fila arqueada que bordea a los alrededores de Playa Colorada presenta un tono gris claro y textura lisa, mientras que la ladera sur presenta un tono de gris oscuro y textura moteada, característica de vegetación abundante.

Para el momento del deslave a unos 300 metros aguas arriba del centro poblado la quebrada Hoyo Negro se bifurcó, lo cual debilitó y restó fuerza al torrente, lo que impidió que pudiera causar mayores daños. En la parte alta se formó un dique natural que al colapsar causó el deslave mencionado arrastrando sedimentos, rocas de gran tamaño y árboles arrancados desde sus raíces, causando destrozos en casi todas las viviendas.

Hacia el oeste se encuentra una línea de cresta rectilínea, sección transversal simétrica y, aunque ligeramente estribadas, la pendiente de sus laderas es casi constante; poseen una orientación variable.

➤ Unidad II: Unidad topográfica de Depresión

Unidad ubicada en el centro de la hoja, extendiéndose de este a oeste, con un área que representa el 40% de la zona. Limitada al norte y sur por la unidad I y está representada por una depresión de superficie muy regular y plana. No presenta casi desnivel, porque lo que el fondo del valle tiene tendencia a ser plano, pero con ciertos desniveles puntuales.

Esta unidad se caracteriza por presentar como topoforma principal un valle amplio asimétrico. Las formas elementales que definen este valle son vertientes asimétricas y fondo plano.

Se observa cierta disposición de las formas en el relieve a manera de costillas (V) alargados con orientación este-oeste.

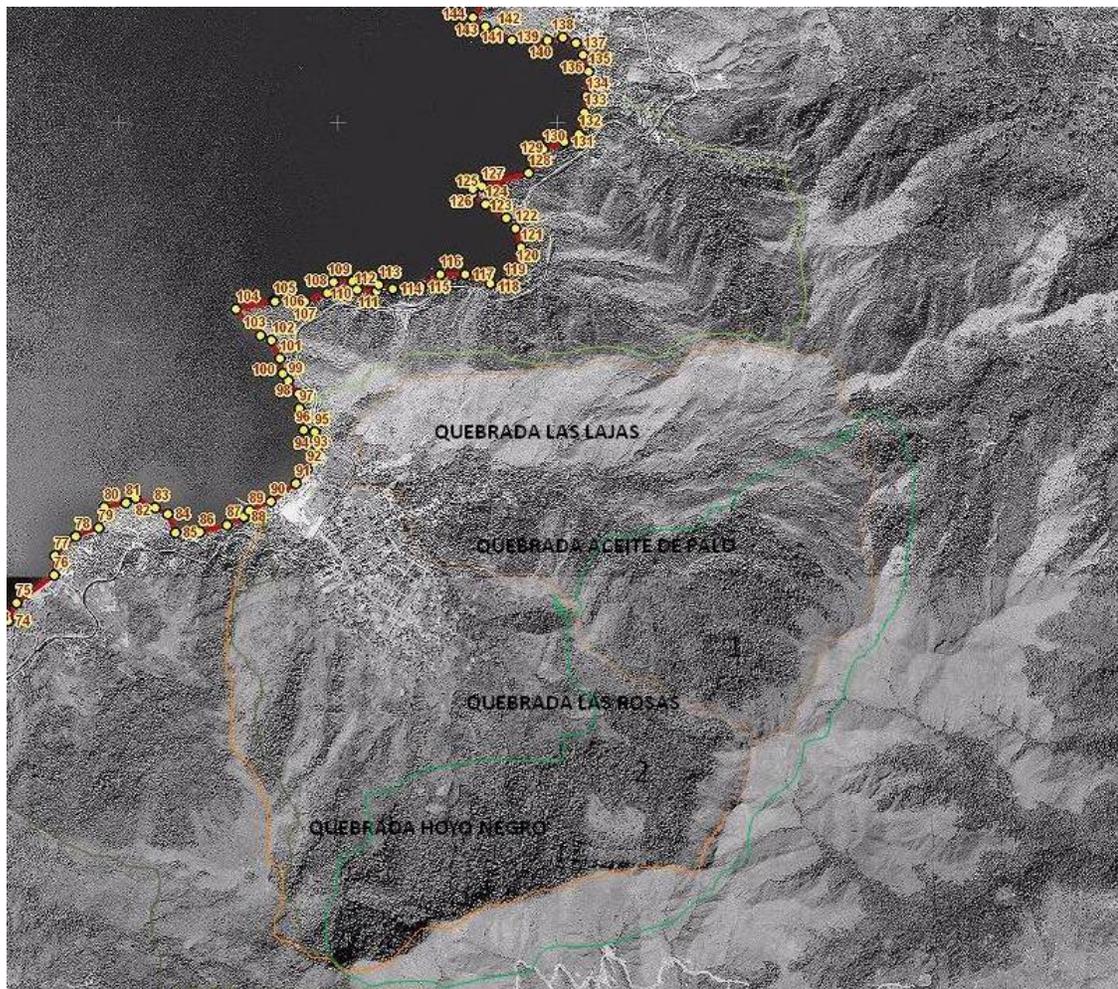


Figura 4 Unidades de Lomas y Depresión

Base cartográfica: IGVS B, I246-ISE, 7246-ISO, 7246-I-NE, 7346-IV-NO Y 7346-IV-SO (lo amarillo representan vértices y lo rojo representa la poligonal del decreto)

2.1 DRENAJE

Existen dos cuencas que ocupan el 90% de la zona: la cuenca de Playa Colorada, que abarca el 45% de la hoja y la cuenca de Santa Fe, que abarca 45% de la hoja (gran parte fuera de la zona de estudio).

La cuenca de Playa Colorada presenta un patrón de drenaje radial predominante y dendrítico denso. Dicha cuenca contiene dos subcuencas:

- Quebrada Las Lajas y Aceite de Palo: Se caracteriza por la presencia de gran cantidad de pequeños afluentes con un patrón de drenaje generalmente dendrítico a subparalelo; desde las cabeceras aguas abajo. Los afluentes se incorporan al drenaje principal de manera subperpendicular al curso de sus aguas, además poseen un arreglo pseudoparalelos entre sí. Estos están bien entallados, formando pequeños valles medianamente profundos y estrechos (entre los 350 y 500 msnm).

En este sector se produjeron deslizamientos superficiales acompañados de importantes caídas de bloques, en muchos casos favorecidos por el arreglo estructural, y flujos que arrastraron y lavaron este material.

- Quebrada La Rosa y Hoyo Negro: Esta zona presenta una red de drenajes enramado ubicados al NW de la zona de estudio, está compuesta por quebradas de curso intermitente de bajo caudal, y debido a la magnitud del flujo, aumentaron sus cauces, que en algunas proporciones logró alcanzar más de 50 metros de ancho.

Lo que corresponde al sector entre los 75 y 350 mnsn, confluyen las pequeñas quebradas que forman los cauces de orden mayor, presentando por lo general pendientes más suaves de las que se observan en las nacientes; el valle se encuentra un poco más ancho donde se pueden observar acumulaciones de bloques rocosos de grandes dimensiones provenientes de las vertientes.

La cuenca de Santa Fe presenta una orientación N-S, con un drenaje principal meandriforme y de tributarios que poseen un drenaje dendrítico a subparalelo.

2.2 ESTRUCTURA DE LA CUENCA

La estructura de la cuenca de Playa Colorada es fundamentalmente un homoclinal que ha sufrido efectos tectónicos a través de napas de cabalgamiento que han hecho variar la dirección de los estratos con buzamiento hacia el norte. Las trazas de las capas en la estructura homoclinal al ser cortadas por las quebradas producen una forma de V cuyo vértice apunta aguas abajo y en las laderas de las lomas se manifiestan en forma de costillas paralelas.

2.3 LITOLOGÍA DE LA CUENCA

Sobre la base de las características del paisaje que circunda a Playa Colorada y del drenaje en la cuenca de Playa Colorada, podemos decir que existen, tres unidades sedimentarias: Unidad de arenisca, definida por la ladera sur de la fila arqueada hasta la cresta. Unidad de lutitas entre la cresta de la loma arqueada, descendiendo por la pendiente norte hasta alcanzar la colina, definida por el drenaje y la vegetación, fundamentalmente. Una nueva unidad de areniscas, constituida por la colina misma, con propiedades muy similares a la primera unidad. Luego las lutitas. Finalmente, aluviones no consolidados.

Todo el material arrastrado por las quebradas, al disminuir la pendiente, es depositado en forma de abanicos de tipo coluvión – aluviales en su desembocadura, coincidiendo con el actual sitio de emplazamiento de la urbanización de Playa Colorada actualmente.

2.4 GEODINÁMICA EXTERNA DE LA CUENCA

La unidad lutítica, que define toda la ladera norte de la fila arqueada que rodea a Playa Colorada, está siendo completamente socavada por el drenaje y por las cárcavas, mayormente ubicadas en el drenaje que define su límite norte, donde no existe cobertura vegetal que le dé estabilidad al sustrato. Así mismo, las faldas de la colina definida por areniscas están siendo socavadas, generando inestabilidad gravitacional al erosionar el talud del norte de la colina. Cabe destacar que la población de Playa Colorada fue construida, justo en la zona de convergencia del drenaje de la cuenca.

2.5 SUELOS

En general, los suelos corresponden a los tipos montañosos, escabrosos y presentan limitaciones debida a su poca profundidad efectiva, a la alta pedregosidad y a la baja fertilidad. Los suelos están afectados por la erosión laminar, siendo el único proceso morfogenético que actúa en las formaciones favoreciendo su degradación. COPLANARH (1964).

2.6 CLIMA

El clima de la zona estudiada se enmarca dentro del asignado flanco sur de la Serranía del Interior por COPLANARH (1964). Esta zona, al igual que todo el país, por su ubicación dentro de la faja intertropical, carece de estaciones térmicas, y es el régimen pluviométrico con sus totales anuales y su distribución anual, lo que va a producir las mayores variaciones en las condiciones ambientales en los diversos sectores de la misma.

Desde el punto de vista climático, dado por el Dr. A.W. Goldbrunner en su publicación "El Clima de Venezuela y su clasificación", una temporada lluviosa ocurre cuando la precipitación mensual es mayor o igual que 50 mm y una temporada seca cuando la precipitación mensual es menor de 25 mm. De acuerdo a este criterio en la zona de estudio la temporada lluviosa en la mayor parte del estado Sucre se inicia en Abril y se prolonga hasta Diciembre.

En general la región se caracteriza por dos periodos contrastantes, uno lluvioso (invierno) y otro seco (verano). La mayor duración del periodo lluvioso, en algunas localidades, probablemente se deba a que los alisios ejercen una mayor influencia y originan lluvias orográficas importantes, durante los últimos meses del año. (*Op cit*, p.22).

Según la clasificación climática de Köppen la zona de estudio se ubica dentro del grupo **Aw**, correspondiente a un Clima Lluvioso tropical.

Clima tropical o lluvioso cálido (A): es el grupo climático más representativo del país. Son climas típicos del trópico, se caracterizan por mantener una elevada temperatura durante todo el año superior a 18 °C (tipo A), con precipitaciones durante gran parte del año, lo que determina que se puedan diferenciar dos tipos climáticos:

La subdivisión **Aw** comprende dos períodos definidos, seco entre diciembre y marzo y lluvioso el resto del año. El área lluviosa con un total anual de 2.613 mm para 35 años de registros, los meses más lluviosos son: julio, agosto, septiembre y octubre. La precipitación media histórica en septiembre fue de 393,3 mm para 35 años de registros como se muestra en el histograma ver figura 5.

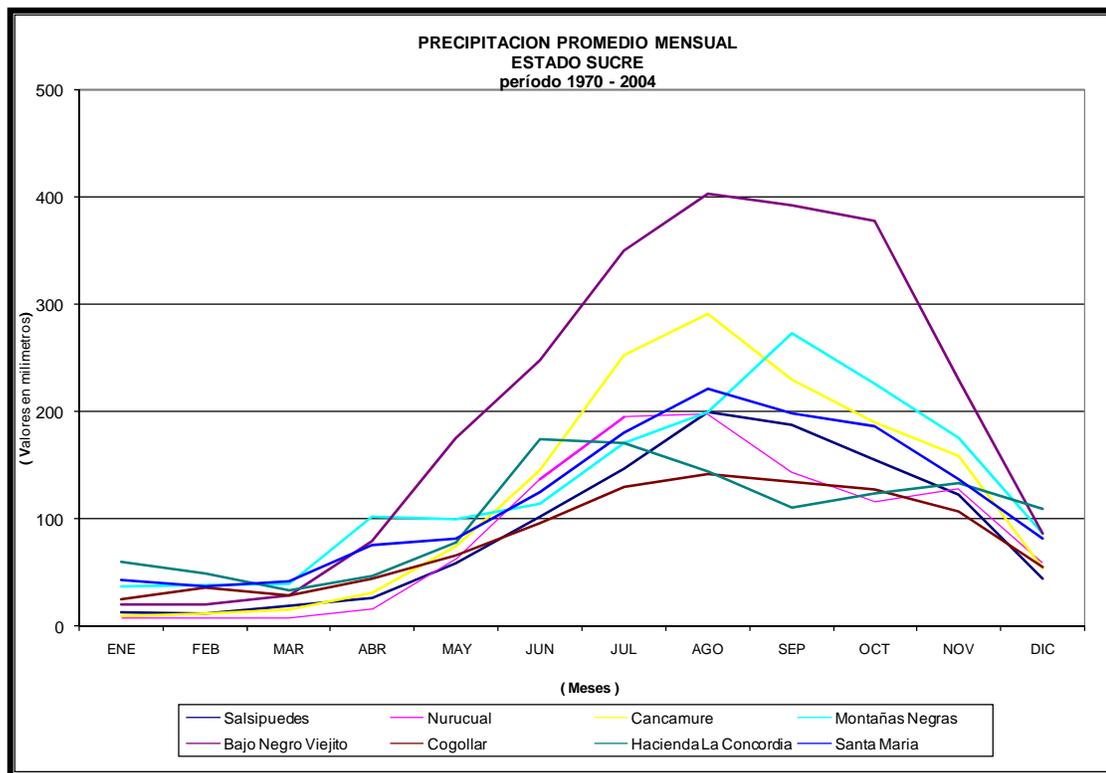


Figura 5 Precipitación mensual, del estado Sucre periodo 1970 – 2004, según las estaciones meteorológicas. Tomado del Ministerio del poder Popular para el Ambiente.

2.6.1 Características de la Temperatura del Aire

El régimen térmico de la Serranía del Turimiquire (estados Anzoátegui, Sucre y Monagas) es cálido. La temperatura máxima media anual varía entre 30 a 34° C. Los valores más altos se sitúan en el piedemonte del Turimiquire y los más bajos hacia la zona montañosa.

La temperatura máxima mensual presenta valores entre 30 a 35° C. El mes más cálido se presenta entre marzo y mayo coincidiendo con la máxima incidencia de rayos solares sobre Venezuela. Por el contrario, los valores más bajos se presentan entre diciembre y enero lo cual está relacionado con el solsticio de invierno cuando el sol está en su menor declinación.

La temperatura mínima media anual varía entre 17 y 21° C, Los valores también se distribuyen de acuerdo al relieve de la región. La mínima con valores más altos se presenta en el piedemonte, y los más bajos hacia la zona montañosa.

La temperatura mínima media mensual presenta valores entre 16 y 22° C. Los valores mínimos más altos ocurren entre mayo y junio, y los más bajos en febrero lo cual guarda relación también con la posición solar.

La temperatura media anual varía entre 25 y 27° C y la variación mensual entre 25 y 28° C. Los valores mínimos más altos ocurren en mayo, y los más bajos en enero lo cual guarda concordancia con el comportamiento de la temperatura máxima y la mínima.

2.6.2 Características de la Evaporación mensual y anual

La evaporación en la Serranía del Turimiquire (estados Anzoátegui, Sucre y Monagas) varía en general entre 1.500 a 2.200 mm promedio anual. Los mayores valores se distribuyen en el piedemonte de Sucre y Anzoátegui en donde alcanza cifras entre 1.800 a 2.200 mm, y los menores en la zona de montaña (por encima de 200 msnm.) con valores entre 1.500 a 1.800 mm promedio anual.

La evaporación promedio mensual está entre 100 a 200 mm. Los mayores valores ocurren entre marzo y mayo coincidiendo con la temporada seca, y los menores durante la temporada de lluvias, siendo noviembre y diciembre los meses más bajos.

2.6.3 Características de la Insolación mensual.

La insolación promedio mensual varía entre 5 a 7 h/s. Los mayores valores mensuales varían entre 6 y 7 h/s que ocurren entre enero y mayo coincidiendo con la temporada seca. Los menores por el contrario, se presentan durante la temporada de lluvias, siendo junio y julio los meses más bajos con valores entre 5 y 6 h/s.

2.6.4 Características de la Humedad Relativa mensual

La humedad relativa anual varía regionalmente. Los mayores valores ocurren en el piedemonte de Anzoátegui en donde alcanza valores máximos entre 90 a 100%, con humedad mínima entre 30 a 50%. Por el contrario, la humedad es más baja en el piedemonte de Sucre. La humedad máxima varía entre 60 a 70%, y la mínima entre 20 y 30%.

Con relación a su distribución mensual se observa que tanto la humedad máxima como la mínima presentan sus mayores valores durante la temporada lluviosa entre junio y noviembre, y por el contrario, los menos valores durante la temporada seca entre enero y abril o mayo.

2.7 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 6.

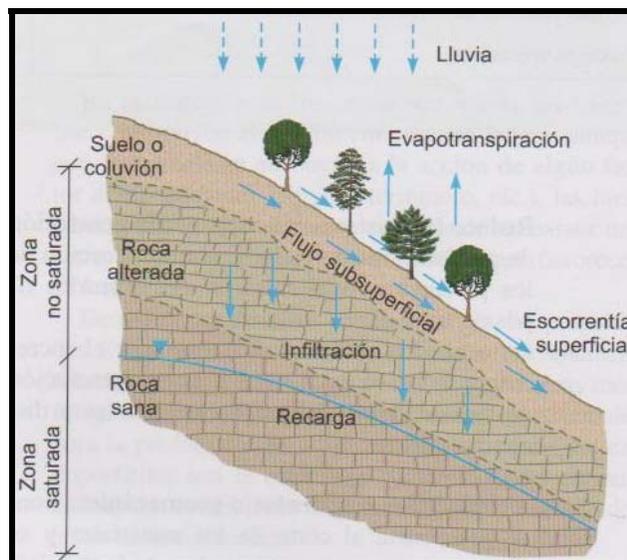


Figura 6 La vegetación como agente protector del suelo. Tomado de González de Vallejo, 2002.

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:

- **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.

- **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.

Según 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”.

➤ **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 tasa 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”.

➤ **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.

➤ **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.

➤ **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:

➤ **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 a la dirección del esfuerzo principal. El sistema radical incrementa el parámetro de cohesión del suelo, como en la figura 7.

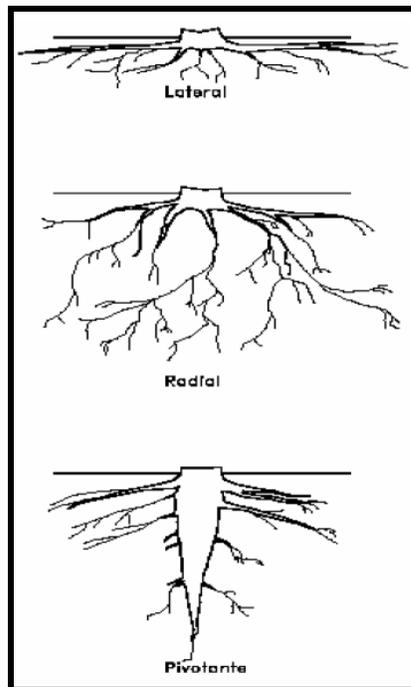


Figura 7 Reforzamiento de las raíces en la estabilidad de un suelo. Tomado por Jaime Suárez (1998).

- 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 este trabajo se dividió este tópico en 3 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.

La vegetación presente en el área de estudio es variada y se encuentra relacionada con el tipo de suelo, relieve y clima.

Mediante la tabla siguiente se muestra las clasificaciones propuestas por HUBER (1984) y STEPHAN (1991) que resumen la vegetación presente en la zona, su descripción y altitud.

Tabla 1 Resumen de la vegetación

Autor	Nombre vegetación	Descripción	Cotas m s.n.m.
HUBER (1984)	Vegetación Xerófila	Típica de zonas secas (matorrales, plantas espinosas, etc.)	Hasta los 400
	Vegetación de estación seca	Arbustos, árboles de madera dura.	
	Bosque de transición	Intervención antrópica (cafetales, platanillo, eucalipto, plantas frutales)	900-1.100
	Bosque nublado	Palmas de montaña y helechos. Debido a la alta humedad se encuentran orquídeas y bromelias en las copas de los árboles. Los árboles no son muy densos.	1.100-2.100
	Sub-páramo	Similar al páramo de Los Andes, son comunes las especies de pequeño tamaño (hierba de páramo).	
STEPHAN (1991)	Arbustos xerófitos litorales	Se extienden en forma de franjas más o menos estrechas a lo largo de toda la costa.	50-100
	Bosques tropófilos basimontanos decíduos	Tipo de bosque con altura baja a media de 10 a 20m.	300-600
	Bosques ombrófilos submontanos semi-decíduos		600-800
	Bosques ombrófilos montanos sub-siempreverdes	Bosques medio-altos 3 a 25m. Los árboles sobresalen del bosque y alcanzan hasta 50m.	800-1.500
	Bosques ombrófilos submontanos y montanos siempreverdes	Bosque de altura media 20 a 25m. Árboles emergentes de hasta 40m.	1.200-2.200

2.8 EROSIÓN Y METEORIZACIÓN

Según los conceptos emitidos por Ruzzante (1979), se concluye que el principal agente de meteorización es el agua meteórica y fluvial. La época de mayor erosión es durante el período de lluvia, cuando las corrientes llegan a la etapa de inundación, aumentando el nivel del agua y profundizando el canal, quedando así las rocas mayormente expuestas a la erosión.

El proceso erosivo es facilitado por las fuertes pendientes de las laderas que aumentan la velocidad de las aguas, siendo el escurrimiento suficientemente poderoso para vencer la resistencia del suelo a la erosión y transportar una cantidad de material pendiente abajo, hacia los cauces de las quebradas.

Los procesos de alteración afectan mayormente a las areniscas, debido a la facilidad que posee el agua para penetrar entre los planos de estratificación y los poros naturales de las mismas.

El proceso erosivo en las areniscas friables es aún mayor, ya que el agua disuelve el carbonato cementante, acelerando la meteorización y erosión, produciendo como resultado final un suelo blanco grisáceo.

La densidad y profundidad de los horizontes de meteorización pueden variar con mucha facilidad ya que depende de múltiples factores entre los cuales cabe destacar el porcentaje de los componentes mineralógicos que definen las unidades litológicas, las variaciones horizontales y verticales de la litología en el perfil involucrado y el grado de fracturación del material. (GRASES, et al. 2000).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 DOCUMENTACIÓN

1. Se realizó el proceso de búsqueda de información en base a la geología local y regional de la zona de Playa Colorada y alrededores.
2. Recopilación de trabajos previos en la zona referentes a la cartografía, así como también de la geología y geotecnia de la misma, a nivel local.

3.1.1 ETAPA 1

Actividades (revisión bibliográfica):

1. Recopilación bibliográfica de la zona de estudio: Congresos, Informes, Boletines, Seminarios, etc.
2. Recopilación Cartográfica, en formato digital y analógico, escala 1:25.000, 1:10.000 y 1:5.000, de la zona.
3. Adquisición de fotos aéreas de la zona a escala 35.000, misión 0402 118, año 1981, del Instituto Geográfico de Venezuela. Simón Bolívar (IGVSB).
4. Definir los Objetivos, delimitación de la zona, etc.

3.1.2 ETAPA 2.

Levantamiento de campo:

Para el óptimo desarrollo en la etapa de levantamiento de campo fue necesario establecer un procedimiento sistemático en la recolección de los datos básicos:

1. Ubicación georeferenciada de las estaciones de trabajo sobre la base topográfica empleada en el trabajo de campo, con un GPS de uso civil marca Magellan serie Explorist 210.
2. Codificación para la identificación de las estaciones de trabajo por afloramientos, donde se denota Afn, donde n representa la cantidad de estaciones levantadas,

comenzando desde las zonas más cercanas a la costa, por ejemplo; Af1 representa la primera estación del afloramiento de la quebrada Carmen Rivas – Las Lajas.

3. Descripción del afloramiento ubicado en cada estación.

4. Medición de los planos estructurales, así como las características de los mismos.

5. Recolección de muestras de mano representativas de cada unidad descrita. Su identificación se indica de forma simplificada según la secuencia de recolección del afloramiento de donde es tomada, la estación de trabajo y la fecha de su recolección. Por ejemplo; M06-PB14-150308, es la muestra seis recolectada en la estación catorce del afloramiento de la quebrada Palo Blanco el 15 de marzo del 2008.

7. Pruebas manuales para estimar la resistencia a la compresión de los distintos tipos de rocas, ver tabla 2.

Tabla 2 Índice de campo de la resistencia a la compresión sin confinar de la roca intacta

Clase	Descripción	Identificación de Campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0,25-1,0
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente	1,0-5,0
R2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5,0-25
R3	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con las navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
R4	Roca dura	Se quiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas.	>250

Tomado de González *et al.*, (2002)

Caracterización de macizos rocosos:

En los afloramientos del macizo rocoso se trabajó siguiendo las etapas:

Descripción general del afloramiento: consiste en localizar el afloramiento para luego realizar la descripción geológica general que incluye: identificación de litologías presentes, estructuras observables, grado de meteorización, presencia de agua e identificación de procesos geomorfológicos exodinámicos y endodinámicos.

La identificación de litologías presentes se realizó a partir de las características visuales de la roca, como lo son: la textura, composición mineralógica, color, entre otros. Además se identificó la presencia de estructuras, tales como pliegues, fallas y descripción de las discontinuidades.

Los resultados obtenidos del levantamiento geológico se vaciaron en planillas diseñadas en Microsoft Excel (ver figura 8), de manera que puedan visualizarse y utilizarse de forma rápida y eficiente.

 <p>OFICINA TÉCNICA INGENIERO JOSÉ HEREDIA Y ASOCIADOS C.A.</p>		<p>CLASIFICACION GEOMECANICA (DATOS DE CAMPO)</p>																																			
<p>CROQUIS-GRÁFICO-NOTAS</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>		PROYECTO: _____																																			
		OPERADOR: Yanelvy Romero																																			
		FECHA: _____																																			
<p>MATRIZ</p>		<p>ALTERACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA</p>																																			
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:5%;">Ia</td> <td style="width:5%;">F</td> <td style="width:60%;">ROCA SANA O FRESCA</td> <td style="width:10%;">-</td> <td rowspan="2" style="width:20%;">OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:</td> </tr> <tr> <td>Ib</td> <td></td> <td>DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS PPALES</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>SW</td> <td>LIGERAMENTE ALTERADA</td> <td><10%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>MW</td> <td>BASTANTE ALTERADA</td> <td>10-50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>HW</td> <td>MUY ALTERADA</td> <td>50-90</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>CS</td> <td>COMPLETAMENTE ALTERADA</td> <td>>90</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>RS</td> <td>ROCA DESCOMPUESTA</td> <td>100</td> <td></td> </tr> </table>		Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:	Ib		DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS PPALES	-	II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA	<10%		III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50		IV	HW	MUY ALTERADA	50-90		V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90		VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100	
		Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:																															
		Ib		DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS PPALES	-																																
		II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA	<10%																																
		III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50																																
		IV	HW	MUY ALTERADA	50-90																																
		V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90																																
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100																																		
<p>COND.GENERALES- r_u</p>																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>COMPLETAMENTE SECO</td> <td>$r_u=0$</td> </tr> <tr> <td>HÚMEDO</td> <td>0-0,1</td> </tr> <tr> <td>MOJADO</td> <td>0,1-0,2</td> </tr> <tr> <td>GOTEADO</td> <td>0,2-0,5</td> </tr> <tr> <td>FLUYENDO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AGUA APRESION</td> <td>$r_u>0,5$</td> </tr> <tr> <td>RAZON DE PRESION INTERSTICIALES</td> <td>$r_u = u/z$</td> </tr> <tr> <td>ESTACIONALIDAD</td> <td>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		COMPLETAMENTE SECO	$r_u=0$	HÚMEDO	0-0,1	MOJADO	0,1-0,2	GOTEADO	0,2-0,5	FLUYENDO		AGUA APRESION	$r_u>0,5$	RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	$r_u = u/z$	ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																				
COMPLETAMENTE SECO	$r_u=0$																																				
HÚMEDO	0-0,1																																				
MOJADO	0,1-0,2																																				
GOTEADO	0,2-0,5																																				
FLUYENDO																																					
AGUA APRESION	$r_u>0,5$																																				
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	$r_u = u/z$																																				
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																																				
<p>FLUJO EN EXCAVACIONES</p>																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>SECOS O FILTRACIONES LOCALES</td> <td><1</td> </tr> <tr> <td>FILT. MEDIAS O AGUA A PRESION LAVADO RELLENO</td> <td>1-2,5</td> </tr> <tr> <td>GRANDES O AGUA A GRAN PRESION ROCA COMP. JUNTAS SIN</td> <td>2,5-10</td> </tr> <tr> <td>GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE REL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EXCEPCIONALM. ALTA INICIAL, DECREC. EN TIEMPO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EXCEPCIONALM. ALTA INICIAL, MANTENIDA</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>PRESION DE AGUA APROX. (Kg/cm²)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESTACIONALIDAD</td> <td>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		SECOS O FILTRACIONES LOCALES	<1	FILT. MEDIAS O AGUA A PRESION LAVADO RELLENO	1-2,5	GRANDES O AGUA A GRAN PRESION ROCA COMP. JUNTAS SIN	2,5-10	GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE REL		EXCEPCIONALM. ALTA INICIAL, DECREC. EN TIEMPO		EXCEPCIONALM. ALTA INICIAL, MANTENIDA	>10	PRESION DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)		ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																				
SECOS O FILTRACIONES LOCALES	<1																																				
FILT. MEDIAS O AGUA A PRESION LAVADO RELLENO	1-2,5																																				
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION ROCA COMP. JUNTAS SIN	2,5-10																																				
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE REL																																					
EXCEPCIONALM. ALTA INICIAL, DECREC. EN TIEMPO																																					
EXCEPCIONALM. ALTA INICIAL, MANTENIDA	>10																																				
PRESION DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)																																					
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																																				
<p>RED DE DISCONTINUIDADES</p>		<p>DESCRIPCIÓN MACIZO</p>																																			
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>MASIVO</td> <td>POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO</td> </tr> <tr> <td>EN BLOQUES</td> <td>APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES</td> </tr> <tr> <td>TABULAR</td> <td>DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES</td> </tr> <tr> <td>COLUMNAR</td> <td>DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES</td> </tr> <tr> <td>IRREGULAR</td> <td>FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS</td> </tr> <tr> <td>TRITURADO</td> <td>MUCHAS DISCONTINUIDADES</td> </tr> </table>		MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO	EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES	TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES	COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES	IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS	TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES																						
		MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO																																		
		EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES																																		
		TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES																																		
		COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES																																		
		IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS																																		
		TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES																																		
		<p>DIACLASADO</p>																																			
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Ia</td> <td>MASIVO, SIN JUNTAS OCASIONALES</td> </tr> <tr> <td>Ib</td> <td>MASIVO, CON JUNTAS OCASIONALES</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>UNA FAMILIA</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>UNA FAMILIA Y OCASIONALES</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>DOS FAMILIAS</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>DOS FAMILIAS Y OCASIONALES</td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>TRES FAMILIAS</td> </tr> <tr> <td>VII</td> <td>TRES FAMILIAS Y OCASIONALES</td> </tr> <tr> <td>VIII</td> <td>CUATRO O MAS FAMILIAS</td> </tr> <tr> <td>IX</td> <td>ROCA TRITURADA, SUELO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>NO SE OBSERVO</td> </tr> </table>		Ia	MASIVO, SIN JUNTAS OCASIONALES	Ib	MASIVO, CON JUNTAS OCASIONALES	II	UNA FAMILIA	III	UNA FAMILIA Y OCASIONALES	IV	DOS FAMILIAS	V	DOS FAMILIAS Y OCASIONALES	VI	TRES FAMILIAS	VII	TRES FAMILIAS Y OCASIONALES	VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS	IX	ROCA TRITURADA, SUELO		NO SE OBSERVO												
Ia	MASIVO, SIN JUNTAS OCASIONALES																																				
Ib	MASIVO, CON JUNTAS OCASIONALES																																				
II	UNA FAMILIA																																				
III	UNA FAMILIA Y OCASIONALES																																				
IV	DOS FAMILIAS																																				
V	DOS FAMILIAS Y OCASIONALES																																				
VI	TRES FAMILIAS																																				
VII	TRES FAMILIAS Y OCASIONALES																																				
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS																																				
IX	ROCA TRITURADA, SUELO																																				
	NO SE OBSERVO																																				
<p>CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES</p>																																					
DISCONTINUIDAD	RUMBO y BUZ	ESPACIAMIENTO				CONTINUIDAD				ABERTURA			RUGOSIDAD						RELLENO																		
		>2m	60cm-2m	20cm-60cm	6cm-20cm	<6cm	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	Inmovilizado	0	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm	ESCALONADA		ONDULADA		PLANA		COMPOSICION	<5mm	>5mm	BLANDO/DURO											
D1																																					
D2																																					
<p>OBSERVACIONES GENERALES</p>																																					
<p>IMAGEN</p>																																					

Figura 8 Planilla para la descripción en campo.

FACTORES CONSIDERADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS MASAS ROCOSAS.

Según Machado (2000), los factores considerados en la caracterización de los macizos rocosos son aquellos que inciden de manera directa o indirecta sobre las propiedades geomecánicas de las mismas.

A continuación se definen los factores que van a ser utilizados a lo largo de todos los capítulos. Estos términos son los siguientes:

- Macizo Rocoso: Es un volumen de toda roca que incluye tanto la roca intacta como las discontinuidades que la caracterizan tales como estratificación, diaclasas, fallas, etc.
- Discontinuidad: Representan todos los planos y/o superficies de debilidad a lo largo de las cuales cualquier propiedad estructural de un macizo rocoso es discontinua.
- Diaclasas: Consiste de fracturas de origen tectónico, a lo largo de las cuales no ha ocurrido desplazamiento vertical y/o lateral visible, aunque suele tenerlo en sentido perpendicular al plano de la misma. Un grupo de diaclasas paralelas se denomina "familia". Un macizo rocoso puede tener varias direcciones de paralelismo de familias de diaclasas, lo cual formaría un sistema de diaclasas.
- Estratificación: Son superficies planares penetrativas características de las rocas sedimentarias que separan capas de igual o diferente litología, desarrolladas durante el proceso de diagénesis al que ha estado sometido la roca.

FACTORES GEOLÓGICOS

A continuación se presenta una síntesis de los factores geológicos utilizados en la etapa de campo. Todos estos puntos son necesarios para una adecuada caracterización del macizo rocoso. Los procedimientos aplicados en este trabajo se basan en la literatura recopilada y criterios tomados por Salcedo (1983) y Castillejo (1993).

DISCONTINUIDADES

Las discontinuidades de los macizos rocosos fueron descritas mediante las observaciones de afloramientos de campo. Tanto en laderas naturales como en taludes de corte.

ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES

Las orientaciones de las discontinuidades medidas, corresponden a los planos de estratificación y los planos de diaclasas. Ver figura 9.

La orientación se determinó mediante el uso de la brújula con clinómetro, definiendo el rumbo (dirección perpendicular a la recta de máxima pendiente), buzamiento (ángulo que forma la recta de máxima pendiente con la horizontal) y el sentido de buzamiento (sentido Norte o Sur al que apunta el vector de buzamiento).

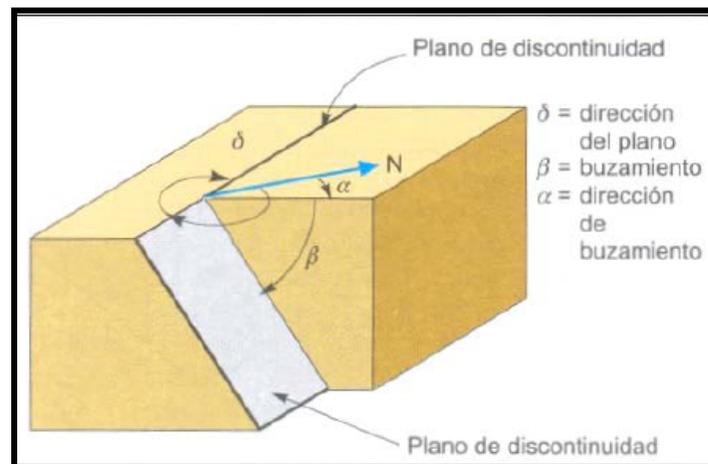


Figura 9 Medida de orientación de las discontinuidades. Tomado de González *et. al*, 2002.

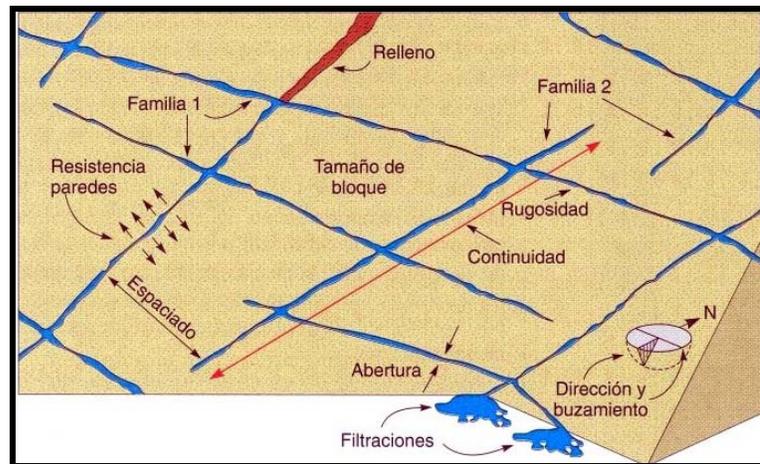


Figura 10 Representación esquemática de las propiedades geomecánicas de las discontinuidades. Tomado de González *et al*, 2002.

ESPACIAMIENTO

Es definido como la distancia existente entre dos planos de diaclasas adyacentes y pertenecientes a una misma familia de diaclasas.

Este factor es de suma importancia debido a que determina el tamaño de bloques individuales de roca intacta que podría generarse. En la medida que la frecuencia de fracturas es mayor, la cohesión global de la masa rocosa es menor, según la tabla 3:

Tabla 3 Descripción del Espaciado

Descripción del espaciado	
Descripción	Espaciado
Muy junto	< 6 cm
Junto	6 cm - 20 cm
Moderadamente junto	20 cm - 60 cm
Separado	60 cm - 2 m
Muy separado	> 2 m

Tomado y Modificado de GONZÁLEZ *et. al.*, 2002.

CONTINUIDAD

La continuidad se refiere a su extensión superficial, representada por la longitud de la misma a lo largo de la traza en la superficie expuesta (ver figura 11).

La medición de dicho parámetro se efectúa para cada familia de discontinuidades mediante el uso de una cinta métrica. El valor medio de todas estas mediciones de la discontinuidad y es el empleado para la descripción según la tabla 4.

Tabla 4 Descripción de la Continuidad

Descripción de la continuidad	
Descripción	Continuidad
Muy baja continuidad	< 1cm
Baja continuidad	1 m - 3 m
Continuidad media	3 m - 10 m
Alta continuidad	10 m - 2 m
Muy alta continuidad	> 20 m

Tomado y Modificado de GONZÁLEZ *et. al.*, 2002.

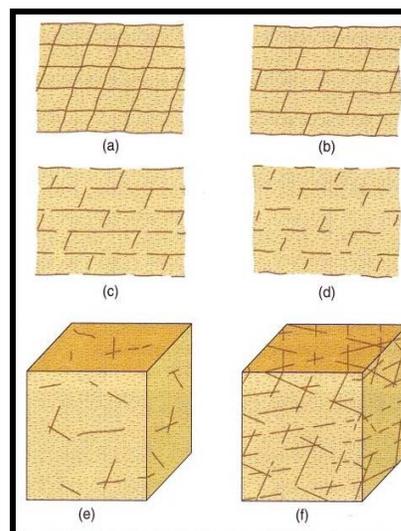


Figura 11 Modelos de discontinuidad de varias familias de discontinuidades. Tomado de González *et al.*, 2002.

RUGOSIDAD

La rugosidad fue medida en campo por comparación visual con los perfiles estándar de rugosidad mostrados en la figura 12.

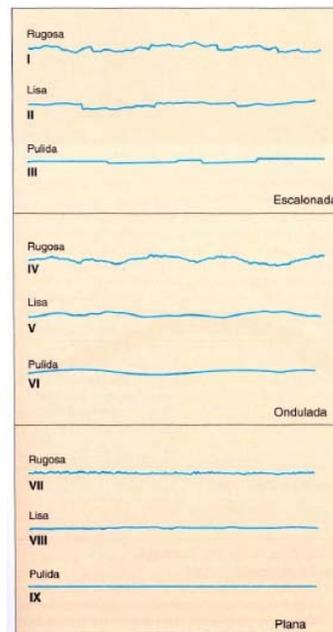


Figura 12 Perfiles de rugosidad. La longitud de los perfiles está en el rango de 1 y 10 metros (ISRM 1981). Tomado de González *et al.*, 2002.

ABERTURA

Es la distancia perpendicular que separa las paredes adyacentes de una discontinuidad abierta. El término de “abertura” es restringido a diaclasas abiertas donde el espacio es aire o agua; cuando se trata de diaclasas abiertas con relleno, se utiliza el término de “ancho” ver tabla 5.

Tabla 5 Descripción de la Abertura

Descripción de la Abertura	
Descripción	Abertura
Muy cerrada	0
Cerrada	< 0.1 mm
Parcialmente abierta	0.1 - 1.0 mm
Abierta	1.0 - 5.0 mm
Muy abierta	> 5 mm

Tomado y Modificado de GONZÁLEZ *et al.*, 2002.

RELLENO

El relleno corresponde al material de naturaleza distinta a la roca de las paredes encontrado entre las discontinuidades. Dicho parámetro es descrito en campo según su composición, espesor y resistencia. La composición se refiere al tipo de material encontrado, tal como: arena, arcilla, grava, brecha, milonita, entre otros y su espesor es medido directamente con una regla graduada en milímetros. La resistencia se describe de forma sencilla, discriminando entre materiales blandos y duros.

METEORIZACIÓN:

Indicar el grado de meteorización de la roca es muy importante en una descripción en campo, ya que éste afecta a las propiedades físico – químicas de las rocas y por tanto su comportamiento geomecánico. Para identificar el grado de meteorización de una roca, se puede usar la tabla 6.

La susceptibilidad que poseen las rocas a ser meteorizadas, depende de ciertos factores estructurales internos, así como de factores ambientales y de sus condiciones de contorno. Entre los factores estructurales importantes, son el acomodamiento y forma de partículas minerales que componen la roca, ya que estos influyen en la porosidad de la roca así como en su unión intergranular y

permeabilidad, factores directamente proporcionales a la facilidad de penetración de los agentes meteorizantes (Machado, 2000).

La evaluación del grado de meteorización se realizó por observación directa del afloramiento y comparación con los parámetros incluidos en la tabla 6.

Tabla 6 Grado de meteorización del macizo rocoso.

Clase	Tipo	Descripción
I	Fresco	No hay signos visibles de meteorización. Si acaso una tenue decoloración en superficies de discontinuidades más desarrolladas.
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto está decolorado por la meteorización.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo. La estructura original del macizo rocoso está prácticamente intacta. transportado.
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo. La estructura del macizo y su textura se ha destruido. Hay cambio de volumen pero el suelo ha sido transportado.

Tomado de González *et al.*, (2002) y Salcedo (1983).

REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT:

Para determinar la resistencia de la roca en campo de una forma práctica, se puede utilizar un Martillo de Schmidt o esclerómetro. Este dispositivo portátil, determina la dureza al rebote de la roca intacta. Su descripción detallada puede verse en los métodos sugeridos por la ISRM (1981). El martillo de Schmidt está constituido por un vástago de acero sobre el cual se golpea una masa impulsada por un resorte de

energía determinada. El índice de Schmidt se determina por el rebote de la masa sobre el punzón que está en contacto con la roca.

Existen varios modelos de acuerdo a la energía de impacto, sin embargo, el que recomienda las normas, es el martillo tipo L, que tiene una energía de 0.74 Nm. El impacto se aplica sobre una superficie limpia de la roca, perpendicular a la discontinuidad. La prueba puede hacerse bajo condiciones saturadas que da el valor más conservador y bajo condiciones secas. Especial cuidado se debe tener en evitar que el impacto mueva la superficie que está siendo ensayada pues el rebote medido será artificialmente bajo, estos resultados deben destacarse.

Cada superficie debe ser ensayada como mínimo diez veces, aplicando el martillo a un nuevo sitio de la superficie antes de cada impacto. Las cinco lecturas más bajas de cada grupo de 10 se descartarán y se anota el valor promedio "R". El martillo Schmidt normalmente está en un rango de 10 a 60; los números más bajos se obtienen en rocas "débiles" ($\bar{\sigma}_c < 200 \text{ kg/cm}^2$) mientras que los valores más altos son aplicables a rocas "muy resistentes" y extremadamente resistentes ($\bar{\sigma}_c > 1500 \text{ kg/cm}^2$), rocas "muy débiles" y "extremadamente débiles" no pueden ser ensayadas con el martillo tipo L. en estos casos, desde $\bar{\sigma}_c < 150 - 200 \text{ kg/cm}^2$, se requieren pruebas índices manuales.

Tabla 7 Índice de campo de la resistencia a la compresión sin confinar de la roca intacta:

Clase	Descripción	Identificación de Campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0,25-1,0
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente	1,0-5,0
R2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5,0-25
R3	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
R4	Roca dura	Se quiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas.	>250

Tomado de González *et. al.*, (2002)

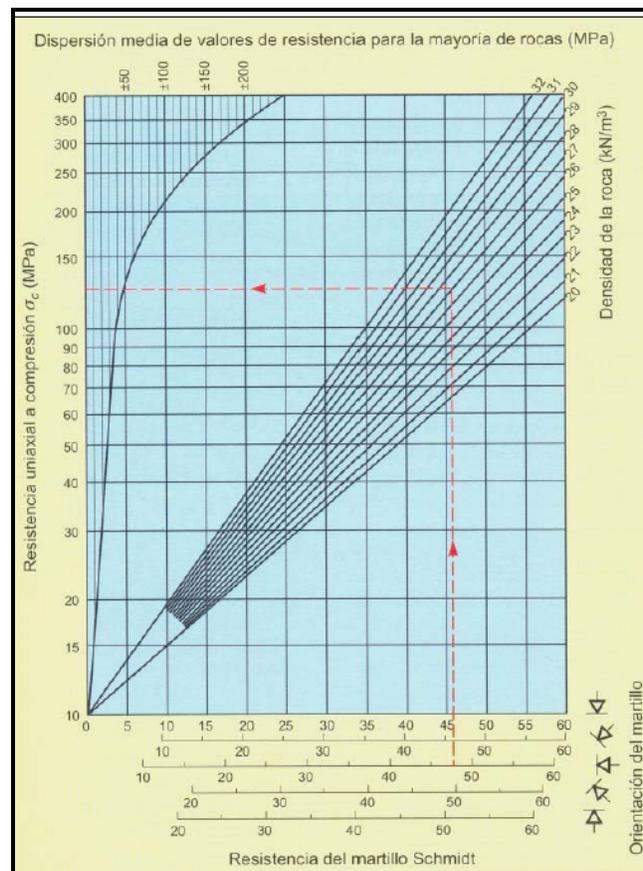


Figura 13 Relación entre el rebote Schmidt y la Resistencia a la Compresión Uniaxial. Tomado de González *et al.*, (2002)

DETERMINACIÓN DEL GSI (Geological Strength Index):

Esta propiedad evalúa la calidad del macizo rocoso en función del grado y las características de fracturación, estructuras geológicas, tamaño de los bloques y alteración de las discontinuidades. Se definió en campo de acuerdo a las estructuras presentes y las condiciones de las superficies de discontinuidad, utilizando la clasificación modificada por TRUZMAN, 2003 para las rocas sedimentarias. (Ver tabla 18).

RECOLECCION DE MUESTRAS:

Fueron recolectadas las muestras más representativas de los afloramientos estudiados, las cuales fueron seleccionadas a través del recorrido y poseen dimensiones de 10 cm de lado aproximadamente. Dichas muestras fueron sometidas a ensayos geomecánicos y estudio petrográficos.

3.1.3 ETAPA DE LABORATORIO

A partir de las muestras recolectadas en campo se realizaron secciones finas, las cuales fueron objeto de análisis petrográfico para la identificación de minerales, textura, grado de meteorización, entre otros. Por otra parte a las muestras tomadas en cada afloramiento estudiado en campo, se le aplicaron una serie de ensayos (descritos anteriormente) a fin de obtener la caracterización geotécnica de los macizos y sus parámetros geomecánicos intrínsecos.

SECCIONES FINAS

Una de las técnicas de reconocimiento de minerales, es la observación directa en una sección delgada de una muestra bajo el microscopio de luz polarizada. Mediante este instrumento se pueden estudiar no solo las propiedades ópticas de los minerales, sino también realizar un reconocimiento bastante exhaustivo de la composición mineralógica de la muestra, características texturales, preservación de los granos o cristales, entre otros.

Una vez obtenidas las secciones finas fueron analizadas bajo el microscopio de luz polarizada, empleando la siguiente metodología.

Inicialmente se efectuó una revisión general de la sección, identificando los minerales presentes, luego se estableció el promedio de porcentajes (% en areal) de los

minerales esenciales de la roca, con ayuda de la tabla comparativa de apreciación visual (se consideran esenciales cuando representan más del 1 % en volumen), incluyendo también los minerales accesorios (los que representa menos del 1 % del volumen), estos datos se anotaron en una planilla de descripción.

Seguidamente se realizó una descripción detallada de cada mineral. Esta descripción no se realizó con un grano mineral en particular, por el contrario, se tomó en consideración todos los granos posibles de la especie mineral que se estaba describiendo. Finalmente se realizó la clasificación de las muestras.

PESO UNITARIO SECO

Está definido, como el peso de la roca por unidad de volumen y depende exclusivamente de su composición mineralógica. Se denota como “ γ ” y sus unidades son las de fuerza/volumen (González, 2002). Esta propiedad se encuentra relacionada con la densidad “ ρ ” por la siguiente expresión:

$$\gamma = g \cdot \rho$$

Donde: g = aceleración de gravedad.

3.1.4 ETAPA DE OFICINA

En esta fase se llevó a cabo la clasificación del macizo rocoso según:

- Bieniawski (1989) mediante el índice RMR (*Rock Mass Rating*) y RQD (*Rock Quality Designation*), el cual se calcula de forma empírica a partir de la fórmula de PALLSTRÖM (1979) en GONZÁLEZ (2002) Dicha clasificación requiere de algunos datos recogidos en campo correspondientes a los afloramientos y los datos de resistencia uniaxial obtenido en el laboratorio.

➤ Luego de aplicar la clasificación de Bieniawski, se procedió a usar el criterio de resistencia de Hoek y Brown, que emplea un conjunto de formulas empíricas para estimar, cohesión (C_m), ángulo de fricción interna (ϕ_m), compresión uniaxial (σ_{cm}) y módulo de deformación (E_m) del macizo rocoso.

DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LOS MACIZOS ROCOSOS:

Número de familias:

En un macizo rocoso, el número de familias de discontinuidades condicionan su comportamiento mecánico, su modelo de deformación y sus mecanismos de rotura. La orientación de una familia de discontinuidades con respecto a las otras, y si se interceptan entre sí o no, pueden determinar la estabilidad de una obra geotécnica. La intensidad o el grado de fracturación y el tamaño de los bloques de la roca intacta vienen dados por el número de familias de discontinuidades y por espaciamiento de cada familia. Para describir el número de discontinuidades que ocurren localmente, la ISRM (1981) sugiere el uso de la siguiente tabla 8.

Tabla 8 Clasificación de los macizos rocosos según el número de familias de discontinuidades:

Clase	Tipo	Descripción
I	Masivo	Pocas discontinuidades o con espaciamiento muy grande
II	Cúbico	Bloques aproximadamente equidimensionales
III	Tabular	Bloques con una dimensión considerablemente menor que las otras dos.
IV	Columnar	Bloques con una dimensión considerablemente mayor que las otras dos.
V	Irregular	Grandes variaciones en el tamaño y forma de los bloques.
VI	Triturado	Macizo rocoso muy fracturado, severamente diaclasado.

Tomado de González *et al.*, (2002).

TAMAÑO DEL BLOQUE:

El tamaño del bloque se definió por sus dimensiones y forma que poseían. El dimensionamiento del bloque está determinado por los espaciamientos, número de familia de diaclasas y continuidad de las mismas. La forma del bloque se estableció por la orientación de discontinuidades y el número de diaclasas.

FORMA DEL BLOQUE:

La descripción esquemática de la masa rocosa fue realizada de acuerdo a la descripción propuesta por González *et. al.*, (2002). Tabla 9.

CONTROL VOLUMÉTRICO DE DIACLASAS (J_v):

Se define como el número de diaclasas existentes en un metro cúbico de masa rocosa. Es determinado por medio de la siguiente relación:

$$J_v = \sum (\text{número de discontinuidades} / \text{longitud de la medida}).$$

La mejor forma de hacer el conteo, es expresar el número de discontinuidades por metro, y para esto se recomienda hacer la medición entre 5 y 10 metros. Una vez obtenido el valor de J_v , el tamaño de los bloques se puede describir según la siguiente tabla 9:

Tabla 9 Descripción del tamaño de Bloque.

DESCRIPCIÓN DEL TAMAÑO DE BLOQUE (en función del número de discontinuidades)	
DESCRIPCIÓN	J_v (discontinuidades/m ³)
Bloques muy grandes	<1
Bloques grandes	1-3
Bloques de tamaño medio	3-10
Bloques pequeños	10-30
Bloques muy pequeños	>30

Tomado de Salcedo (1983)

CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS:

CLASIFICACIÓN DE DEERE (R.Q.D).

Deere (1963), publicó un trabajo titulado Descripción Técnica de Núcleos de Roca con fines de ingeniería, posteriormente en 1964 y después de la excelente respuesta de los profesionales del área, desarrolló el concepto del R.Q.D (Rock Quality Designation), con la idea que fuese utilizado en la excavación de túneles de granito en Nevada, E.U.A.

Finalmente en 1967 Deere y sus colegas presentaron en una publicación el concepto del R.Q.D, así como sus correlaciones con: velocidades índices, frecuencia de las discontinuidades y valores de los módulos en sitio.

El R.Q.D fue desarrollado en un principio en núcleos de diámetro NX (54,7 mm). Se ha establecido que para su cálculo se sumen las distancias de todos los fragmentos mayores a 10cm recuperados y que estén limitados por discontinuidades naturales, debido a que el núcleo se puede fragmentar durante su transporte, dividido entre la longitud total del núcleo recuperado, como se expresa en la siguiente fórmula:

$$R.Q.D = \frac{\sum \text{Núcleos mayores a 10 cm}}{\text{Distancia total del Núcleo}} \times 100$$

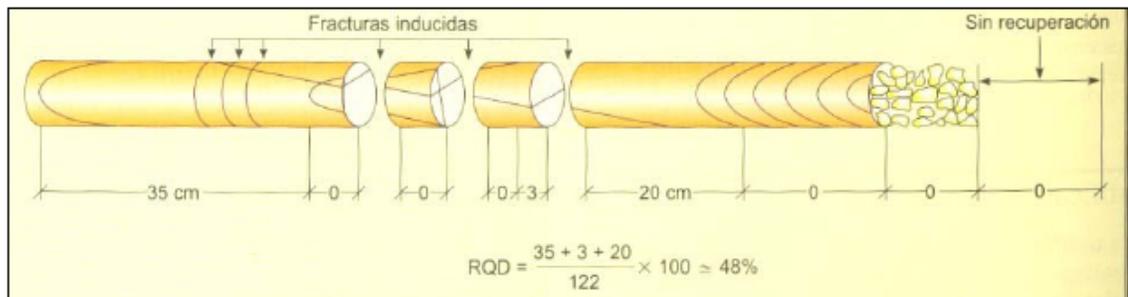


Figura 14 Representación gráfica de la medición y cálculo de índice R.Q.D. Tomado de González *et. al.*, (2002).

Palmstrom en 1982, sugirió que cuando no es posible hacer perforaciones, pero las discontinuidades son visibles en las superficies expuestas, el RQD se puede estimar a partir del número de discontinuidades por unidad de volumen. La relación sugerida para los macizos rocosos libres de arcilla es:

$$RQD: 115 - 3,3 J_v; \text{ para } J_v > 4,5$$

$$RQD: 100; \text{ para } J_v < 4,5$$

Donde J_v es la suma total del número de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen (1m^3) del macizo rocoso; pero debido a la dificultad de observar tridimensionalmente el macizo rocoso, el valor de J_v se puede determinar contando el número de discontinuidades de cada familia que interceptan una longitud determinada, midiendo perpendicularmente a la dirección de cada una de las familias.

RQD fue ideado para representar la calidad del macizo rocoso in situ; para esto se usa la tabla 10.

Tabla 10 Clasificación de la calidad del macizo rocoso en base al índice RQD.

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

Tomado de De Marco (2002)

CLASIFICACIÓN DE BIENIAWSKI (R.M.R)

Bieniaswki en 1973, perfecciona las ideas básicas de cuantificar la clasificación geomecánica de un macizo rocoso, y define un índice numérico al que denomina Índice del Macizo Rcoso "RMR" (por sus cifras en inglés), este índice que varía de 0 a 100, permite relacionar los índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación y sostenimiento en túneles. Esta clasificación, actualizada en 1979 y 1989, toma en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos:

- Resistencia uniaxial de la roca intacta.
- Grado de fracturamiento en términos de R.Q.D.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Estado de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.
- Grado de meteorización del macizo.

A cada uno de estos siete parámetros se le asigna un valor numérico, y el índice RMR es el resultado de la suma de cada uno de estos valores. Para aplicar esta clasificación, se divide el macizo rocoso en zonas o tramos con características geológicas similares u homogéneas y se toman los datos en cada una de estas zonas,

estos datos son reflejados en una tabla igual o similar a la tabla 11, y finalmente se obtiene un único valor numérico con el que se clasifica el macizo rocoso.

Según el índice RMR obtenido, la calidad del macizo rocoso se puede clasificar en cinco clases que corresponden a una calidad y a unas características geotécnicas definidas. Ver tabla 11.

Tabla 11 Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR

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

Tomado de González *et al.*, (2002).

Tabla 12 Corrección por la orientación de las discontinuidades

DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO		MUY FAVORABLES	FAVORABLES	MEDIAS	DESFAVORABLES	MUY DESFAVORABLES
PUNTUACIÓN	TÚNELES	0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-50	-50	-60

Tabla 13 Parámetros para la clasificación RMR

RESISTENCIA DE LA ROCA SANA		Ensayo de Carga Puntual Kg/cm ²	>100	40-80	20-40	10-20	Compresión Simple Kg/cm ²			
		C. Simple Kg/cm ²	>2500	1000-2500	500-1000	250-500	50-250	10-50	10	
PUNTUACIÓN			15	12	7	4	2	1	0	
RQD			90% 100%	75% 90%	50% 75%	25% 50%	<25%			
PUNTUACIÓN			20	17	13	8	3			
ESPACIADO			>2	0,6-2m	0,2-0,6m	0,06-0,2m	<0,06m			
PUNTUACIÓN			20	15	10	8	5			
ESTADO DIACLASAS	CONTINUIDAD DE DIACLASA		<1m	1-3m	3-10m	>10m				
	PUNTUACIÓN		6	4	2	0				
	ABERTURA DIACLASAS		cerrada	<0,1mm	0,1-1mm	1-5mm	>5mm			
	PUNTUACIÓN		6	5	4	1	0			
	RUGOSIDAD DIACLASA		Muy Rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Espejo de Falla			
	PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0			
	RELLENO DIACLASAS		Sin Relleno	Duro<5mm	Duro>5mm	Blando<5mm	Blando>5mm			
	PUNTUACIÓN		6	4	2	2	0			
METEORIZACIÓN DIACLASAS		Sana	Leve Meteoriz.	Mod. Meteoriz.	Muy Meteoriz.	Compl. Meteoriz.				
PUNTUACIÓN		6	5	3	1	0				
HIDROGEOLOGÍA			Seco	Lig. Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo			
PUNTUACIÓN			15	10	7	4	0			

CORRECCIÓN POR DISCONTINUIDADES						
DIRECCIÓN PERPENDICULAR EJE TUNEL				DIRECCIÓN PARALELA EJE TUNEL		Buzamiento 0-20° cualquier dirección
Excavación CON buzamiento		Excavación CONTRA buzamiento		Buz 45-90°	Buz 20-45°	
Buz 45-90°	Buz 20-45°	Buz 45-90	Buz 20-45°	Buz 45-90°	Buz 20-45°	
Muy favorable	Favorable	Muy desfavorable	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Media
0	-2	-15	-10	-12	-5	-5

CLASIFICACIÓN					
CLASE	I	II	III	IV	V
CALIDAD	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
VALOR RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

CARACTERÍSTICAS					
CLASE	I	II	III	IV	V
TIEMPO MANTENIMIENTO Y LUZ	20 años 15m luz	1año 10m luz	1semana 5m luz	10 horas 2,5m luz	30 min 1m luz
COHESIÓN	<4 Kg/cm ²	3 a 4 Kg/cm ²	2 a 3 Kg/cm ²	1 a 2 Kg/cm ²	<1 Kg/cm ²
ANGULO DE FRICCIÓN	>45	35°-45°	25°-35°	15°-25°	15°

Tomado y modificado de González *et al.*, (2002).

Luego de utilizar la clasificación según Bieniawski, se procedió a usar el criterio de resistencia de Hoek y Brown, que usa un conjunto de formulas empíricas para estimar: cohesión (Cm), ángulo de fricción interna (ϕ_m), compresión uniaxial ($\bar{\sigma}_m$) y módulo de deformación (Em) del macizo rocoso.

Dichas fórmulas poseen parámetros de entrada los valores de GSI, resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta ($\bar{\sigma}_{ci}$) y la constante de la roca intacta (m_i).

Como se explica el GSI, es un dato obtenido en campo, el $\bar{\sigma}_{ci}$ se obtiene a través de ensayos de laboratorio de resistencia de compresión simple y el valor de m_i viene dado a partir de la tabla 14.

Tabla 14 Volares de la constante *mi* para roca intacta por grupos de roca.

VALORES DE CTTE <i>mi</i> PARA ROCA INTACTA POR GRUPOS DE ROCA						
TIPO DE ROCA	CLASE	GRUPO	TEXTURA			
			GRUESA	MEDIA	FINA	MUY FINA
SEDIMENTARIAS	CLÁSTICAS		conglomerado (21±3)	Arenisca (17±4)	Limolitas (7±2)	Lutitas (4±2)
			Brechas (19±5)		Grauvacas (18±3)	Arcillas (6±2) Margas (7±2)
	NO CLÁSTICAS	CARBONATOS	Caliza crist (12±3)	Caliza esparitic (10±2)	Caliza micrita (9±2)	Dolomita (9±3)
		EVAPORITAS		Yeso (8±2)	Anhidrita (12±2)	
ORGANICAS					Creta (7±2)	
METAMÓRFICAS	NO FOLIADAS		Marmol (9±3)	Hornfel (19±4) Metarenisca (19±3)	Cuarcitas (20±3)	
	LIGERAMENTE FOLIADAS		Migmatita (29±3)	Anfibolita (26±6)		
	FOLIADAS		Gneis (28±5)	Esquisto (12±3)	Filita (7±3)	Pizarra (7±4)
ÍGNEAS	PLUTÓNICAS	FÉLSICAS	Granito (32±3) Granodiorita (29±3)	Diorita (25±5)		
		MÁFICAS	Grabro (27±3) Norita (20±5)	Dolerita (16±5)		
	HIPOABISALES		Pórfidos (20±5)		Diabasa (15±5)	Peridotita (25±5)
	VOLCÁNICAS	LAVA		Riolita (25±5) Andesita (25±5)	Dacita (25±3) Basalto (25±5)	Obsidiana (19±3)
		PIROCLASTICAS	Aglomerado (19±3)	Brecha (19±5)	Toba (13±5)	

Tomado y modificado de Perri (2002).

CLASIFICACION DE BARTON, LIEN Y LUNDE (Q):

Esta clasificación geomecánica fue desarrollada en 1974 por Barton, Lien y Lunde del Instituto Geotécnico Noruego y está basada en los seis parámetros siguientes:

- R.Q.D
- Número de familias de diaclasas (J_n)
- Rugosidad de la discontinuidad más favorable (J_r)
- Grado de rugosidad y relleno de la junta más débil (J_a)
- Factor de reducción por la presencia de agua o flujo (J_w)
- Factor de reducción de esfuerzos o estado tensional (SRF)

Estos seis parámetros se relacionan de la siguiente forma para estimar la calidad de la masa rocosa (Q):

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

El valor de Q va desde 0,0001 en el caso más desfavorable, hasta 1.000 para aquellos macizos rocosos más resistentes.

Se considera que este sistema es más detallado que los demás, ya que envuelve parámetros tales como la rugosidad de las diaclasas o relleno de las mismas, lo que representa uno de los puntos más importantes de éste.

Tabla 15 Calidad de la masa rocosa según Clasificación de Bartón *et al.*

Valor del Índice Q	Clasificación del Macizo Rocosó
0,001 - 0,01	Roca excepcionalmente mala
0,01 - 01	Roca extremadamente mala
0,1 - 1	Roca muy mala
1 -- 4	Roca mala
4 - 10	Roca media
10 - 40	Roca buena
40 - 100	Roca muy buena
100 - 400	Roca extremadamente buena
400 - 1000	Roca excepcionalmente buena

Tomado de González *et al.*, (2002).

Tabla 16 Valores de los seis parámetros del sistema Q (actualización 1994)

1. Calidad del testigo RQD		RQD (%)
A	Calidad Muy Mala.	0 - 25
B	Calidad Mala.	25 - 50
C	Calidad Media.	50 - 75
D	Calidad Buena.	75 - 90
E	Calidad Excelente.	90 - 100

Notas:
 Cuando se obtienen valores del RQD inferiores a 10 (incluyendo el 0), se toma un valor nominal de 10 para calcular el índice Q.
 Los intervalos de 5 unidades para el RQD, es decir, 100, 95, 90, etc., tienen suficiente precisión.

2. Índice de diaclasado		J_n
A	Roca masiva, sin diaclasar o con fisuración escasa.	0,5 - 1,0
B	Una familia de diaclasas.	2
C	Una familia y algunas diaclasas aleatorias.	3
D	Dos familias de diaclasas.	4
E	Dos familias y algunas diaclasas aleatorias.	6
F	Tres familias de diaclasas.	9
G	Tres familias y algunas diaclasas aleatorias.	12
H	Cuatro o más familias, diaclasas aleatorias, roca muy fracturada, roca en terrones, etc.	15
J	Roca triturada, terrosa	20

Notas:
 En intersecciones de túneles, se utiliza la expresión (3 J_n).
 En las bocas de los túneles, se utiliza la expresión (2 J_n).

3. Índice de rugosidad de las discontinuidades		J_r
<i>a) Contacto entre las dos caras de la discontinuidad. Contacto entre las dos caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm.</i>		
A	Diaclasas discontinuas.	4
B	Diaclasas onduladas, rugosas o irregulares.	3
C	Diaclasas onduladas, lisas.	2
D	Diaclasas onduladas, perfectamente lisas.	1,5
E	Diaclasas planas, rugosas o irregulares.	1,5
F	Diaclasas planas, lisas.	1,0
G	Diaclasas planas, perfectamente lisas.	0,5
<i>Nota:</i> Las descripciones se refieren a caracterizaciones a pequeña escala y escala intermedia, por este orden.		
<i>c) No existe contacto entre las caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante.</i>		
H	Zona que contiene minerales arcillosos con un espesor suficiente para impedir el contacto de las caras de la discontinuidad.	1,0
J	Zona arenosa, de gravas o triturada con un espesor suficiente para impedir el contacto entre las dos caras de la discontinuidad.	1,0

Notas:
 Si el espaciado de la principal familia de discontinuidades es superior a 3 m, se debe aumentar el índice J_r en una unidad.
 En el caso de diaclasas planas perfectamente lisas que presenten lineaciones, y que dichas lineaciones estén orientadas según la dirección de mínima resistencia, se puede utilizar el valor $J_r = 0,5$.

4. Índice de alteración de las discontinuidades		ϕ_r aprox.	J_d
<i>a) Contacto entre los planos de la discontinuidad (sin minerales de relleno intermedios).</i>			
A	Discontinuidad cerrada, dura, sin reblandecimientos, impermeable, cuarzo.	-----	0,75
B	Planos de discontinuidad inalterados, superficies ligeramente manchadas.	25° - 35°	1,0
C	Planos de discontinuidades ligeramente alterados. Presentan minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas, etc.	25° - 30°	2,0
D	Recubrimientos de arcillas limosas o arenosas. Fracción pequeña de arcilla (no blanda).	20° - 25°	3,0
E	Recubrimientos de arcillas blandas o de baja fricción, es decir, caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc., y pequeñas cantidades de arcillas expansivas	8° - 16°	4,0
<i>b) Contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm (Minerales de relleno en pequeños espesores).</i>			
F	Partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas, etc.	25° - 30°	4,0
G	Fuertemente sobreconsolidados, con rellenos de minerales arcillosos no blandos (continuos, pero con espesores inferiores a 5 mm).	16° - 24°	6,0
H	Sobreconsolidación media o baja, con reblandecimiento, rellenos de minerales arcillosos (continuos, pero con espesores inferiores a 5 mm).	12° - 16°	8,0
J	Rellenos de arcillas expansivas, es decir, montmorillonita (continuos, pero con espesores inferiores a 5 mm). El valor de J_d depende del porcentaje de partículas con tamaños similares a los de las arcillas ex	6° - 12°	8 - 12
<i>c) No se produce contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante (rellenos de mineral de gran espesor).</i>			
K L M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcillas (ver clases G, H, y J para la descripción de las condiciones de las arcillas).	6° - 24°	6, 8, ó 8-12
N	Zonas o bandas de arcillas limosas o arenosas, con pequeñas fracciones de arcillas no reblandecibles.	-	5,0
O P R	Zonas o bandas continuas de arcilla, de espesor grueso (ver clases G, H, y J, para la descripción de las condiciones de las arcillas).	6° - 24°	10, 13, ó 13-20

Nota:
 Los valores expresados para los parámetros J_r y J_d se aplican a las familias de diaclasas o discontinuidades que son menos favorables con relación a la estabilidad, tanto por la orientación de las mismas como por su resistencia al corte (esta resistencia puede evaluarse mediante la expresión:
 $T \cong \sigma_n \tan^3(J_r/J_d)$).

Tabla 17 Valores de los seis parámetros del sistema Q (actualización 1994 (Continuación).

5. Factor de reducción por la presencia de agua	Presión de agua (kg/cm ²)	J _w
Excavaciones secas o pequeñas afluencias, inferiores a 5 l/min, de forma localizada.	< 1	1,0
Afluencia o presión medias, con lavado ocasional de los rellenos de las discontinuidades.	1 - 2,5	0,66
Afluencia importante o presión alta en rocas competentes con discontinuidades sin relleno.	2,5 - 10	0,5
Afluencia importante o presión alta, produciéndose un lavado considerable de los rellenos de las diaclasas.	2,5 - 10	0,33
Afluencia, excepcionalmente alta o presión elevada en el momento de realizar las voladuras, decreciendo con el tiempo.	> 10	0,2-0,1
Afluencia excepcionalmente alta o presión elevada de carácter persistente, sin disminución apreciable.	> 10	0,1-0,05
Notas: Los valores de las clases C, D, E, y F son meramente estimativos. Si se acometen medidas de drenaje, puede incrementarse el valor de J _w . No se han considerado los problemas especiales derivados de la formación de hielo.		
6. Condiciones tensionales de la roca (Stress Reduction Factor)		SRF
Las zonas débiles interceptan a la excavación, pudiendo a) producirse desprendimientos de roca a medida que la excavación del túnel va avanzando.		
A	Múltiples zonas débiles, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente, roca de contorno muy suelta (a cualquier profundidad).	10
B	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de la excavación ≤ 50 m).	5
C	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o rocas desintegradas químicamente (profundidad de la excavación > 50 m).	2,5
D	Múltiples zonas de fracturas en roca competente (libres de arcillas), roca de contorno suelta (a cualquier profundidad).	7,5
E	Zonas de fractura aisladas en roca competente (libre de arcillas) (profundidad de excavación ≤ 50 m).	5,0
F	Zonas de fractura aisladas en roca competente (libre de arcillas) (profundidad de excavación > 50 m).	2,5
G	Terreno suelto, diaclasas abiertas, fuertemente fracturado, en terrones, etc. (a cualquier profundidad).	5,0
Nota: Se reducen los valores expresados del SRF entre un 25-50% si las zonas de fracturas sólo ejercen cierta influencia pero no intersectan a la excavación.		
b)	Rocas competentes, problemas tensionales en las rocas.	σ_1/σ_1 σ_2/σ_2 SRF

H	Tensiones pequeñas cerca de la superficie, diaclasas abiertas.	>200	< 0,01	2,5
J	Tensiones medias, condiciones tensionales favorables.	200 - 10	0,01 - 0,3	1
K	Tensiones elevadas, estructura muy compacta. Normalmente favorable para la estabilidad, puede ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales.	10 - 5	0,3-0,4	0,5 - 2
L	Lajamiento moderado de la roca después de 1 hora en rocas masivas.	5 - 3	0,5 - 0,65	5-50
M	Lajamiento y estallido de la roca después de algunos minutos en rocas masivas.	3 - 2	0,65 - 1	50 - 200
N	Estallidos violentos de la roca (deformación explosiva) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas.	< 2	> 1	200 - 400
Notas: Si se comprueba la existencia de campos tensionales fuertemente anisotrópicos: cuando $5 \leq \sigma_1/\sigma_2 \leq 10$, se disminuye el parámetro σ_c hasta $0,75\sigma_c$. Si $\sigma_1/\sigma_2 > 10$, se tomará en vez de σ_c el valor $0,5\sigma_c$, donde σ_c es la resistencia a compresión simple, σ_1 y σ_2 son las tensiones principales mayor y menor, respectivamente, y σ_0 es la tensión tangencial máxima (estimada a partir de la teoría de la elasticidad). En aquellos casos en los que la profundidad de la clave del túnel es menor que la anchura de la excavación, se sugiere aumentar el valor del factor SRF entre 2,5 y 5 unidades (véase clase H).				
c) Rocas deformables: flujo plástico de roca incompetente sometida a altas presiones litostáticas.		σ_0/σ_c	SRF	
O	Presión de deformación baja	1-5	5-10	
P	Presión de deformación alta	> 5	10-20	
Nota: Los fenómenos de deformación o fluencia de rocas suelen ocurrir a profundidades; $H > 350Q^{1/3}$. La resistencia a compresión de macizo rocoso puede estimarse mediante la expresión: $q(\text{MPa}) = 7 * \gamma * Q^{1/3}$, donde γ es la unidad de densidad de la roca en g/cm ³ .				
d) Rocas expansivas: actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua.		SRF		
R	Presión de expansión suave.	5 - 10		
S	Presión de expansión intensa.	10 - 15		
$Q = \frac{ROD}{J_u} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$				

Tomado de: Barton y Grimstad (1994)

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN DE HOEK Y BROWN:

En 1994, Hoek define el Geological Strength Index (GSI) como un índice de calidad geomecánica que asigna un valor dentro del rango numérico 0 – 100, para identificar y clasificar en campo las características mecánicas del macizo rocoso: su macroestructura y la condición de la superficie de la discontinuidad (Perri, 1999). En 1999, Truzman hace una adaptación de la clasificación original, aplicada a los macizos rocosos sedimentarios. El GSI es una aplicación que no depende de los factores; orientación, humedad, pretensión, tal como ocurre con la mayor parte del resto de las clasificaciones.

El valor del GSI permite cuantificar las características geomecánicas de los macizos rocosos, y a partir de ese número en conjunto con los resultados de laboratorio de resistencia, y deformabilidad se estiman los valores representativos del macizo rocoso, tales como cohesión, ángulo de fricción interna, resistencia a la compresión uniaxial y el módulo de deformación longitudinal.

Esta actividad se realiza directamente en campo a partir de la descripción de la estructura y las condiciones de la superficie de discontinuidad, parámetros que son ubicados en la tabla de Truzman (1999).

Tabla 18 Asignación del Índice de Resistencia Geológica (GSI)

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX		SURFACE CONDITIONS				
<p>From the description of structure and surface conditions of the rock mass, pick an appropriate box in this chart. Estimate the average value of the Geological Strength Index (GSI) from the contours. Do not attempt to be too precise. Quoting a range of GSI from 36 to 42 is more realistic than stating that GSI = 38. It is also important to recognize that the Hoek-Brown criterion should only be applied to rock masses where the size of the individual blocks or pieces is small compared with the size of the excavation under consideration. When individual block sizes are more than approximately one quarter of the excavation dimension, failure will generally be structurally controlled and the Hoek-Brown criterion should not be used.</p>		DECREASING SURFACE QUALITY →				
		VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings of angular fragments	VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
STRUCTURE		DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓				
	INTACT OR MASSIVE – intact rock specimens or massive in situ rock with very few widely spaced discontinuities	90	80	N/A	N/A	N/A
	BLOCKY - very well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three orthogonal discontinuity sets	70	60			
	VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed rock mass with multifaceted angular blocks formed by four or more discontinuity sets	50	40			
	BLOCKY/DISTURBED - folded and/or faulted with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets	30				
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with a mixture of angular and rounded rock pieces	20				
	FOLIATED/LAMINATED – Folded and tectonically sheared foliated rocks. Schistosity prevails over any other discontinuity set, resulting in complete lack of blockiness	N/A	N/A		10	5

Tomado de Truzman (2000)

La tabla del GSI utilizada es una modificación de la de Hoek (1994) la cual se adaptó para rocas sedimentarias con la ayuda de la clasificación de Salcedo (1999) que es la clasificación que se propone en este trabajo. (Ver tabla 18).

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SMR (ROMANA):

La clasificación de SMR permite realizar un ajuste a los factores adecuados para aplicar la clasificación RMR de Bieniawski a los taludes (Romana 1985 a, 1986). La rotura en el talud rocoso puede ocurrir según formas muy diferentes, por ello cualquier clasificación debe considerar este hecho. En la mayoría de los casos, la rotura de las masas rocosas está gobernada por las discontinuidades y se producen según superficies formadas por una o varias juntas. De allí la importancia de su análisis cinemático.

Si se estudia la orientación de los planos de discontinuidad en un talud en específico, se tendrá una herramienta fundamental para el diagnóstico de posibles deslizamientos y movimientos en masa, en función al conjunto de condiciones geométricas que se encuentren presentes.

Para predecir la presencia de fallas geotécnicas, producto de la cinemática de bloques, en función a la disposición geométrica del talud y a las discontinuidades presentes, deben considerarse y cumplirse los siguientes criterios descritos y mostrados a continuación en la figura 15:

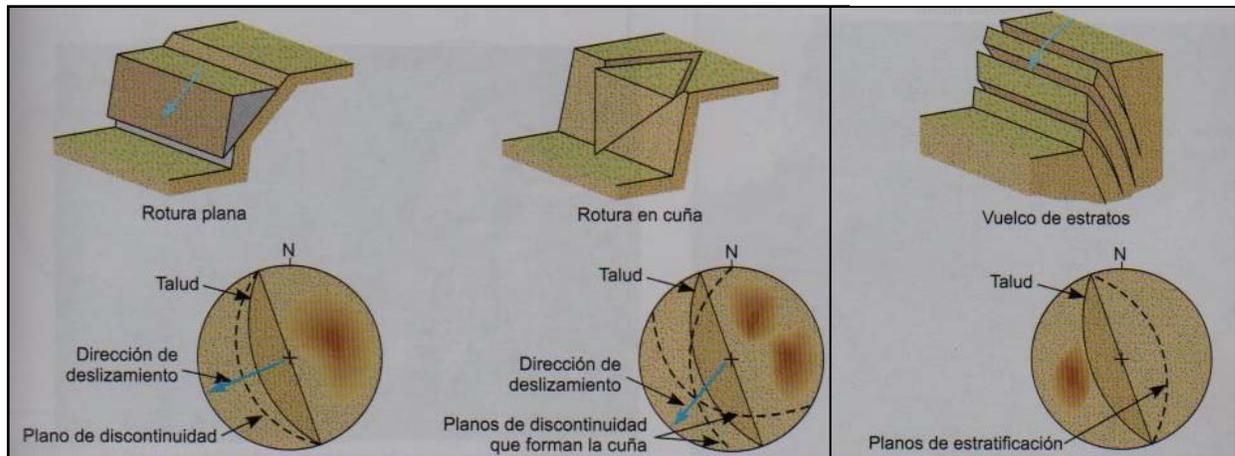


Figura 15 Gráficos de proyecciones hemisféricas ejemplificando tipos de falla, tomado del González de Vallejo (2002).

a) Rotura Plana, la condición de movimiento puede darse por:

- El rumbo de la discontinuidad no presenta una diferencia mayor a 15° con respecto al rumbo del talud (o ladera).
- La pendiente del talud (o ladera) debe ser mayor al buzamiento de la discontinuidad.
- El ángulo de fricción de la discontinuidad es menor al ángulo del buzamiento de la discontinuidad.
- El buzamiento de la discontinuidad coincide con el sentido de la pendiente del talud.

b) Rotura en Cuña, la condición de movimiento se presenta cuando:

- La pendiente del talud (o ladera) es mayor al ángulo de la recta de intersección entre los dos planos de discontinuidad estudiados.
- El ángulo de fricción de las discontinuidades es menor al ángulo de buzamiento de la línea de intersección de los dos planos de discontinuidad
- El sentido del buzamiento de la línea de intersección de los 2 planos de discontinuidad, coincide con el sentido de la pendiente del talud (o ladera).

- c) Rotura por volcamiento, la condición de movimiento se presenta cuando:
- La discontinuidad al ser analizada posee un buzamiento mayor a 60°.
 - El rumbo del talud (o ladera) y de la discontinuidad no supera una diferencia de 15° grados de paralelismo.
 - El sentido del buzamiento de la discontinuidad debe ser opuesto al sentido de la pendiente del talud (o ladera).

Romana menciona que cualquier sistema de clasificación tiene que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Caracterización global del macizo rocoso (incluyendo frecuencia, estado y agua en las diaclasas).
- Valor de la diferencia entre los rumbos de la cara del talud y de las familias predominantes de las diaclasas.
- Valor de la diferencia entre los buzamientos de la cara del talud y de las familias predominantes, ya que esa diferencia controla la declinación de las diaclasas en la cara del talud, condición necesaria para rotura plana y en cuña, y también la oblicuidad de la resultante de las tensiones que actúan sobre la diaclasa.
- Relación entre el buzamiento de las diaclasas con los valores normales de la fricción (para roturas planas y en cuña).
- Comparación entre las tensiones tangenciales (a lo largo de las diaclasas con riesgo a rotura por vuelco) con la fricción que puede desarrollarse en ellas.

El índice SMR para la clasificación de taludes se obtiene del índice RMR sumando un “factor de ajuste”, que es función de la orientación de las diaclasas (y producto de tres subfactores) y un “factor de excavación”, que depende del método utilizado, llegando a la siguiente expresión:

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Este factor de ajuste es producto de tres subfactores que se explican a continuación:

F1: depende del paralelismo entre el rumbo de las discontinuidades y la cara del talud. Varía entre 1,00 (cuando ambos rumbos son paralelos) y 0,15 (cuando el ángulo entre ambos rumbos es mayor a 30° y la probabilidad de rotura es muy baja). Estos valores, establecidos empíricamente, se ajustan aproximadamente a la siguiente expresión:

$$F1 = \left(1 - \text{Sen}(\alpha_j - \alpha_s)\right)^2$$

Siendo α_j y α_s los valores del buzamiento de la discontinuidad y del talud, respectivamente.

F2: Depende del buzamiento de la discontinuidad en la rotura plana. En cierto sentido, es una medida de la probabilidad de la resistencia a esfuerzo cortante de la discontinuidad. Varía entre 1,00 (para discontinuidades con buzamiento superior a 45°) y 0,15 (para discontinuidades con buzamiento inferior a 20°). Fue establecido empíricamente pero puede ajustarse aproximadamente a la siguiente relación:

$$F2 = \text{Tg}^2 \beta_j$$

Donde β_j es el buzamiento de la discontinuidad. F2 vale 1,00 para las fallas por volcamiento.

F3: refleja la relación entre los buzamientos de las discontinuidades y el talud. Se han mantenido los valores propuestos por Bieniawski en 1976, que son siempre negativos.

Para roturas planas, F3 expresa la probabilidad de que las juntas afloren en el talud. Se supone que las condiciones son “normales” cuando el buzamiento medio de la familia de diaclasas es igual al del talud, y por lo tanto, aflorarán algunas pocas diaclasas.

Cuando el talud buza más que las diaclasas, casi todas afloran y las condiciones serán: “muy desfavorables”, lo que supone un valor de F3 de -60 (para $\beta_s - \beta_j > 10^\circ$), o “desfavorables”, lo que supone el valor de F3 de -50 (para $0 < \beta_s - \beta_j < 10^\circ$). La diferencia con el valor de F3 “normal” que es -25 es muy grande.

En la tabla, se muestra el factor de ajuste aplicado por Romana.

Tabla 19 Factor de ajuste aplicado por Romana, tomado de González de Vallejo (2002).

Clasificación geomecánica de taludes SMR						
Factores de ajuste por la orientación de las juntas (F_1, F_2 y F_3)						
Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
P T	$ \alpha_j - \alpha_i $ $ \alpha_j - \alpha_i - 180^\circ $	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
P/T	F_1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
P	$ \theta $	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
	F_2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
T	F_2	1	1	1	1	1
P T	$\beta_j - \beta_i$ $\beta_j + \beta_i$	$> 10^\circ$ $< 110^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$ $110^\circ - 120^\circ$	0° $> 120^\circ$	$0 - (-10^\circ)$ —	$< -10^\circ$ —
P/T	F_3	0	-6	-25	-50	-60
Factor de ajuste por el método de excavación (F_4)						
Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o excavación mecánica	Voladura deficiente	
F_4	+15	+10	+8	0	-8	
Clases de estabilidad						
Clase	V	IV	III	II	I	
SMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
Descripción	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena	
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable	
Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna	
Tritamiento	Reexcavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno	
P: rotura plana T: rotura por vuelco		α_j : dirección del talud α_i : dirección de las juntas		β_j : buzamiento del talud β_i : buzamiento de las juntas		

PARÁMETROS GEOMECÁNICOS:

➤ Cohesión “C”: En una roca, la cohesión es la fuerza que une las partículas minerales que conforman la roca.

➤ Ángulo de fricción interna φ : Es el ángulo de rozamiento entre dos planos de la misma roca.

Las fórmulas de cohesión y ángulo de fricción interna del macizo rocoso fueron hechas por Perri (1999) y las de la resistencia a la compresión uniaxial y el modulo de deformación del macizo rocoso son de Hoek (2002 y 1997 respectivamente); estas se presentan a continuación:

Tabla 20 Características geomecánicas del macizo rocoso (Tomado y modificado de Perri 2002).

Autor (es)	Parámetro	Fórmula
PERRI (1999)	Cohesión	$c_m = 0,75 \cdot \sigma_{ci} (0,0058 + 0,0004 \cdot m_i) \cdot e^{GSI(0,0455 - 0,0073 \ln m_i)}$
	Angulo de fricción	$\varphi_m = 0,424 \cdot GSI - 0,0016 \cdot GSI^2 - 6 + 9 \ln m_i$
MARINOS & HOEK (2001)	Resistencia a la compresión uniaxial	$\sigma_{cm} = (0,0034 \cdot m_i^{0,8}) \cdot \sigma_{ci} \cdot [1,029 + 0,025 \cdot e^{(-0,1 \cdot m_i)}]^{GSI}$
HOEK & BROWN (1997)	Modulo de deformación	$\epsilon_m = 1000 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{\frac{GSI-10}{40}}$

(en MPa)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL:

Como lo indica Castillejo (2003), la resistencia a la compresión uniaxial está definida como la sollicitación $\sigma_1 = Co$ máxima que una muestra cilíndrica de roca es capaz de soportar. Los diversos factores que influyen la distribución de la sollicitación en la muestra determinan su resistencia máxima.

Se ha observado que el valor determinante para C_o depende de la rugosidad de la superficie, del no paralelismo y la perpendicularidad entre las caras de la muestra de roca. Debido a que la mayoría de los ensayos se hacen en muestras cilíndricas de roca, la primera dimensión a considerar es su diámetro D .

Se sugiere en general determinar el máximo diámetro de un grano sencillo componente de la roca y seleccionar el diámetro de la muestra D de manera que se cumpla la relación $D/d > 2,0$. La altura de la muestra L deberá ser múltiplo del diámetro, de manera de despreciar la influencia de la no uniformidad de las sollicitaciones la proximidad de los apoyos. Existen también diversos ensayos de laboratorio, realizados en distintos tipos de roca, que confirman esta selección: C_o disminuye al aumentar la relación L/D según una ley del tipo:

$$C_o = (C_o)_1 \left[0.778 + \frac{0.222}{L/D} \right]$$

Con $(C_o)_1$ se indica la resistencia a la compresión uniaxial para una muestra con $D/L = 1,0$. Algunos investigadores sugieren utilizar muestras que tengan una relación $L/D = 2,5$ y considerar la relación mínima de $L/D = 2,0$ como aceptable.

El valor determinado para C_o también influenciado por la variación de la velocidad de aplicación de carga, de la velocidad de acercamiento de las dos bases y de la velocidad de deformación de la roca. Por ejemplo, para un granito al aumentar la velocidad de deformación también aumentará el valor de C_o .

Una vez definido el concepto de resistencia a la compresión uniaxial, a continuación se describe el procedimiento para la realización de este ensayo, según lo indicado por De Marco (1995).

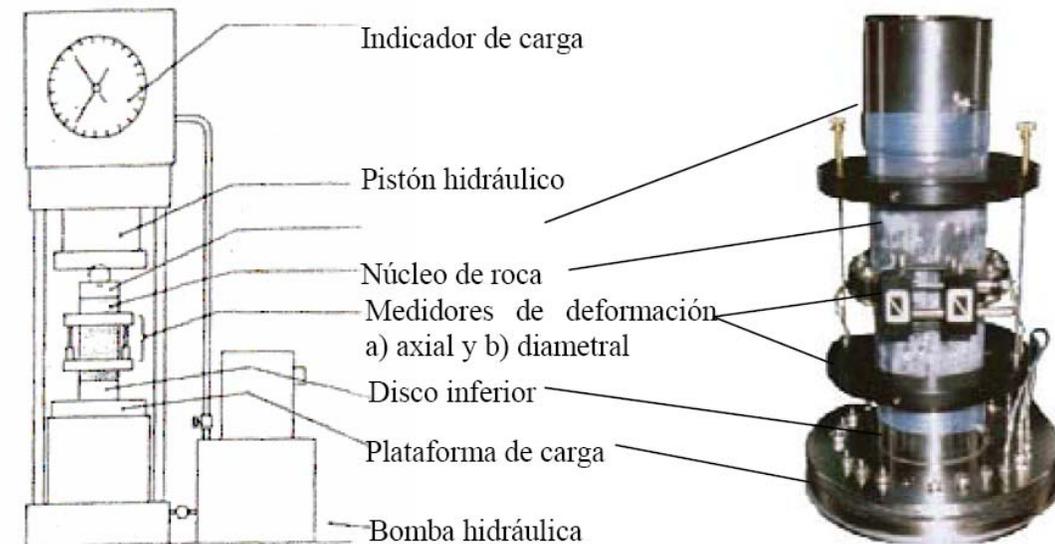


Figura 16 Componentes de la máquina para ensayos de compresión simple. Tomado y modificado de De Marco (1995) y www.nhi.fhwa.dot.gov

Procedimiento:

Se coloca la muestra centrada en los discos de carga, ajustando el asiento esférico en la parte superior y alinear con el eje de carga de la prensa. Ajustar a la muestra los medidores de deformación en caso de que se utilicen, como se indica en la figura 17.

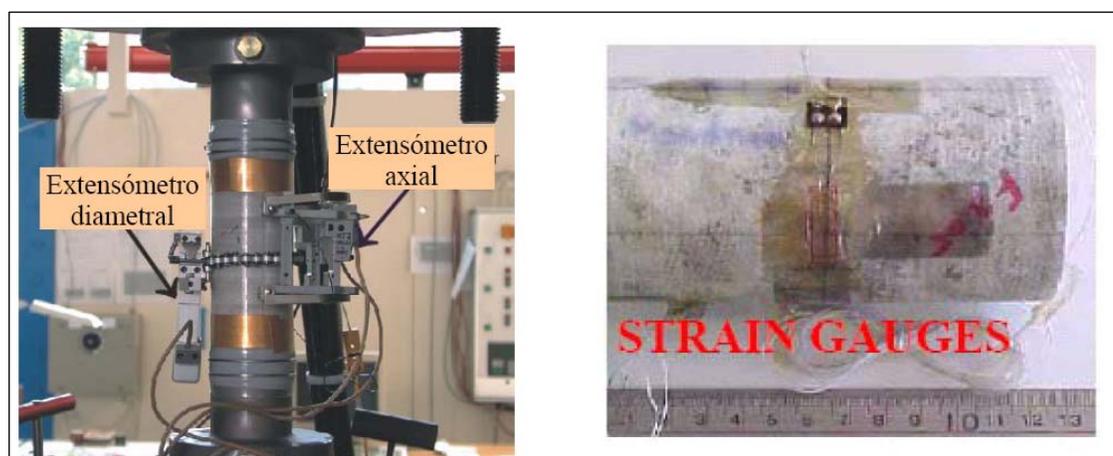


Figura 17 Núcleo de roca con los extensómetros o bandas extensiométricas y comparadores o los llamados strain gauges, listos para ensayar. Tomado de www.gfz-postam.de

Aplicar carga vertical en forma continua, con un incremento de esfuerzos constante entre 5,0 y 10,0 kg/cm²/s, hasta producir la falla, lo cual debe ocurrir entre los 5 y 10 min de haber comenzado el ensayo.

Registrar la máxima carga (P_{max}) con error no superior al 1%.

La carga y las deformaciones axiales y transversales deben irse registrando a intervalos regulares durante el ensayo en caso de no llevar un registro continuo de estos. Deben tomarse al menos diez lecturas para poder hacer la curva esfuerzo – deformación.

Módulo de deformación de la masa rocosa: La estimación del modulo de deformación para la masa rocosa propuesta por Stacey y Page (1986), se realizó, mediante correlaciones publicadas anteriormente, que involucran parámetros conocidos como el RMR de Bieniawski, el índice Q de Barton *et al.*, etc.

La primera de ellas se realizó mediante el índice Q, usando la siguiente ecuación:

$$E_m = 10^{(0,597 \log Q - 0,792)}$$

3.1.5 TALUDES, CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Un talud en ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendientes o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural, y talud cuando se conformó artificialmente Suárez Díaz (1998).

Las laderas que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de aguas subterráneos, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado de estabilidad.

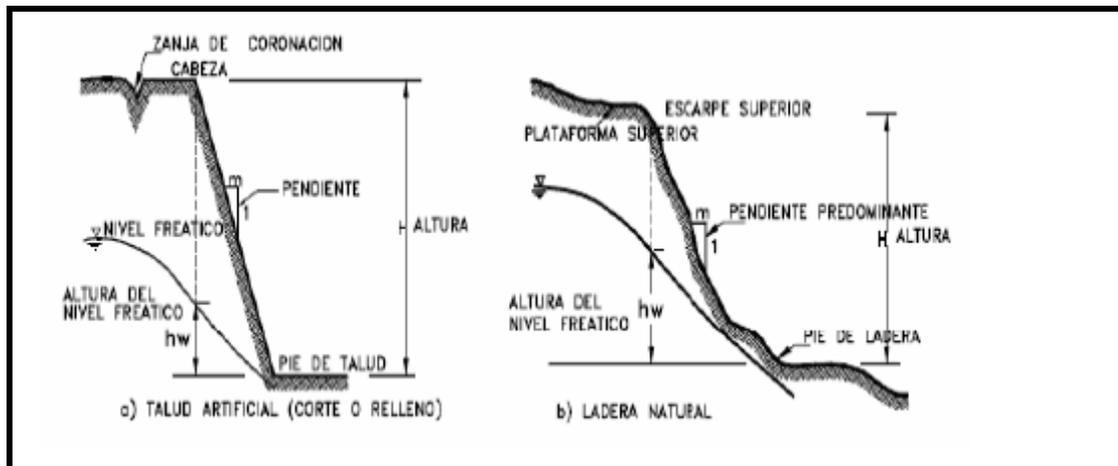


Figura 18 Nomenclatura de taludes y laderas (Tomado de Suarez Díaz, 1998).

Elementos constitutivos de un talud

En el talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

- **Altura:** es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.
- **Pie:** corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.
- **Cabeza o escarpe:** se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.
- **Altura de nivel freático:** distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.
- **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.

Los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden generalmente a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que

conforman un talud de roca, suelo o material relleno, o una combinación de ellos. Los movimientos ocurren generalmente a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos.

Características de la Concavidad de la Pendiente:

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.

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.

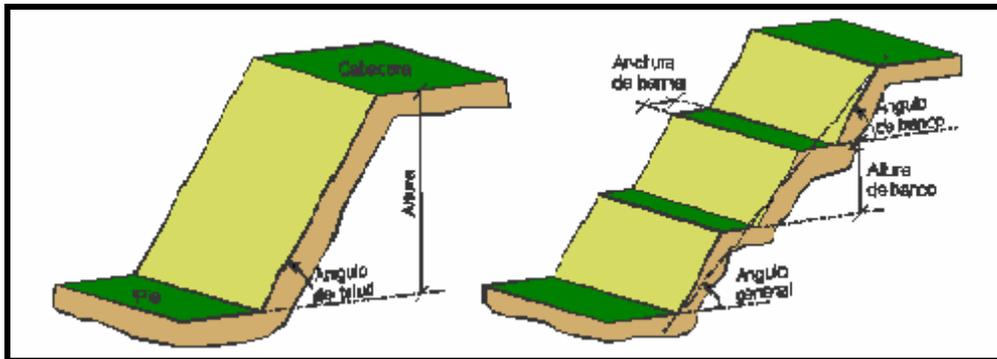


Figura 19 La pendiente o ángulo de talud, para taludes uniformes (izquierda) o de forma escalonada con bermas y bancos (derecha). Tomado y Modificado de González de Vallejo, 2002.

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.

$$\alpha = \text{Arctg} \left(\frac{\text{Base del talud}}{\text{altura del talud}} \right)$$

$$\alpha = \text{Arcsen} \left(\frac{\text{altura del talud}}{\text{Longitud de la pendiente}} \right)$$

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.

Clasificación de la Pendiente por su Ángulo:

Para catalogar el universo de pendientes, éstas se dividen para este 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 tomarán el promedio de estas.

A continuación se definen los 6 grupos:

MUY BAJA	BAJA	MEDIA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA
<5°	5° - 12°	12° - 18°	18° - 33°	33° - 45°	>45°

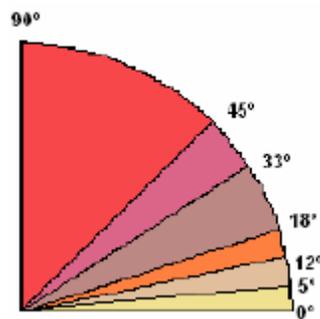


Figura 20 Clasificación de los rangos de pendientes para los taludes.

A continuación se representan de manera ejemplificada la clasificación de las laderas de acuerdo a su pendiente.

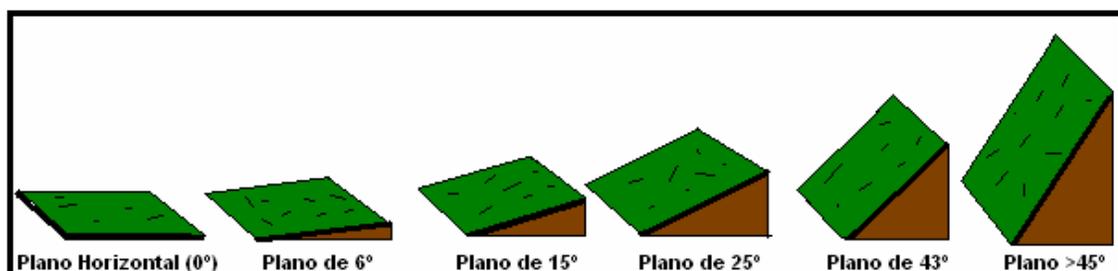


Figura 21 Representación de relieves con diferentes pendientes.

FACTORES QUE CONTROLAN LA ESTABILIDAD DE LAS LADERAS:

Los factores que controlan los movimientos de las laderas son aquellos capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno.

Suárez (1998), agrupa estos factores en tres grupos:

- Condiciones originales del talud: que determinan la susceptibilidad al deterioro.
- Factores de deterioro: que producen una modificación lenta de las condiciones originales del talud y son capaces de producir movimientos leves.
- Factores Detonantes: los que activan el movimiento; pueden traslaparse con los factores de deterioro.

Las precipitaciones intensas durante horas o días pueden desencadenar movimientos superficiales, como deslizamientos y flujos de barros o derrubios, que afectan a materiales de alteración y a suelos, y desprendimientos de bloques rocosos previamente independizados del macizo, siendo frecuentes también la reactivación de antiguos deslizamientos.

La estabilidad de una ladera se puede definir en un buen grado por el equilibrio de varios factores que componen lo que se conoce como “Ciclo Hidrológico del Talud”, dentro de los cuales tenemos:

- Precipitación: se define como el volumen o altura de agua que cae en la superficie terrestre proveniente de la atmósfera en un periodo de tiempo. Incluye todos los hidrometeoros tales como lluvia, nieve, granizo y aguanieve. La medición de la precipitación consiste en la determinación de la cantidad de agua precipitada en un tiempo dado, sobre una superficie dada. Se determina el espesor en milímetros de la lámina de agua que queda en el sitio en ausencia de infiltración, escorrentía y condensación (Jiménez, 1986; Wisler y Brater, 1969).
- Humedad: Agua retenida en el suelo mediante la atracción molecular. El contenido de humedad hace variar la permeabilidad y la capacidad de infiltración de una ladera.

Está controlada por tipo de suelo, clima, factores del talud y cobertura vegetal (Suárez, 1998; Wisler y Brater, 1969).

➤ **Infiltración:** Proceso mediante el cual el agua penetra los estratos del suelo hasta llegar al nivel hidrostático. Una parte de esta agua contribuye a aumentar la humedad del suelo y el resto a recargar acuíferos; está controlada por diversos factores como, tipo, intensidad, ritmo y duración de la precipitación, vegetación, pendiente, estructura y permeabilidad de las rocas y suelos (Suárez, 1998).

➤ **Nivel freático:** Corresponde a la línea de presión de poros igual a cero, equivalente a que la presión neta en el sitio es igual a la presión atmosférica. Sigue una línea aproximadamente paralela a la superficie del terreno. El agua subsuperficial se divide en presión de poros positiva, para presiones mayores que la presión atmosférica y negativa para presiones menores que la presión atmosférica. La línea divisoria corresponde al nivel freático. Desempeña un papel fundamental en la estabilidad de laderas y puede ascender o descender bruscamente durante un periodo de lluvias fuertes (Suárez, 1998).

➤ **Presión de poros:** Presión interna del agua de saturación que depende de la localización del nivel freático, y características geológicas del sitio, entre otros factores. Los cambios en la presión de poros dependen de los regímenes de lluvias e infiltración; implican una disminución en la resistencia a los esfuerzos cortantes y, por lo tanto, de la estabilidad de la ladera (Suárez, 1998).

3.2 GEOMORFOLOGÍA

3.2.1 Generalidades

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 lomas y depresión.

En una primera fase, la interpretación del relieve se realizó mediante las fotografías aéreas misión 0402 118 año 1981, posteriormente por medio de los mapas topográficos de escala 1:25000. Los productos de estos trabajos fueron luego confirmados y completados durante el trabajo de campo.

Se establecieron dos unidades geomorfológicas informales, la primera de estas corresponde a un sistema de relieve de “Lomas”, cuya litología consiste en areniscas, conglomerados, areniscas friables y lutitas observando que la concavidad en ellas es dependiente de la densidad de la cobertura vegetal y las colinas pueden encontrarse con desiguales condiciones geométricas.

La segunda unidad está representada por una “Depresión”, por donde fluyen las quebradas Hoyo Negro y Las Rosas, presentándose en el fondo de ellos material aluvial que estimamos de poco espesor.

3.2.2 Dinámica externa

Cuando existen condiciones de inestabilidad de las rocas o suelos con respecto a la geodinámica externa, se desarrollan procesos que tratan de equilibrar el terreno los cuales se presentan como movimientos de masa. González de Vallejo (2002) menciona que estos movimientos son controlados por factores que de un modo u otro ocasionan un comportamiento del material. Los factores son clasificados en dos grandes grupos, los factores condicionantes y los factores detonantes.

Los factores condicionantes dependen de las propiedades intrínsecas, de la forma y textura del terreno, mientras que los factores desencadenantes son aquellos que causan la inestabilidad de los terrenos. Estos factores se muestran en la tabla 21.

Tabla 21 Factores que controlan los movimientos de las laderas

FACTORES QUE CONTROLAN LOS MOVIMIENTOS DE LAS LADERAS	FACTORES CONDICIONANTES	Relieve: Pendiente, Geometría
		Litología : Composición, Textura
		Estructura Geológica
		Propiedades Geomecánicas de los Materiales
		Deforestación
		Meteorización
	FACTORES DETONANTES	Precipitación y aporte del agua
		Cambio en las condiciones hidrológicas
		Aplicación de cargas estáticas o dinámicas
		Cambios morfológicos y de geometría en las laderas
		Erosión o socavación del pie
		Acción climática

González de Vallejo (2002) menciona que los taludes pueden ser desestabilizados por la existencia de fallas, por la altura del nivel freático, distribución de agua, disminución de la resistencia al corte en el plano de rotura, altura del talud, ángulo del talud, dirección y buzamiento de las discontinuidades, presencia de sobrecargas y la presencia de estructuras de retención de bloques caídos.

La clasificación de los movimientos de masa debe estar dentro de los siguientes parámetros:

- Conformación de los materiales.
- Geometría del deslizamiento.

- Zonas de origen y de ruptura.
- Velocidad y magnitud del movimiento.

La tabla 22, resume los tipos de deslizamientos de acuerdo a los parámetros mencionados.

Tabla 22 Clasificación de los deslizamientos, Tomado de Varnes y Cruden 1996.

Tipo de Movimiento		Tipo de Material		
		Roca	Suelo	
			De Grano fino	De grano grueso
Caidas		Caida de Roca	Caida de Detritos	Caida de Suelos
Basculamiento		Basculamiento de Rocas	Basculamiento de Detritos	Basculamiento de Suelos
Deslizamiento	Rotacionales	Deslizamiento Rotacional de Roca	Deslizamiento Rotacional de Detritos	Deslizamiento Rotacional de Suelos
	Transnacionales	Deslizamiento Translacional de Roca	Deslizamiento Translacional de Detritos	Deslizamiento Translacional de Suelos
Separación Lateral		Separación Lateral de Rocas	Separación Lateral de Detritos	Separación Lateral de Suelos
Flujos		Flujo de Roca	Flujo de Detritos	Flujo de Suelos
Complejos		Combinación de 2 o más tipos de movimientos		

a. Caído

Según Suárez (1998), en este tipo de movimiento, una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie en la cual ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando.

Este tipo de movimiento es extremadamente rápido, y se da por caída libre en pendientes de más de 75°, a saltos en pendientes 75° -45° y rodando en pendientes menores de 45°. El material que involucran este tipo de moviendo es muy variado que puede ser roca suelta, detritos, suelo ó una combinación de varios de ellos. (Ver Figura 22).

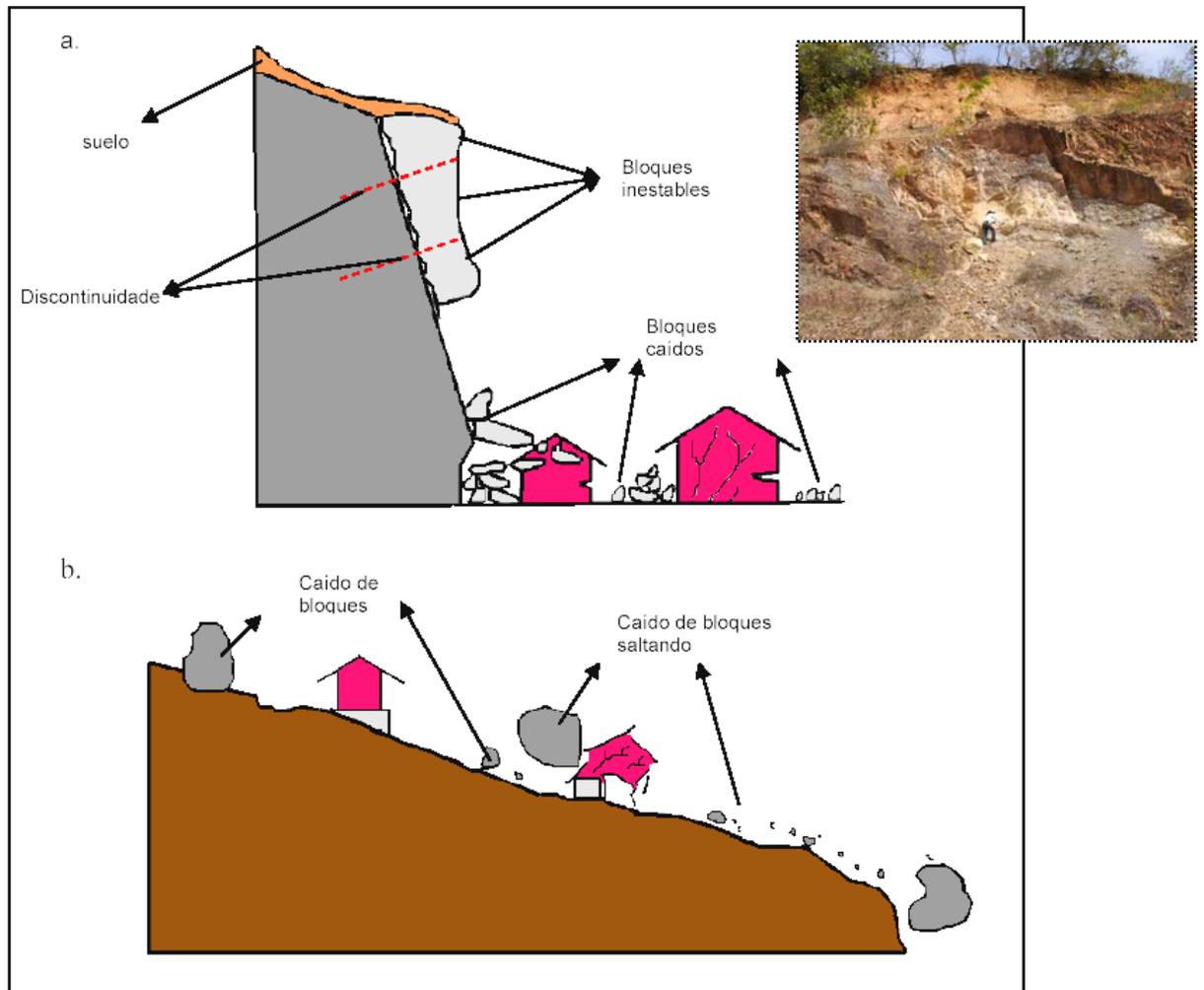


Figura 22 Movimiento de masa tipo caído. a. Caídos de bloques por gravedad, caída libre. b. Caídos de bloques rodando y saltando. Tomado de Suarez, 2005.

b. Deslizamientos

Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies. El movimiento puede ser progresivo, donde la masa generalmente se

desplaza en conjunto y la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser rápidos y alcanzar grandes volúmenes de material (González, 2002), ver figura 23.

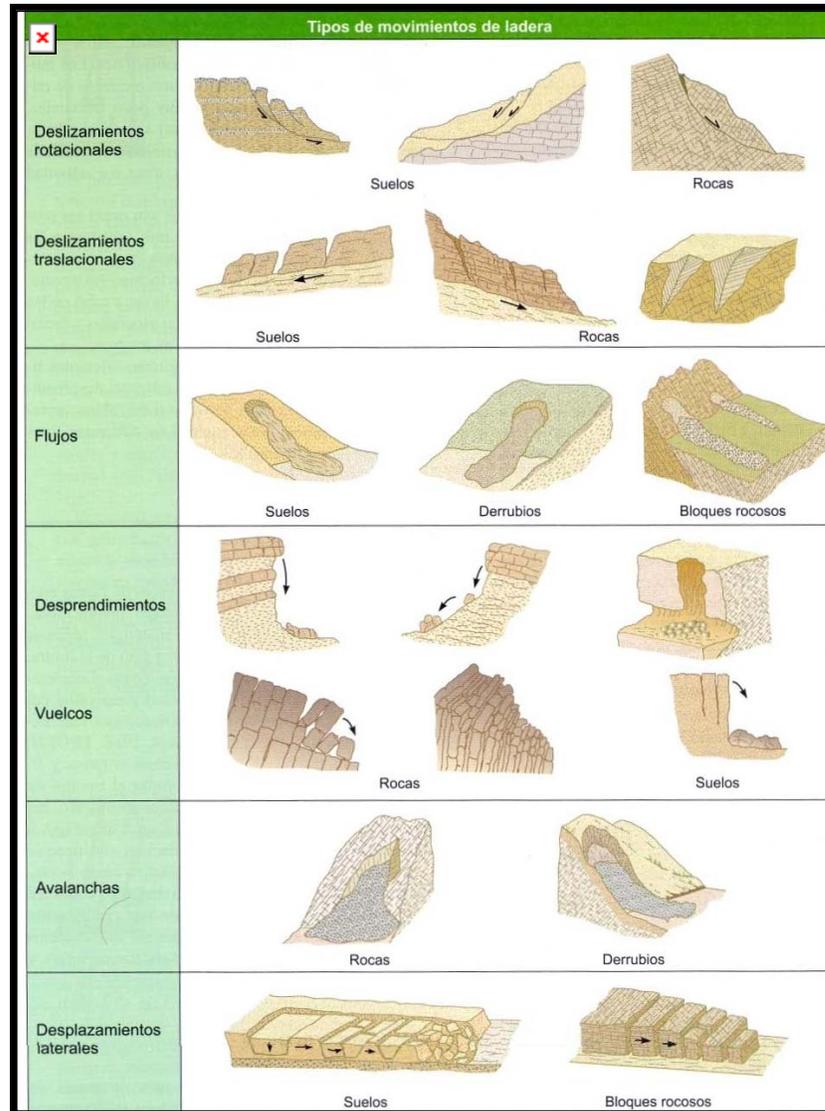


Figura 23 Clasificación general de los movimientos de las laderas. Tomado de González *et al.*, (2002).

Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas rocosas por efectos de cortes, rellenos, sobrecargas, deforestación, etc. (ver figura 24).

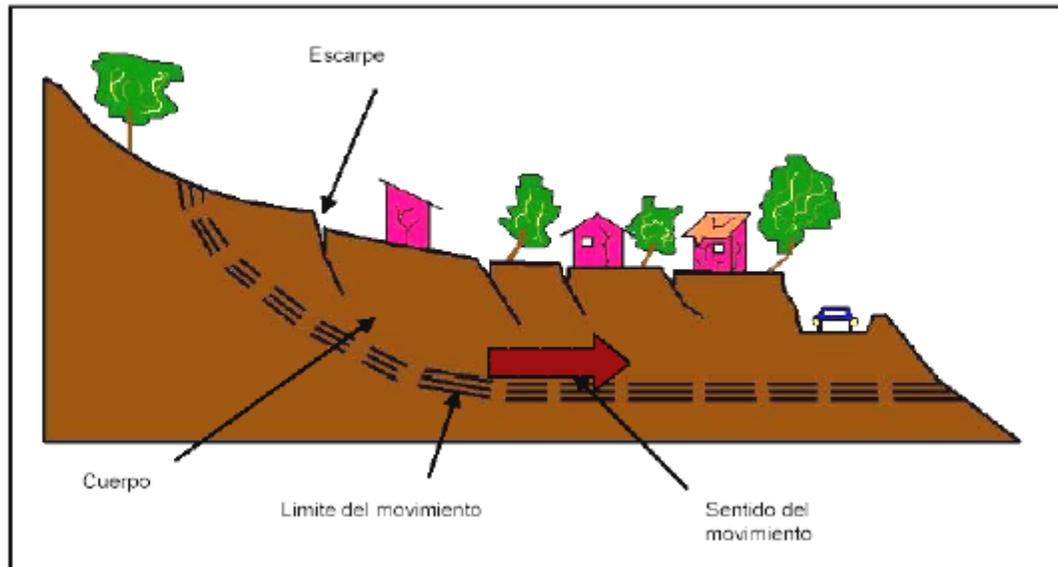


Figura 24 Corte esquemático que representa las características básicas de un movimiento de masa tipo deslizamiento, en suelos blandos. Tomado de Suarez, 2005.

Los deslizamientos como movimientos de masa, son los más estudiados por esta razón presentan dos subdivisiones, basadas en la dinámica de su movimiento, la cual se muestra a continuación (según Suarez, 1998 y González 2002):

➤ Deslizamiento rotacional: Es aquel donde la superficie de falla está formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo en movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento (ver figura 25)

Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a hacer semivertical, lo cual facilita la ocurrencia del movimiento y da lugar a escalones con la superficie basculada hacia las laderas a grietas de tracción estriadas, González, 2002. Los deslizamientos rotacionales, ocurren usualmente, en suelos homogéneos.

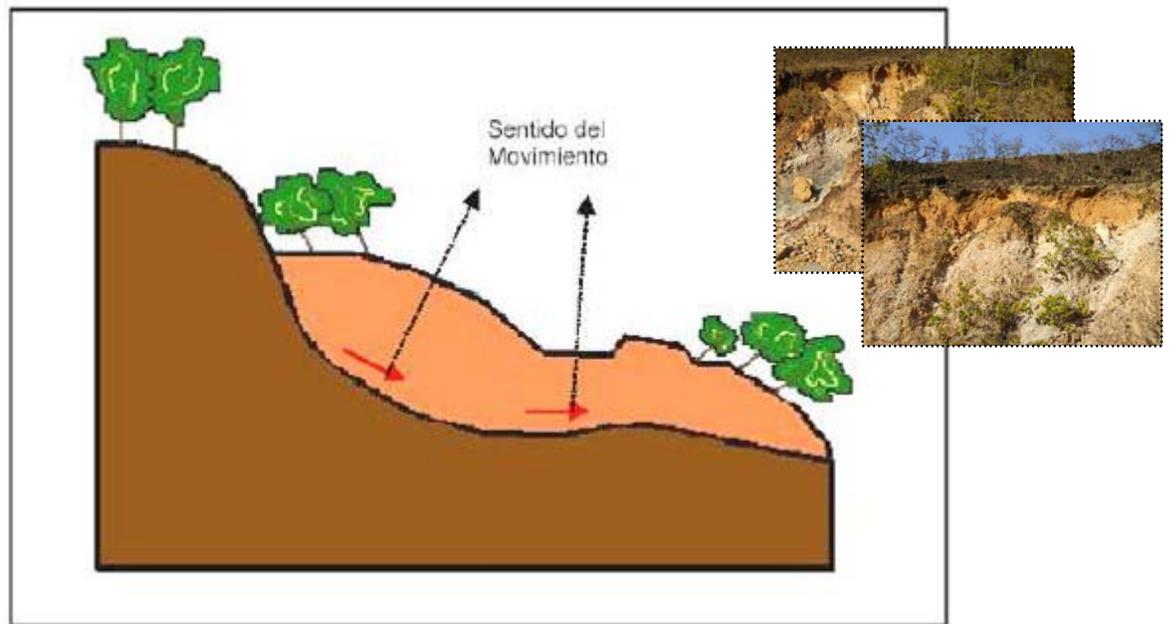


Figura 25 Movimiento rotacional típico, donde resalta la orientación de los arboles marcando la dirección del movimiento. Tomado de Suarez, 2005.

➤ Deslizamiento planar o translacional: En este tipo de movimiento la masa se desplaza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tienen muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo (ver figura 26). La diferencia importante de los movimientos de rotación y traslación, es principalmente que el movimiento de rotación trata de auto-estabilizarse, mientras que el movimiento de traslación puede avanzar indefinidamente a lo largo de la ladera (Suarez, 1998).

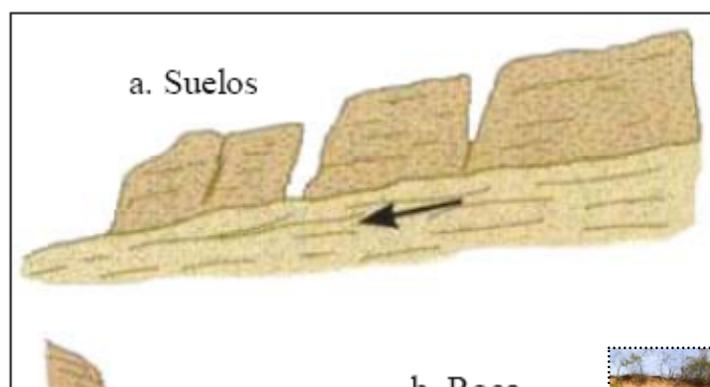


Figura 26 Desplazamientos planares. Tomado y modificado de González *et. al*, (2002).

c. Esparcimiento Lateral

En los esparcimientos laterales el movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión. El mecanismo de falla puede incluir movimientos de rotación, traslación y flujo. Este tipo de movimiento es muy lento y la falla se inicia de manera local y progresivamente se extiende (Suárez, 1998).

Estos movimientos se dan principalmente en masas de roca frágil sobre rocas más plásticas como las lutitas (arcillas en general), y son los más complejos y difíciles de caracterizar (ver figura 27).

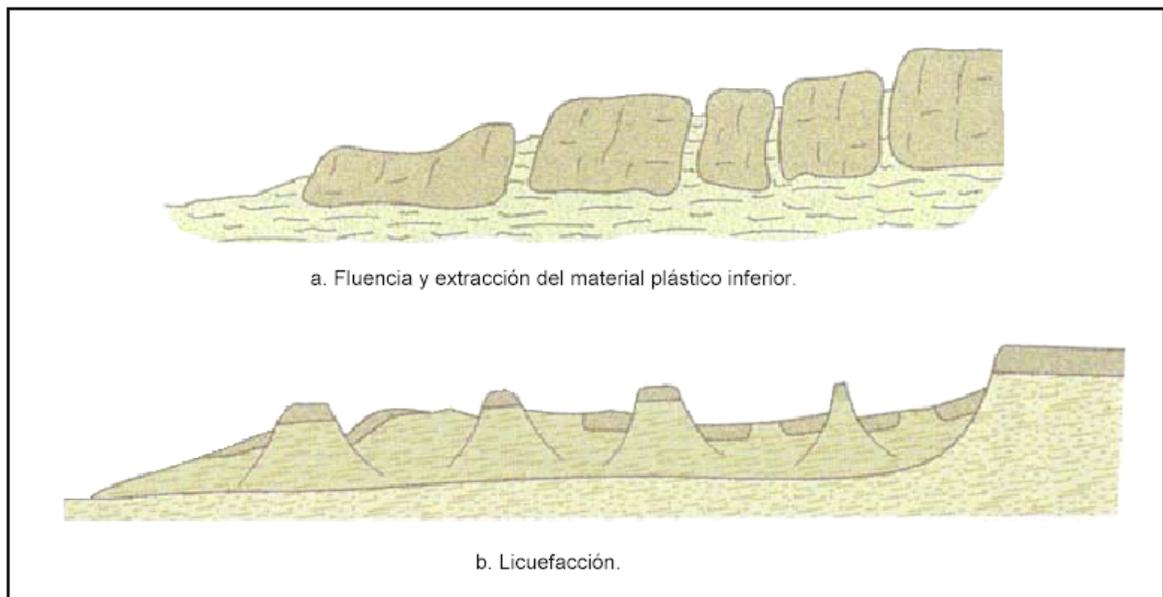


Figura 27 Esparcimientos laterales. Tomado y modificado de González et. al., (2002).

d. Flujo

Se caracterizan por el movimiento relativo de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se desliza o mueve sobre una superficie. Estos flujos pueden ser lentos o rápidos así como húmedos o secos, pudiendo ser a su vez de rocas, residuos, suelo o una combinación de materiales.

Cuando el movimiento de los flujos es muy lento, éstos suelen confundirse con el repteo, pero su diferencia consiste en que en los flujos existe una clara y marcada superficie de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras que en el repteo el movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura (Suárez, 1998).

Este tipo de movimiento es uno de los más comunes, por lo cual presenta según el material transportado una sub.-clasificación:

- Flujo de roca: son aquellos donde en material involucrado es la roca y donde la distribución de velocidades puede simular la de líquidos viscosos. Su ocurrencia es mayor en climas tropicales afectando rocas ígneas o metamórficas muy fracturadas en pendientes mayores de 45°. Estos movimientos tienden a ser ligeramente húmedos y su velocidad es de rápida a muy rápida (ver figura 28-b).
 - Flujo de detritos: por lo general, corresponden a una etapa avanzada del flujo de rocas, ya que los materiales se van triturando a medida que se desplazan y se observa una gradación muy marcada entre la cabeza y el pie del movimiento. Por lo general este tipo de movimientos son activados por lluvias, debido a la pérdida de cohesión de los materiales y por la fuerza que ejercen las aguas subterráneas. (Collins y Znidarcic, 1997). Estos movimientos son los de mayor dimensión dentro de su clase (ver figura 28-d).
 - Flujo de suelo: Los flujos de suelos también pueden ser secos y más lentos de acuerdo a la humedad y pendiente de la zona de ocurrencia. En zonas de alta montaña y desérticas ocurren flujos muy secos, por lo general pequeños pero de altas velocidades (ver figura 28-c). Una variación de los flujos de suelo, es el caso de los flujos de lodo, en los cuales los materiales del suelo son muy finos y las humedades tan altas que se puede hablar de viscosidad propiamente, llegándose al punto de suelos suspendidos en agua, Estos flujos poseen fuerzas destructoras dependiendo de su caudal y velocidad (ver figura 28-a). Dentro de esta clasificación, existe además el llamado golpe de arena, que consiste en un tipo de flujo causado por colapso estructural del suelo producto de sacudidas sísmicas o ruptura del suelo por desecación.
 - Flujo de lodo: En los flujos de lodo los materiales son muy finos y las humedades muy altas y se puede hablar de viscosidad propiamente dicha, llegando al punto de suelos suspendidos en agua. Los flujos de lodo poseen fuerzas destructoras grandes que dependen de su caudal y velocidad.
- La zona de acumulación es generalmente de menor pendiente en la cual el flujo pierde velocidad y forma un abanico de depositación.

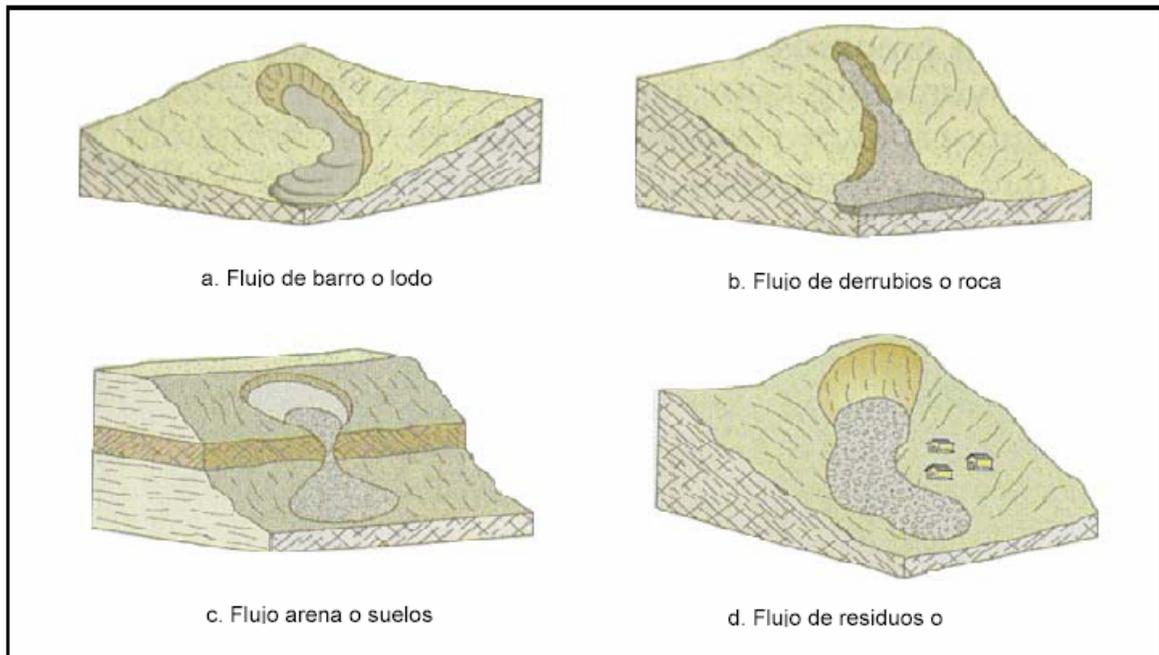


Figura 28 Tipos de flujos. Tomado y modificado de González et. al., (2002).

Es importante destacar que en la naturaleza la mayor parte de los movimientos de masas generados son de tipo complejo, ya que presentan características mixtas y no pueden ser descritos y clasificados como un movimiento de masa puro, sino como una combinación de los antes descritos.

e. Desprendimientos

Son caídas libres muy rápidas de bloques o masa rocosas independizadas por planos de discontinuidades preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas de tracción, etc.). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y, en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuña y en bloques formados por varias familias de discontinuidades. Los factores que los provocan son la erosión y la pérdida de apoyo o descalce de los bloques previamente independizados o sueltos, el agua en las discontinuidades o grietas, las sacudidas sísmicas, etc. (Soeters y Van Westen 1996).

Aunque los bloques desprendidos pueden ser de poco volumen, al ser procesos repentinos suponen un riesgo importante en vías de comunicación y edificaciones en zonas de montañas y pie de acantilados.

Pueden también darse desprendimientos de masas de suelos en taludes verticales, generalmente a favor de grietas de tracción, generadas a causa del estado tensional o de grietas de retracción por desecación del terreno.

Soeters y Van Westen (1996) afirman que las caídas están siempre relacionadas con pendientes mayores a 40°, donde la roca está directamente expuesta.

f. Vuelcos

Los vuelcos de estratos o de fragmentos de masa rocosas se pueden incluir dentro de los desprendimientos. Se producen cuando los estratos buzan en sentido contrario a la ladera, por estar fracturados en bloques, o por rotura de la zona del pie de la ladera. Suelen darse principalmente en frentes rocosos con estratos verticalizados. (Soeters y Van Westen 1996).

Se presentan con mayor facilidad en regiones donde existen diaclasas inclinadas excesivamente con una falla alineada aproximadamente paralela al frente de la ladera. (Soeters y Van Westen 1996).

g. Avalanchas rocosas

Estos procesos, considerados como desprendimientos o movimientos complejos en algunas clasificaciones, son muy rápidos, con caídas de masas de rocas o derrubios que se desprenden de laderas escarpadas y pueden ir acompañadas de hielo y nieve.

Las masas rocosas se rompen y pulverizan durante la caída, dando lugar a depósitos con una distribución caótica de bloques, con tamaños muy diversos, sin estructura, prácticamente sin abrasión, y con gran porosidad (Soeters y Van Westen 1996).

Las avalanchas son generalmente el resultado de deslizamientos o desprendimientos de gran magnitud que por lo elevado de la pendiente y la falta de estructura y cohesión de los materiales, descienden a gran velocidad ladera abajo en zonas abruptas, pudiendo superar los 100km/hora, incluso si la masa está completamente seca, por la disminución de la fricción a que da lugar la presencia de aire entre los materiales y fragmentos rocosos.

El agua de precipitación o deshielo, los movimientos sísmicos y las erupciones volcánicas pueden jugar un importante papel en el desencadenamiento de estos procesos.

Las avalanchas de derrubios están formadas por material rocoso muy heterométrico, pudiendo incluir grandes bloques y abundantes finos; los depósitos morrenicos constituyen un material propenso para estos procesos, así como las acumulaciones de materiales procedentes de erupciones volcánicas. La diferencia con los flujos de derrubios, además de la presencia de agua (no necesaria en las avalanchas) es la rapidez del proceso y la velocidad que alcanza la masa en zona con pendiente elevada.

h. Desplazamientos Laterales

Este tipo de movimiento (denominado también lateral spreading) hace referencia al movimiento de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente y cementado sobre un material blando y deformable. Los bloques se desplazan muy lentamente a favor de pendientes muy bajas.

Los movimientos son debidos a la pérdida de resistencia del material subyacente, que fluye o se deforma bajo el peso de los bloques rígidos (Soeters y Van Westen 1996).

PROCESOS EROSIVOS:

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

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

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

- a. Erosión por el viento.
- b. Erosión por gotas de lluvia.
- c. Erosión laminar.
- d. Erosión en surcos.
- e. Erosión por afloramiento de agua.
- f. Erosión interna.
- g. Erosión en cárcavas.
- h. Erosión en cauces de agua.
- i. Erosión por oleaje.
- j. Erosión en masa (deslizamientos).
 - Reptación.
 - Flujos de tierra.
 - Avalanchas.

A efectos del presente trabajo es necesario definir de forma puntual los tipos de erosión que afectan de forma significativa la zona de estudio, los cuales fueron identificados y cartografiados. Éstos son:

a. Erosión laminar: se inicia por el impacto de las gotas de agua de lluvia contra la superficie del suelo complementada por la fuerza de la escorrentía difusa, produciendo un lavado de la superficie del terreno como un todo, sin formar canales definidos. Éste tipo de erosión es común en suelos residuales, zonas recientemente deforestadas y suelos sujetos a sobre pastoreo de ganado. Ésta es la etapa inicial de la erosión en surcos (Suárez, 2001), ver figura 29.

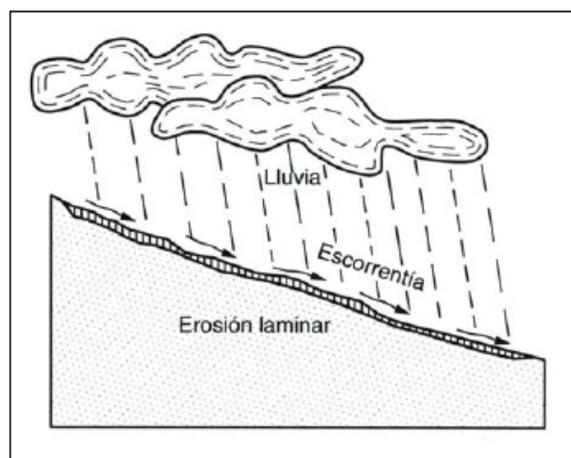


Figura 29 Proceso de erosión laminar. Tomado de Suarez, 2001.

b. Erosión en surcos: los surcos de erosión se forman por la concentración del flujo del agua en caminos preferenciales, arrastrando las partículas y dejando canales de poca profundidad generalmente paralelos. El agua de escorrentía fluye sobre la superficie del talud y a su paso va levantando y arrastrando partículas del suelo, formando surcos. Los surcos forman una compleja microrred de drenaje donde un surco al profundizarse va capturando a los vecinos, formando surcos de mayor tamaño, los cuales a su vez se profundizan o amplían formando cárcavas en forma de V que pueden transformarse a forma de U. Los suelos más sensibles a la formación de surcos son los desprovistos de cobertura vegetal (ver figura 30)

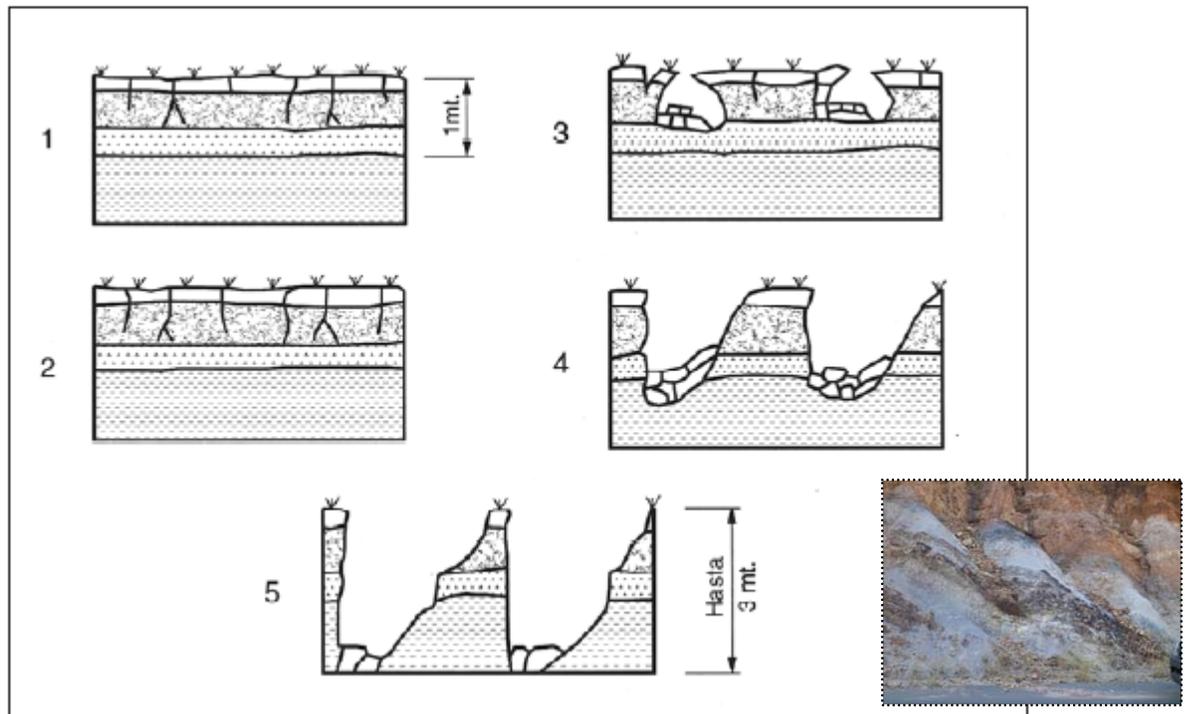


Figura 30 Proceso de formación de surcos. Tomado y modificado de Suarez, 2001.

c. Erosión en cárcavas: se denomina cárcava a un canal de erosión superior a un pie², o lo que es igual un surco de erosión profundizado o la unión de varios a pequeña escala. Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendientes altas que conforman el perímetro de la cárcava. Las zonas mayormente afectadas por este tipo de erosión son las de topografía de pendiente alta y mantos de suelo de gran espesor, además la formación de cascadas o caídas de agua aceleran el proceso, ver figura 31. Suarez, 2001.

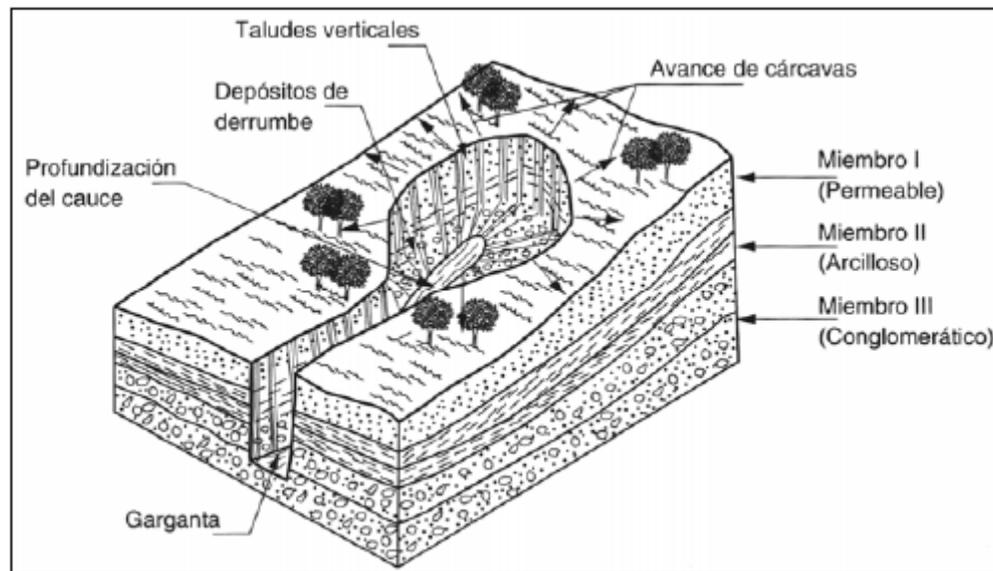


Figura 31 Esquema general del proceso de erosión en cárcavas. Tomado y modificado de Suarez, 2001.

Movimientos Complejos

Con mucha frecuencia los movimientos de un talud incluyen una combinación de dos o más de los principales tipos de desplazamientos descritos anteriormente, este tipo de movimientos se denomina como “Complejo”.

Adicionalmente, un tipo de proceso activo puede convertirse en otro a medida en que progresa el fenómeno de desintegración; es así como una inclinación puede terminar en caída o un deslizamiento e flujo.

Caracterización del movimiento

Adicionalmente al tipo de movimiento es importante definir las características que posee en cuanto a secuencia, estado de actividad, estilo, velocidad, humedad y material, ver figura 32.



Figura 32 Movimientos complejos (caída de bloques, flujo de detritos y deslizamiento translacional).

Tipo de material:

Los términos siguientes han sido adoptados como descripción de los materiales que componen un determinado movimiento en el talud.

- Roca: se denomina “Roca” a la roca dura y firme que estaba intacta en su lugar antes de iniciar el movimiento.
- Residuos: se denomina con el nombre de residuos o “Detritos” al suelo que contiene una significativa proporción de material grueso. Se considera que si más del 20% del material en reposo es mayor de 2 mm de diámetro equivalente, debe llamarse como residuos.
- Tierra: se denomina tierra, al material de un deslizamiento que contiene más del 80% de las partículas menores de 2 mm. Se incluyen los materiales desde arenas a arcillas muy plásticas.

Humedad:

Se proponen cuatro términos para definir las condiciones de humedad así:

- Seco: No contiene humedad visible.
- Húmedo: Contiene algo de humedad pero no contiene agua libre y puede comportarse como un sólido plástico pero no como un líquido.
- Mojado: Contiene suficiente agua como para comportarse en parte como un líquido y posee cantidades visibles de agua que puede salir del material.
- Muy mojado: Contiene agua suficiente para fluir como líquido, aún en pendientes bajas.

Velocidad de movimiento:

En la tabla 23 se indica la escala de velocidades de movimientos propuesta por el Transportation Research Board de los Estados Unidos, la cual se puede considerar como una escala única de rata de movimiento. En algunos casos, ocurren velocidades diferentes de los diversos modos de movimientos, y se requiere definir cada uno de ellos.

La velocidad del movimiento tiene gran influencia sobre el poder destructivo de un deslizamiento.

Generalmente, los deslizamientos extremadamente rápidos corresponden a catástrofes de gran violencia, ocasionalmente con muchos muertos y cuyo escape es poco probable.

Por otro lado los movimientos extremadamente lentos son imperceptibles sin instrumentos y representan, en general un riesgo muy bajo de pérdidas de vidas humanas.

Tabla 23 Escala de velocidades de movimientos propuesta por el Transportation Research Board de los Estados Unidos

Clase	Descripción	Velocidad (mm/seg)	Desplazamiento	Poder destructor
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/seg	Catástrofe de violencia mayor; edificios destruidos por el impacto o el material desplazado, muchas muertes, escape imposible.
6	Muy Rápido	5×10^1	3 m/min	Alguna pérdida de vidas; velocidad demasiado alta para permitir a todas las personas escapar.
5	Rápido	5×10^{-1}	1,8 m/hora	Escape posible; estructuras, propiedades y equipos destruidos.
4	Moderado	5×10^{-3}	13 m/mes	Algunas estructuras temporales y poco sensitivas pueden mantenerse temporalmente.
3	Lento	5×10^{-5}	1,6 m/año	Construcciones de estabilización pueden llevarse a cabo durante el movimiento. Algunas estructuras insensitivas pueden mantenerse con mantenimiento frecuente.
2	Muy lento	5×10^{-7}	16 mm/año	Algunas estructurales permanentes no son dañadas por el movimiento.
1	Extremadamente lento			Imperceptibles sin instrumentos; construcción posible pero deben tenerse precauciones.

3.3 SOFTWARE UTILIZADO

Uso del programa *Dips*, para construcción de proyecciones hemisféricas de los planos de foliación/estratificación y discontinuidades; *RocLab*, para el análisis de la resistencia del macizo rocoso y *AutoCad 2007*, para la elaboración del mapa de amenaza, digitalización de mapas, etc. Dichos programas son de adquisición gratuita a través de internet, software libre.

3.4 ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD O AMENAZA POR MOVIMIENTOS DE MASA

La zonificación de la susceptibilidad y/o amenaza es una herramienta útil y es usada en casi todos los lugares del mundo, donde existe propensión a los movimientos de masa. Se han elaborado diversas técnicas para desarrollar la zonificación, teniendo en cuenta factores como la escala de trabajo, la relación costo-beneficio, el objeto del estudio, información disponible, tiempo requerido, precisión de los resultados, capacidad de análisis, experiencia de los investigadores, etc.

Definición de Términos

Los términos usados en este capítulo forman parte de las definiciones propuestas por Varnes (1984), adaptados con base en Soeters y Van Westen (1996) (Aguilar y Mendoza, 2002):

- Susceptibilidad: facilidad con que un fenómeno puede ocurrir con base en las condiciones locales del terreno.
- Amenaza: probabilidad de ocurrencia de un fenómeno, en un período específico de tiempo, en una área determinada.
- Zonificación: división de un territorio en zonas homogéneas según el grado de susceptibilidad y/o amenaza para cada una.

➤ Riesgo: pérdidas esperables en vidas humanas y económicas por daños a propiedades e infraestructura o por interrupción de actividades, debidas a la ocurrencia de una amenaza.

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, 2003 (en 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, 2003 (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). (Ver figura 33).

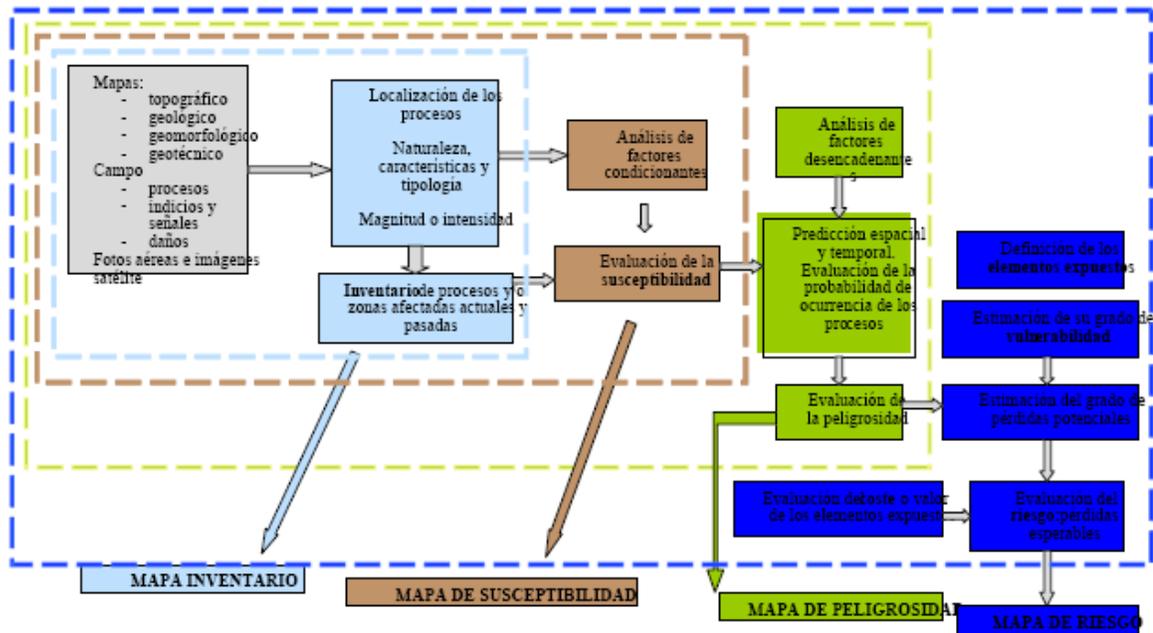


Figura 33 Mapas de estabilidad y los factores que intervienen en cada uno de estos. Tomado de Ferrer en González de Vallejo (2002).

González de Vallejo (2002), establece las diferencias esenciales que hay entre los mapas de susceptibilidad y otros mapas que involucran y prospectan otros parámetros (Ver tabla 24).

Tabla 24 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.

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 éstos 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 Irrigaria & Chacón (2002), la evaluación de la susceptibilidad se puede determinar mediante dos grandes métodos:

- 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.

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

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.

Tras la elección del método y la definición de los niveles de susceptibilidad, se generó un mapa en el que a cada unidad de terreno, se le 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 la magnitud de la pendiente, la densidad de la vegetación, las características geotécnicas de los suelos, las características geotécnicas de las rocas (RMR y SMR) y la disposición espacial de las discontinuidades. Todos estos factores se describen con mayor detenimiento en los capítulos.

- 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), éstos 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 está 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 este trabajo se tomó la siguiente matriz de ponderación, la cual varía su peso porcentual de acuerdo al tipo material litológico encontrado en campo. (Ver tabla 25).

Tabla 25 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					
Pendientes	Pendiente del terreno	RANGOS DE PENDIENTE					
	Valoración	< 5°	5° a 12°	12° a 18°	18° a 33°	33° a 45°	> 45°
Litología	Factor Suelo (%)	5	Estable P. Estable P. Inestable Inestable	Incl. Local/Área. 	Terraza 	Metamórfica 	Coluñón
		15					
	25						
	35						
Factor Roca (%) SMR	TIPO DE MATERIAL						
Valoración	0	7	14	25	35		
Vegetación	Cobertura vegetal y uso de tierras	Vegetación abundante	Vegetación moderada	Vegetación escasa	Área de forestada para cultivos	Área desprovista de vegetación	
		Valoración	0	5	10	15	20
Geomática	Estructura geológicas y orientación del talud	Muy Favorable	Favorable	Desfavorable		Muy desfavorable	
Valoración	0	10	15		25		
CLASIFICACIÓN							
CLASE	I	II	III	IV	V	Total	
Susceptibilidad	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
Valoración	< 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100		
Movimientos en masa	Ninguno	Caídas de Bloques ocasionales	Algunas caídas y caídas de bloques	grandes caídas, desprendimiento y flujo de detritos	Deslizamientos planares, independiente de la estructura litológica y grandes caídas		
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.

El 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 este trabajo se clasificó la cobertura vegetal en cinco tipos, de acuerdo a su densidad y uso de tierra. La primera de éstas 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 34 se muestran las representaciones de las cinco categorías de coberturas vegetales.

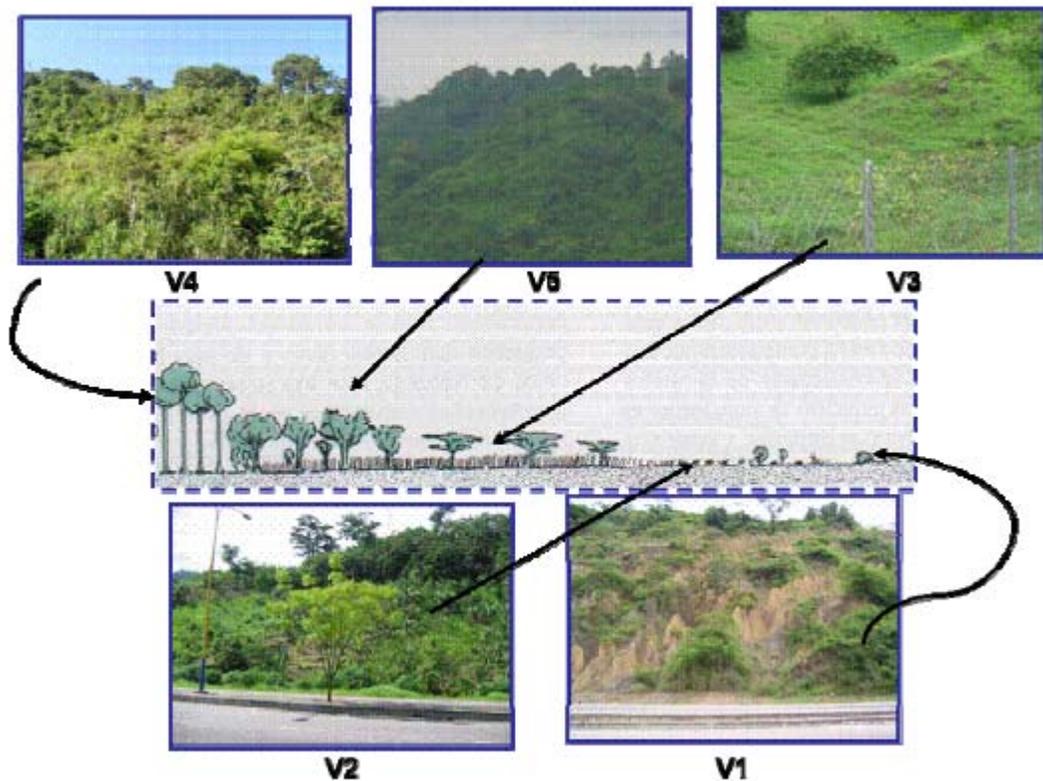


Figura 34 Escalas de vegetación en cuanto a la densidad y uso de tierras, de la cobertura vegetal.

Los factores de estructuras Planares y Cinemáticas, aunque se toman 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, con estratificación 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), que presentan dirección en la estratificación 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.

MAPA DE AMENAZA:

El diagnóstico geotécnico comprende una interrelación entre las diversas características de los parámetros físicos analizados, definiendo los diferentes niveles de estabilidad de los terrenos.

El diagnóstico geotécnico no representa una sectorización rígida, pudiendo variar la tomen en consideración para un determinado sector. Es importante considerar que la separación en zonas con diferentes niveles de estabilidad transicional.

La clasificación propuesta en base al grado de estabilidad trata de englobar en una misma clase, las zonas que presentan características similares mediante el análisis de los diversos parámetros que se consideran en el presente estudio; es probable que por la escala de trabajo y condiciones específicas de determinado sitio, al mismo no se ha asignado la clasificación de estabilidad más adecuada siendo necesario en estos casos un análisis más detallado de los mapas temáticos o un análisis local del sitio.

Debido a que cada parámetro analizado para el diagnóstico definitivo posee características propias, que pudieran jugar un papel mayor o menor dependiendo de la zona en estudio, es conveniente consultar los mapas temáticos básicos de manera tal que permita al usuario corroborar la clasificación asignada para un determinado sector o darle un mayor o menor peso a un determinado parámetro si lo considera necesario para el uso que requiera la zona en consideración.

Por medio de la evaluación geo-estructural es posible determinar la potencialidad cinemática y geomecánica de sufrir movimientos de masa que posee una ladera y/o talud.

En el diagnóstico geotécnico la estabilidad de los terrenos, se divide en 6 clases ordenándolas de manera creciente según el grado de estabilidad que le corresponda, a saber:

➤ **Sectores desestabilizados**

Comprenden las zonas afectadas por fenómenos de inestabilidades de laderas o taludes, antigua y reciente, producto principalmente del evento de septiembre de 2007. Los principales procesos comprenden tres tipos de flujos (superficiales, flujos con denudación y flujos con denudación y transporte de rocas), la erosión concentrada, la acumulación forzada de bloques de roca y los conos de deyección.

Es necesario realizar los estudios geotécnicos de detalle cuando se requiera desarrollar de un sector de este tipo, ya que la naturaleza está dando una alerta de que el terreno es inestable y presenta un elevado riesgo para cualquier tipo de desarrollo.

Además, estos sectores incluyen los drenajes principales y secundarios cuando se encuentran afectados por una alto grado de erosión regresiva, socavación y derrumbes de las paredes lateral cauces, que pueden afectar los sectores colindantes, haciéndose necesario la construcción de obras de ingeniería adecuadas que controlen esta erosión, que trae como consecuencia el transporte de importantes volúmenes de material aguas abajo.

Con respecto a estos últimos, es imperativo respetar una franja de seguridad en las márgenes de los ríos ya que éstos son los más afectados al momento de presentarse fenómenos que conlleven a movimientos de masa.

➤ Sectores altamente inestables

Terrenos conformados por laderas y/o taludes con condiciones geoestructurales muy desfavorables (cuestas de buzamientos), ubicados en zonas de alta pendiente. En gran parte de estas laderas puede presentarse alta densidad de movimientos de masa incipientes, asociados con zonas de elevada meteorización y presencia de suelos residuales espesos. Estos movimientos de masa no son cartografiables a la escala de este estudio.

Los sectores ubicados en esta clasificación presentan características geológico-geotécnicas desfavorables para su aprovechamiento óptimo, constituyendo áreas potenciales de alto riesgo, haciéndose imprescindible para cualquier desarrollo que se plantee, la ejecución de un estudio geotécnico detallado.

Es necesario impedir la construcción de obras en estos sectores, a menos que se realicen, las labores adecuadas para la estabilización de los mismos, restringiendo su

uso sólo para desarrollos muy específicos y les prioritarios. En muchos casos estas obras de ingeniería son sumamente costosas y con escaso margen de seguridad a largo plazo.

➤ **Sectores inestables**

Lo conforman laderas y/o taludes en condiciones geo-estructurales desfavorables, situación de transición entre cuesta de buzamiento y ortogonalidad, entre los planos de estratificación y la orientación de las laderas. También en este caso puede presentarse una elevada densidad de movimientos de masa incipientes.

Estos sectores se encuentran ubicados por lo general en zonas de elevada pendiente, constituyendo de esta manera zonas potencialmente riesgosas, para cuyo eventual uso es necesario realizar estudios de detalle que permitan establecer las medidas y obras de ingeniería adecuadas. Estas últimas pueden resultar de difícil ejecución y alto costo.

➤ **Sectores parcialmente inestables**

Comprenden terrenos que poseen una estabilidad límite con condiciones geo-estructurales parcialmente favorables (transición entre ortogonalidad entre los planos de estratificación y la orientación de las laderas y contracuesta de buzamiento). Las laderas y/o taludes que conforman estos sectores pueden presentar una densidad media de movimientos de masa incipientes.

La utilización de estos sectores debe realizarse con cierto grado de reserva y con la ayuda de estudios de detalle ya que estos terrenos pueden requerir la implementación de importantes obras de ingeniería preventiva y correctiva, por ser considerados todavía áreas con cierta carga de inestabilidad potencial.

➤ Sectores parcialmente estables

Conformados por laderas y/o taludes en situación geo-estructural favorable, con presencia muy reducida de movimientos de masa incipientes. Las condiciones generales de estabilidad en estos sectores se clasifican como aceptables para su uso, aún cuando pueden verse afectados eventualmente por condiciones de sitio muy particulares. Por lo tanto estos sectores son aprovechables con ciertas restricciones geotécnicas, requiriéndose la implementación de obras de ingeniería en las áreas que puedan presentar algunas manifestaciones de inestabilidad potencial.

➤ Sectores estables

Comprenden sectores planos y/o semiplanos ubicados en la zona cercana a la costa y en las filas y estribaciones secundarias, en las que no existen procesos geomorfológicos activos, por lo que presentan un bajo nivel de riesgo para la población.

Estos sectores pueden ser aprovechados sin mayores restricciones geotécnicas, respetándose los retiros prudenciales del borde de las terrazas y/o filas. Sin embargo, es conveniente realizar estudios geotécnicos convencionales para determinar el mejor aprovechamiento del área a desarrollar.

Es imprescindible tomar todas las medidas preventivas y realizar las obras de ingeniería necesarias para evitar el desborde de las quebradas y ríos en perjuicio especialmente de las zonas cercanas a la costa al producirse eventos de lluvias considerables.

Este diagnóstico geotécnico, junto con la cartografía realizada, constituye una manera de consulta rápida, directa y con un nivel de detalle confiable; sin embargo, cuando se requieran datos de mayor precisión, la consulta de los mapas temáticos puede aportar datos de interés para la evaluación de un área específica.

Es oportuno señalar que en la generalidad de los casos, las áreas muy próximas a laderas y/o taludes pueden ser susceptibles a ser afectadas en casos de lluvias intensas, movimientos sísmicos y otras causas inducidas.

Es importante resaltar que cualquier desarrollo debe adaptarse en lo posible a la topografía original, evitando grandes movimientos de tierra y preservando al máximo la vegetación existente, con especial atención en no obstruir los drenajes naturales.

No se deben realizar por ningún concepto rellenos no confinados o botes de materiales en laderas y/o taludes y cortes de gran altura, ya que se ponen en riesgo las obras ubicadas en sus alrededores.

Se ha considerado que a raíz del evento extremo ocurrido en septiembre de 2007, prácticamente toda el área en estudio ha sufrido daños considerables por fenómenos asociados a movimientos de masa en las laderas e invasión de los materiales removidos hacia las zonas planas que en este estudio han sido clasificadas como estables. Por consiguiente y en base a estudios y evaluaciones realizadas por especialistas, para que las zonas planas sean estables y libres de amenazas, es imperativo realizar las obras de acondicionamiento de las mencionadas quebradas y establecer, un corredor o retiro prudencial en ambos lados de las mismas.

CAPÍTULO IV

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

4.1 GEOLOGÍA REGIONAL:

La Cuenca Oriental de Venezuela es una depresión topográfica y estructural ubicada en la región centro -este del país y abarca los estados Guárico, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro, llegando a extenderse hasta la Plataforma Deltana y sur de Trinidad. Está limitada al norte por el Cinturón Móvil de la Serranía del Interior Central y Oriental, al sur por el Río Orinoco, al este se prolonga hasta la Plataforma Deltana y al oeste la limita el levantamiento de El Baúl (figura 35). Esta cuenca posee una longitud aproximada de 800 km. en sentido este-oeste, un ancho promedio de 200 Km. y un área aproximada de 16500 km².



Figura 35 Cuencas petrolíferas de Venezuela, basadas en la distribución de sus Provincias Sedimentarias (Modificado de Pérez de Mejía et. al., 1980). L.E.B. = Lineamiento de El Baúl, límite entre las cuencas de Oriente y Barinas-Apure.

La cuenca actual es asimétrica, con el flanco sur ligeramente inclinado hacia el norte y un flanco norte más tectonizado y con mayores buzamientos, conectado a la zona plegada y fallada que constituye el flanco meridional de las cordilleras que limitan la Cuenca hacia el norte. Toda la cuenca se inclina hacia el este, de manera que su parte

más profunda se encuentra al noreste, hacia Trinidad, donde se estima que pudieron acumularse unos 40.000 pies de sedimentos.

Las principales formaciones productoras presentes en la Cuenca Oriental son Oficina y Merecure, que fueron sedimentadas en ambientes transgresivos sobre el flanco sur de la cuenca, y presentan muy bajo relieve en ambientes de llanuras deltaicas con extensas áreas pantanosas, con abundante vegetación, intercalaciones de aguas salobres y sistemas de caños de dirección generalizada al norte y ocasionales incursiones de aguas marinas (figura 36). Además, presentan un engrosamiento de las formaciones de sur a norte y desaparición de las arenas hacia el noreste (González de Juana, 1980).

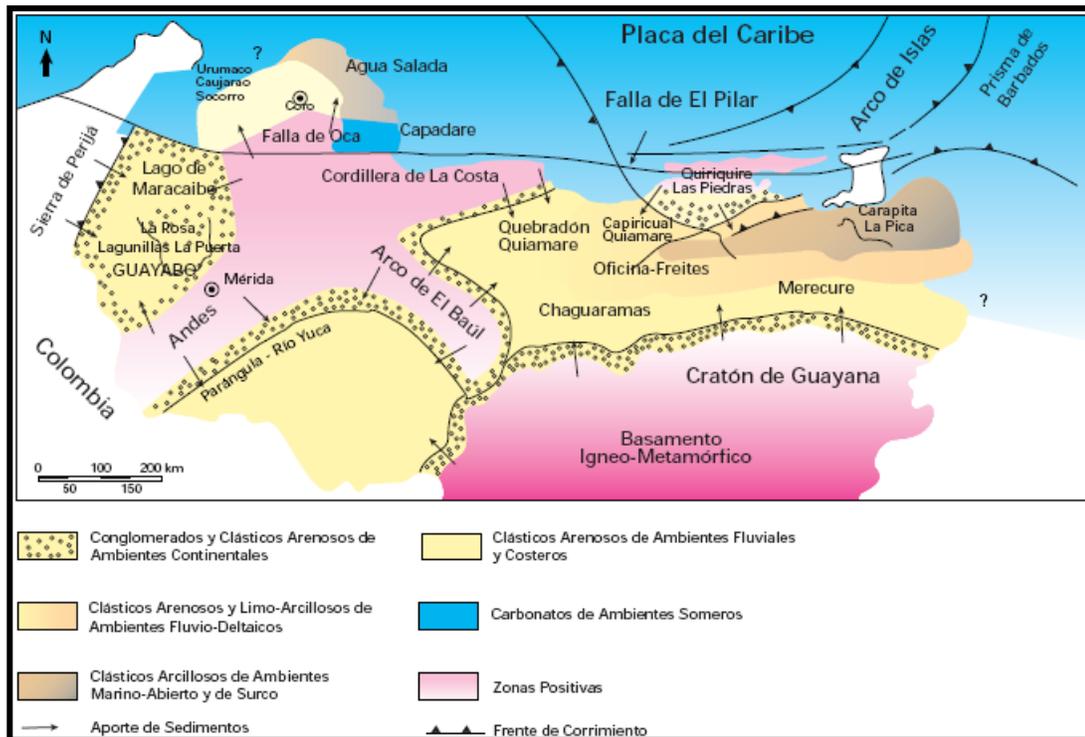


Figura 36 Marco geológico regional para la sedimentación en Venezuela durante el Mioceno-Plioceno. Tomado del WEC, 1997.

Esta cuenca ha sido subdividida operacionalmente en dos subcuencas, la Subcuenca de Guárico al oeste y la Subcuenca de Maturín al este. Dallmus (1963) utiliza como elemento de separación entre ambas el llamado Arco de Úrica (González De Juana *et al.* 1980).

4.2 GRUPO SUCRE:

(Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, 1980)

HEDBERG (1950), designa con el nombre de Grupo Sucre a las formaciones más antiguas de la Serranía del Interior, que se distinguen por el carácter transgresivo de sus sedimentos y la equivalencia lateral de facies diferentes.

Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, (1980) el Grupo Sucre aflora en la Serranía del Interior de Anzoátegui, Monagas y Sucre (figura 37), pudiendo subdividirse en las formaciones: Barranquín, El Cantil y Chimana en el flanco sur y por las formaciones Barranquín, Borracha y Chimana en el flanco norte. CLAXTON y ROSALES (1960) indican que las formaciones Barranquín, El Cantil y Chimana, representan la fase inicial de un ciclo sedimentario mayor, desde conglomerados, pasando por calizas hasta lutitas. El grupo transgrede rápidamente sobre el basamento desde el área de Maturín hasta las cercanías del curso actual del río Orinoco.

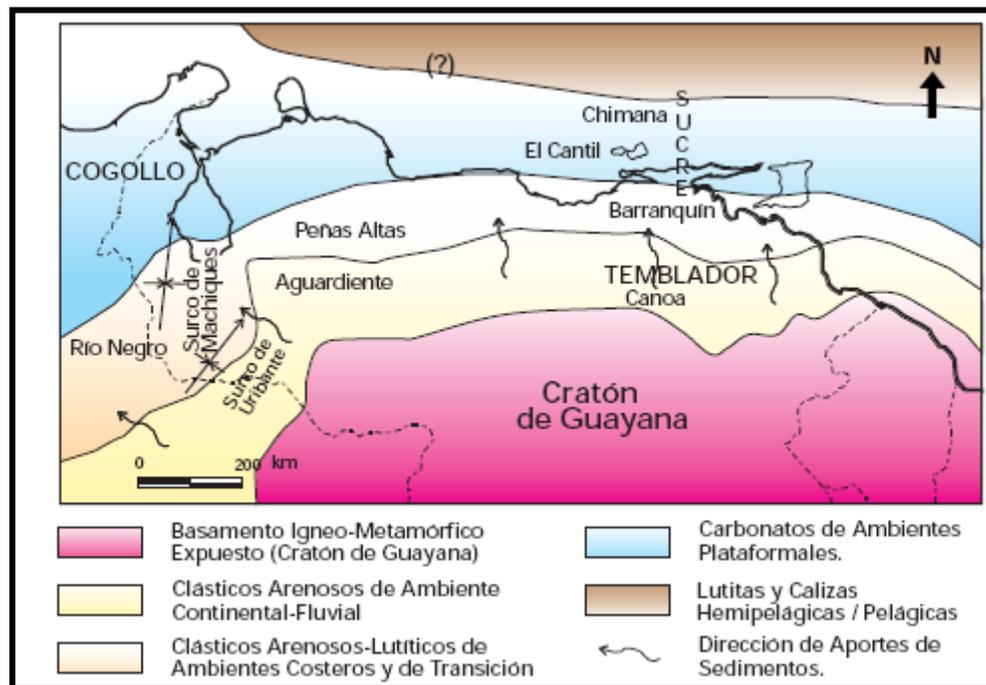


Figura 37 Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Neocomiense-Albiense (Cretácico Temprano) al Norte del Cratón de Guayana. Se indican unidades típicas de dicha asociación de facies. Tomado del WEC, 1997.

4.2.1 FORMACION BARRANQUIN:

Este nombre fue dado por LITTLE (1928) para una secuencia de rocas siliciclásticas con intercalaciones carbonáticas, aflorantes en los alrededores del pueblo de Barranquín en el estado Sucre. Los autores acotan que HEDBERG (1950) la separa de las otras dos formaciones suprayacentes del Grupo Sucre, especificando la posición inferior y su carácter predominantemente siliciclástico. VON DER OSTEN (1954) en la región del golfo de Santa Fe, subdivide la Formación en cuatro miembros (ver figura 38), que de base a tope son: Venados, Morro Blanco, Picuda y Taguarumo. MACSOTAY *et al.* (1985-a) proponen el Miembro Mundo Nuevo, como un equivalente lateral turbidítico de la Formación Barranquín, y el Miembro Chuparipal, para la litofacies de calizas macizas con rudistas. MACSOTAY & ALVAREZ (1987) ascienden este intervalo carbonático a

Formación Chuparipal, presente sólo en el extremo nororiental de la serranía (Tablas 26)

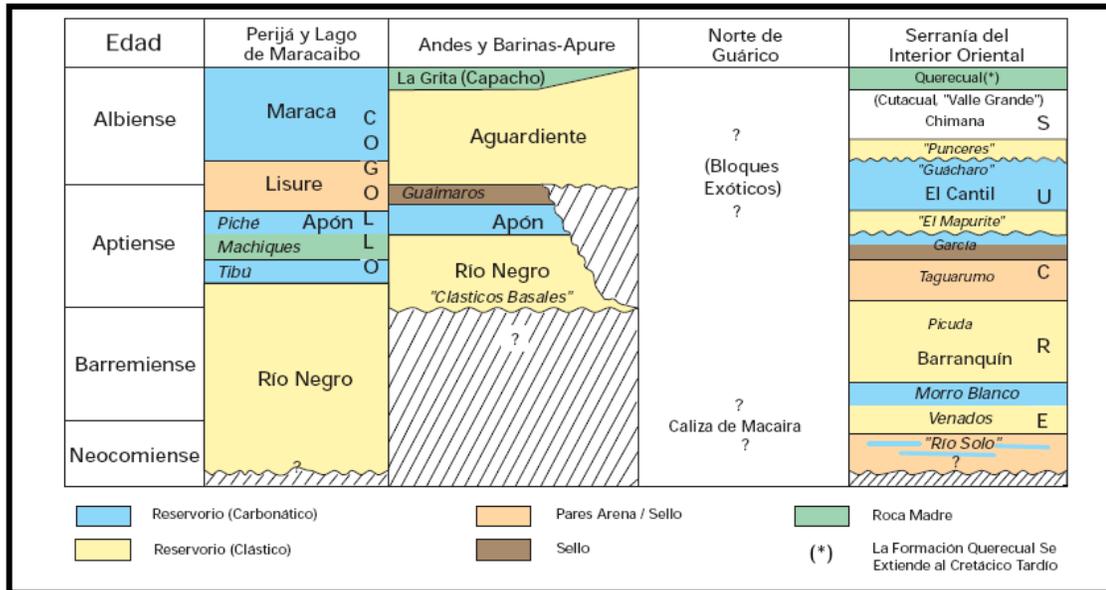


Figura 38 Cuadro de correlación de las unidades más importantes dentro del Cretácico Temprano de Venezuela. Las unidades informales se colocan en *itálicas* entre comillas. El conjunto de miembros para el Grupo Sucre es discutido en Yoris (1985, 1988, 1992).

Tabla 26 Características generales de la Formación Barranquín.

Localidad tipo	Descripción litológica	Extensión geográfica y espesor
LIDDLE (1928) ubica la localidad tipo en dos ríos al sur de Barranquín y en una zona a 2 km al sur de San Fernando, en donde está en contacto de falla con la Formación El Cantil. Varias secciones de referencia se conocen en el archipiélago Guaiquerí-Manare. Los miembros Venados, Morro Blanco, Picuda y Taguarumo, afloran en las islas Venados y Picuda Grande (en la parte oriental del archipiélago), en el extremo oriental de la Serranía del Interior oriental y en la Serranía de Guariquén. El área tipo, según LIDDLE (op. cit.) se halla en el sector norcentral de la Serranía. El Miembro Mundo Nuevo se reconoce desde las cabeceras del río Nueva Colombia hasta la quebrada La Chiva. Se encuentra presente en la ventana tectónica de la quebrada La Toma y dentro de las escamas tectónicas del Complejo Lechozal. El Miembro Chuparipal aflora extensamente al este de la falla de Guatamere, hallándose sus últimos afloramientos en la quebrada La Chiva (MACSOTAY et al. 1985-a)	Sus diferentes miembros están conformados por: Venados: Secuencia de intercalaciones de cuarcitas macizas blancas en paquetes de hasta 20 m de espesor, con estratificación cruzada, con lutitas arenosas no fosilíferas. Morro Blanco: Secuencia de calizas biostrómicadas de escala métrica a submétrica, intercaladas con intervalos limolíticos y arenosos, de menos de 10 m de espesor. Picuda: Secuencia de paquetes decamétricos de areniscas cuarcíticas blancas, intercaladas con lutitas de colores vivos en menor cantidad, lutitas arenosas (ritmitas); las calizas son raras y de carácter lenticular. Taguarumo: El miembro superior es tratado como formación aparte (GUILLAUME et al. 1972). En la región de El Pilar-Casanay, MACSOTAY et al. (1985-a) definieron dos miembros, que se hallan en relación de falla de corrimiento con la Formación Barranquín (sensus stricto): Mundo Nuevo: Secuencia de lodolitas y limolitas negras, en capas decamétricas, intercaladas con capas submétricas de litoarenitas negras, gradadas, y capas de calizas arenosas. Miembro Chuparipal: Secuencia plurimétrica de calizas de rudistas, calcarenitas y calcilodolitas intercaladas con escasa lutitas grises.	La Formación Barranquín aflora extensamente en toda la Serranía del Interior oriental, incluyendo la serranía de Guariquén y el cerro La Pica, en el noroeste, y las islas del archipiélago Guaiquerí-Manare, por el noroeste (MACSOTAY et al. 1985-b), extendiéndose así por los estados Anzoátegui, Sucre y Monagas. En el subsuelo de Anzoátegui nororiental, la unidad ha sido reconocida en base a su litología, aunque se desconocen los espesores (CAMPOS et al. 1985). LIDDLE (1946) calcula en 1.500 m el espesor de la formación en su área tipo. VON DER OSTEN (1954) midió los espesores de los miembros Venados: 375 m; Morro Blanco, 348 m; Picuda, 425 m y Taguarumo, 660 m, para un total de 1.808 m en el área de Santa Fe. Al este de la falla de San Francisco, GUILLAUME et al. (1972), midieron entre Tejería y La Yegua, 1.420 m y entre el cerro El Algarrobo y Pico García, 2.460 m. VIVAS (1987) midió aproximadamente 500 m en la vía de El Zamuro, cerca de Bergantín, estado Anzoátegui. MACSOTAY et al. (1985-a) estiman 600 m de espesor en el Miembro Mundo Nuevo y entre 200 y 250 m para el Miembro Chuparipal.

* La información presentada en la tabla ha sido tomada de CIEN (2008)

Tabla 27 Continuación. Características generales de la Formación Barranquín

Contactos	Fósiles y edad	Correlación y paleoambiente
<p>No se conoce su base, ni tampoco la naturaleza del contacto inferior. El contacto superior fue situado por HEDBERG & PYRE (1944) en el inicio de la alternancia de calizas, areniscas y lutitas de la Formación El Cantil, GUILLAUME et al. (1972) al separar el Miembro Taguarumo como formación, describen un contacto transicional, por interdigitación vertical y lateral, con el resto de la Formación Barranquín. LIDDLE (1946) supuso que la Formación Barranquín suprayace a los esquistos de la Serie Caribe. VON DER OSTEN (1954) añade la posibilidad de que infrayaciéndola, se hallarían equivalentes sedimentarios de las formaciones Carrizal y Hato Viejo, del subsuelo del estado Anzoátegui. En el dominio Bergantín-Guanta la Formación Barranquín se halla directamente cubierta por calizas macizas con Orbitolina, características de la Formación El Cantil (VIVAS 1987). En la región del bloque Caripe, la Formación Barranquín se halla en contacto normal y abrupto con las arcilitas de la Formación García (GUILLAUME et al. 1972).</p>	<p>Moluscos bentónicos han sido citados por LIDDLE (1928, 1946), de horizontes no especificados, las plantas como Weichselia peruviiana no provienen de la parte inferior de la Formación Barranquín, como suponía LIDDLE (op. cit.), sino de los horizontes altos (ROYO & GÓMEZ 1960) que actualmente se incluyen en la Formación Taguarumo. Los corales hermatípicos descritos por WELLS (1944) de las Cinco Ceibas, son parte de la fauna del Miembro Morro Blanco (VON DER OSTEN 1954; VIVAS 1987). Numerosos bivalvos y gasterópodos son citados e ilustrados por ROYO & GÓMEZ (1953) y VON DER OSTEN (1954, 1957): Gervilleia alata, Aetostreon latissimus, Mediterraneotrigonia hondaana, Nerinea riveroae. Las lutitas y calizas de colores claros, suelen contener foraminíferos bentónicos como Choffatella decipiens y Pseudocyclammina hedbergi (ROD & MAYNC 1954).</p>	<p>En sentido amplio, la Formación Barranquín tiene su equivalente en la Formación Río Negro, típica del Surco de Machiques, en la serranía de Perijá, y en el Surco de Uribante (RENZ 1960-a,b,c; GARCÍA JARPA et al. 1980). Las areniscas arcóscas de la Formación Barranquín han sido consideradas como fluviales, y las lutitas carbonáceas, como depositadas en ambientes variables desde marino poco profundo hacia la cuenca, a paludales en complejo deltáico hacia la plataforma, y que a menudo se alternan verticalmente. MACSOTAY et al. (1985-b) consideran a la Formación Barranquín de paleoambiente totalmente marino, con fluctuaciones de paleopropiedades marcadas por paleontología e icnofauna</p>

* La información presentada en la tabla ha sido tomada de CIEN (2008)

4.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL:

Según GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980) la Serranía del Interior es un gran anticlinatorio de rumbo aproximado N70°E, constituido exclusivamente por rocas sedimentarias, las cuales están plegadas y falladas, destacándose que los pliegues principales se adaptan a las directrices longitudinales de la Serranía y son, básicamente, de tres tipos:

A: Pliegues abiertos con plano axial vertical (como sucede al norte de Caripe).

B: Plegamiento de tipo isoclinal, generalmente separados por fallas de rumbo (SALVADOR y ROLES, 1960, ROSALES 1972).

C: Pliegues volcados combinados con corrimientos.

En términos generales, los volcamientos y corrimientos son más abundantes en el flanco sur que en el norte, aunque GONZÁLEZ DE JUANA (1972) pone de manifiesto una extensa zona con dos corrimientos hacia el norte, en la región cercana a la costa donde se desarrolla una imbricada, volcada y sobrecorrida.

Las fallas pueden agruparse en tres sistemas: El más importante de éstos es longitudinal subparalelo al rumbo, seguido en importancia por otro sistema con rumbo general W-NW a NW y un tercer, con menor expresión con rumbo NE. Entre las fallas del segundo sistema destacan dos lineamientos con transurrencia dextral, denominados Falla de San Francisco (SALVADOR y ROSALES, 1960) y Falla de Úrica (ROD, 1959), (figura 39).

DEWEY y PINDELL, (1965) opinan que la configuración actual de la Serranía del Interior es producto del empuje realizado por el arco de islas de la Placa del Caribe contra la Placa Suramericana. Esta colisión se realizó en dirección noreste y tuvo su inicio a finales del Mioceno (edad estimada por anomalías magnéticas). SPEED (1985) concluye que la falla de El Pilar debe ser considerada como una falla transcurrente

4.4 MARCO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL:

La Cuenca Oriental de Venezuela es el resultado de una compleja evolución tectónica iniciada en el Mesozoico con la ruptura del Pangea, la deriva de Suramérica hasta el desarrollo y migración de la Placa del Caribe. La cuenca está asociada con la migración relativa hacia el este de la Placa Caribe a lo largo de la falla transcurrente dextral de El Pilar (Pindell, 1988; Erlich y Barrett, 1990).

Según PARNAUD *et al*, (1995) la formación de la cuenca oriental de Venezuela se asocia directamente con la fase de colisión oblicua durante el Neógeno-Cuaternario entre la Placa Caribe y la Placa Suramericana, proceso tectónico mayor que dio origen al levantamiento de la Serranía del Interior Oriental y consecuente flexura de la corteza continental al sur, generando una cuenca tipo Antepaís ("Foreland"). (figura 40).

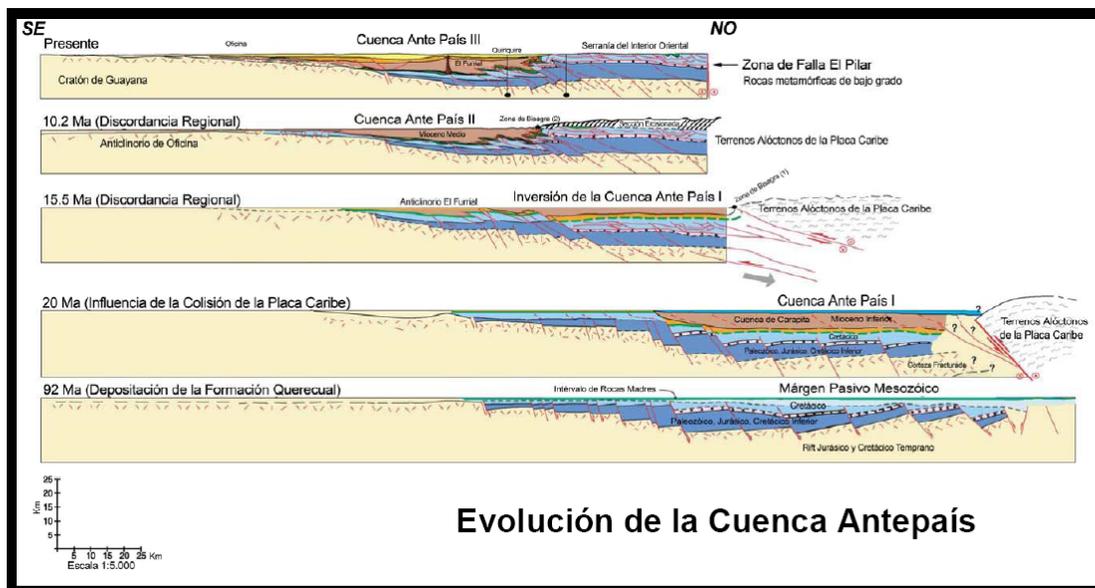


Figura 40 Evolución de la cuenca de Antepaís en el oriente venezolano. Tomado y modificado de Summa *et al.*, (2003).

La evolución tectónica de la Cuenca Oriental de Venezuela puede agruparse en 4 etapas tectónicas de importancia:

(a) *Etapa "Prerift"*: Desarrollada durante el Paleozoico, es identificada en algunas líneas sísmicas.

(b) *Etapa "Rift"*: desarrollada durante el Jurásico Tardío-Cretácico Temprano caracterizado por un episodio de "rifting" y posterior "drifting", el cual está representado por estructuras de "grabens" y "semigrabens", por la creación de corteza oceánica y por el desarrollo de una discordancia a nivel regional.

(c) *Etapa de Margen Pasivo*: Un período de margen pasivo durante el Cretácico-Paleoceno

(d) *Etapa de Colisión oblicua*: la fase de margen pasivo finalizó durante el Oligoceno, debido a la colisión de la placa Caribe contra la placa Sudamericana, lo que originó el cambio de la cuenca de margen pasivo a una cuenca antepaís o "foreland". La colisión oblicua migró progresivamente hacia el este durante el Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano, dividiendo la cuenca antepaís en tres áreas: (1) un área al sur (desde Cerro Negro a Oritupano) que corresponde a la zona de plataforma, (2) una zona central (desde Acema-Casma a Pirital) correspondiente al foredeep, y (3) un área al norte (norte de la falla de Pirital) correspondiente al área de cabalgamientos.

4.5 ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS MAYORES:

Las estructuras presentes en el área de estudio son controladas por la interacción entre la Placa de Suramérica y la Placa Caribe. Las estructuras mejores se muestran en la figura 41.



Figura 41 Rasgos estructurales más distintivos del área en estudio. Tomado y modificado de Funes *et al.*, (2000).

- Falla de El Pilar, es una falla de rumbo con desplazamiento dextral que separa dos dominios geológicos diferentes. Hacia el norte se encuentra la península de Araya-Paria (alóctono), metamórfico, mientras que hacia el sur se encuentran secuencias sedimentarias mesozoicas y cenozoicas de la Serranía del Interior (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, 1980; VIERBUCHEN, 1984; WADGE *et al.*, 1985; JAMISON, 1991).
- Dos fallas con desplazamientos dextral (Úrica y San Francisco) que tienen orientación NW-SE, dividen el noreste de Venezuela en tres diferentes bloques tectónicos. Estos son: de oeste a este, Santa Rosa, Bergatín y Caripe (MURANY, 1972; GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, 1980; VIERBUCHEN, 1984; JAMISON, 1991). La Falla de San Francisco comienza al norte de Cumanacoa, con rumbo N 65-80 0, de buzamiento vertical en Quiriquire donde se confunde con el Corrimiento de Pirital.
- Cabalgamiento de Pirital: desde Úrica hasta San Francisco, continúa el sistema de corrimientos frontales de Guarico y Anzoátegui, destacándose entre las innumerables fallas

inversas el corrimiento de Pirital. De Sisto (1961) definió la falla o corrimiento de Pirital como un Cabalgamiento de sedimentos de edades del Cretácico hasta el Oligoceno sobre la Formación Carapita. La estructura Pirital coincide con los campos de Santa Bárbara, Jusepín y Quiriquire donde localmente se observan sobrecorrido sedimentos cretácicos sobre sedimentos del Mioceno. Se caracteriza por presentar un desplazamiento a lo largo del plano de falla de aproximadamente 2000 metros, considerando como dato de referencia a la base de la Formación Carapita. (SUBIETA *et al.*, 1988).

➤ Al Sur del corrimiento de Pirital se desarrollan un conjunto de cabalgamientos imbrincados que se horizontalizan en profundidad. El frente de deformación es de particular interés, ya que da indicios de la zona de despegue y también permite deducir que la secuencia ha progresado de manera conforme de norte a sur, con excepción de algunos cabalgamientos en sentido inverso o fuera de secuencias. Los cabalgamientos pueden ser seguidos y correlacionados con la sísmica existente. Tienen rumbo general N60°E, algunos no son continuos, desapareciendo y dando lugar a la aparición de otros. Es decir, que el desplazamiento representado por una de esas estructuras va disminuyendo, mientras que en otras adyacentes, aumenta. Por estas observaciones se pone en evidencia la existencia de zonas de transferencia, las cuales solo son posibles si los cabalgamientos involucrados se unen en una falla común en profundidad (SUBIETA *et al.*, 1998.).

4.6 RASGOS GEOMORFOLÓGICOS

Las estructuras presentes en el noreste de Venezuela están asociados a una subducción tipo A, donde sucesivos cinturones plegados obducen la corteza continental (Russo y Speed, 1992). La zona del noreste de Venezuela presenta una extrema complejidad estructural caracterizada por la existencia de un sistema de corrimientos y fallas, (Figura 42).

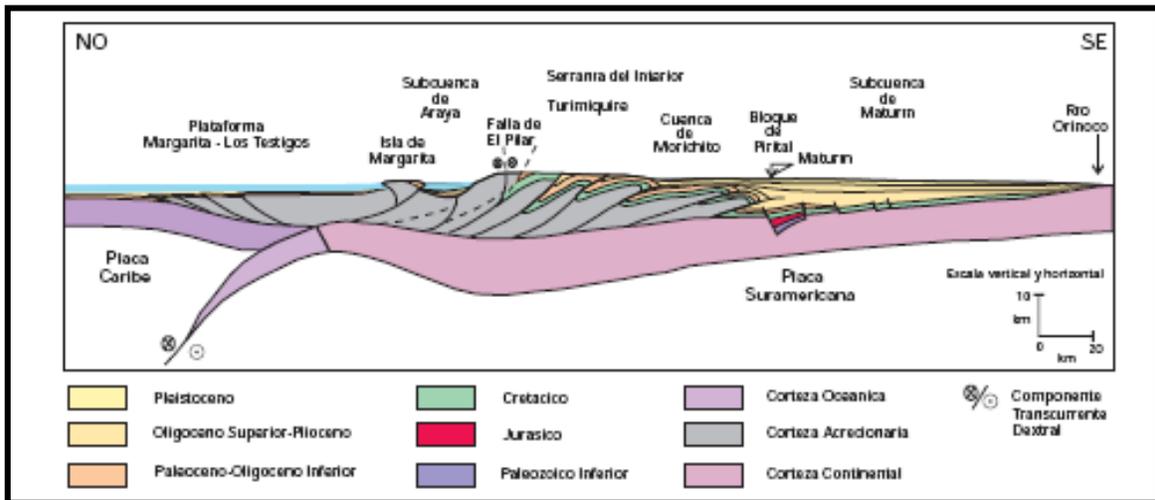


Figura 42 Corte geológico conceptual noreste - sureste desde la Plataforma de Margarita – Los Testigos hasta el Río Orinoco. El flanco norte de la Subcuenca de Maturín se encuentra asociados a los frentes de corrimiento de grandes bloques corticales, desplazados hacia el sur por la colisión entre las placas Caribe y suramericana Tomado del WEC, 1997.

Existen las siguientes fallas importantes de norte a sur:

- Falla El Pirital: es una falla inversa en donde se cabalgan columnas del Cretácico al Oligoceno sobre sedimentos de la Formación Carapita, se encuentra en la parte meridional de la Serranía del Interior (González de Juana *et al.*, 1980, Rossi 1985, Parnaud *et al.*, 1995). Según Parnaud *et al.* (1995) este corrimiento es producto del emplazamiento progresivo de varios compartimientos alóctonos de la Serranía, produciendo el principal acortamiento norte sur.
- Falla de Santa Bárbara: la cual es una falla normal, con fuerte buzamiento al sur, acompañada por un ramal que se desprende de ella al este de Pirital, y continúa hasta la falla de Úrica. El corrimiento de esta falla es considerable (González de Juana *et al.*, 1980, Parnaud *et al.*, 1995).
- Falla de San Francisco: hacia el extremo oriental del corrimiento frontal, en el este se confunde con la falla de Pirital esta falla presenta un plano principalmente vertical hasta el campo Quiriquire donde se inclina y buza hacia el norte. (González de Juana *et al.*, 1980, Parnaud *et al.*, 1995). Según Parnaud *et al.* (1995) esta falla separa la Serranía del Interior Oriental, en el área de la evolución estructural diacrónica.

➤ Falla del Pilar: es una falla transcurrente dextral. Es una extensión oeste de la Falla San Sebastián, conecta con el frente de deformación de las Antillas Menores al este y con la Falla de Boconó en los Andes Venezolanos (Passalacqua, 1995). La falla se extiende desde la fosa de Cariaco unos 350 km (localizada al sur de la Isla la Tortuga) hasta el Golfo de Paria, aflorando una pequeña porción (aproximadamente 80 km), en el puente terrestre entre el Golfo de Cariaco y Paria estado Sucre (Audemard, 2004) esta falla ha sido subdividida por Beltrán *et al.* (1993) en cuatro secciones: (a) trazas submarinas al oeste de Cumaná que limita a la fosa de Cariaco que es una cuenca pull - apart y muere en Cumaná, (b) la segunda porción se extiende desde Cumaná hasta el cinturón Casanay – Guarapiche, (c) una sección de 30 km de largo que diverge ligeramente hacia el ENE y se extiende desde Casanay y El Pilar y (d) y la cuarta es una sección que se extiende desde este a oeste, pasando a través de las Sabanas de Venturini y pasa por una zona costa afuera de la Península de Paría, antes conectado y transfiriendo su movimiento NO – SE a las fallas Los Bajos y Soldados (figura 43) (Audemard, 2004). Se encuentra bien definida en superficie por depresiones morfológicas por los golfos Cariaco y Paria. La actividad presente en la falla es reflejada por la actividad termal (Audemard, 2004).

4.7 MODELO ESTRUCTURAL

La tectónica regional ha tenido una gran influencia en la génesis de las formas de esta Serranía, las cuales están representadas, en gran parte, por pliegues asimétricos, que se ajustan principalmente a las directrices longitudinales de la Serranía, dejando estos pliegues un aspecto general en el relieve de una sucesión continua y repetida de filas y depresiones que corresponden en muchos casos a la alternancia de sinclinales y anticlinales.

Con respecto a las fallas, pueden agruparse en tres sistemas: el Longitudinal, que se presenta paralelo o subparalelo al rumbo, el sistema oeste-noreste y un tercer sistema noreste. En el segundo destaca: la falla de San Francisco y la Falla de Urica.

En el aspecto geomorfológico, la serranía está caracterizada por la presencia de grandes bloques de rocas sedimentarias que fueron sometidas a un intenso tectonismo regional, a través de fuertes procesos endógenos y exógenos, conformando un conjunto estructural, con orientaciones generales de Este a Oeste en donde se han desarrollado fuertes pendientes, que dan lugar a un relieve sinuoso expresado también por la influencia del alto gradiente altitudinal. Este gran conjunto estructural presenta alternancia de pliegues de anticlinales, sinclinales, y fallas que han favorecido la formación de valles y depresiones intamontanas, los cuales han sido rellenados con depósitos fundamentalmente cuaternarios.

Esta serie de eventos de orden tectónico-estructural y depositacional dio lugar a los paisajes: montaña, piedemonte y valle.

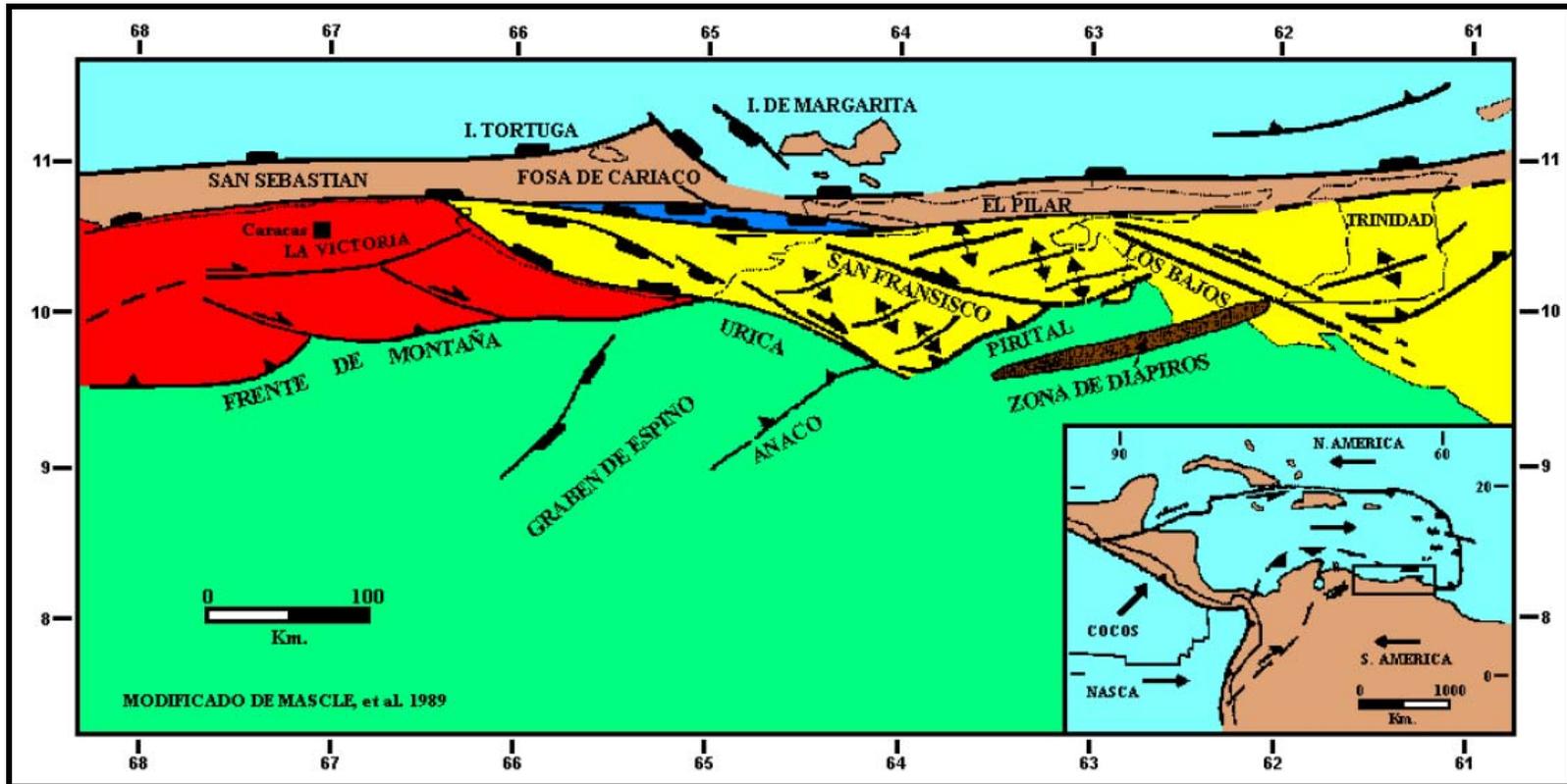


Figura 44 Mapa esquemático con ubicación de las fallas más importantes en la región oriental del país. Tomado de Blanco y Otros, 2000.

CAPÍTULO V

5. GEOLOGÍA DE SUPERFICIE Y GEOTECNIA

5.1 GENERALIDADES

En este capítulo se integra la información obtenida mediante análisis geomorfológicos, estructurales, petrográficos y geotécnicos; también se utiliza la información bibliográfica y aquella recolectada en campo, proveniente de los levantamientos de geología de superficie el cual abarcó un área de 677.47 ha aproximadamente. Esta información es básica para comprender el marco geológico local en detalle del sitio de estudio.

De acuerdo al estudio geológico realizado en la zona de Playa Colorada se definieron cuatro (04) unidades litoestratigráficas informales las cuales se identificaron como las Unidades I, II, III y IV, las cuales se definieron tomando en cuenta toda la información obtenida en el levantamiento geológico, donde se pudo observar diferentes variables como lo son contenido litológico, sedimentarios y estratigráficos. Se dedujo que las unidades son correspondiente a la Formación Barranquín donde la unidad I pertenece al Miembro Venados y el resto de las unidades II, III, y IV al Miembro Picuda. Las Unidades son nombradas a continuación:

- Depósitos aluviales recientes.
- Unidad I: Arenisca Cuarzosa Duras.
- Unidad II: Arenisca Friable.
- Unidad III: Secuencia Arenisca – Lutita.
- Unidad IV: Lutitas

Se pueden diferenciar tres horizontes principales, nombrados de base a tope como:

➤ Horizonte III. Roca Sana: 100% roca.

➤ Horizonte II. Roca meteorizada.

II-A. Roca parcialmente meteorizada: más del 90% el roca sólida.

II-B. Roca muy meteorizada: entre el 50-90% de roca sólida.

➤ Horizonte I. Suelo residual.

I-A. Saprolito: 0% de roca sólida.

I-B. Capa vegetal.



Figura 46 Diagrama descriptivo para el detalle del perfil de meteorización.

➤ El horizonte III es el más profundo, el cual no se observó en ninguna estación de muestreo, ya que las mismas interceptaron los sectores de los taludes expuestos más superficiales; han sido intensamente afectados por agente exodinámicos, sobre todo por los periódicos cambios de humedad y contaminación producto de las sustancias en suspensión proveniente de los gases emanados por vehículos automotores.

- El horizonte II, se subdivide en dos horizontes, el más profundo es considerado como reflejo de la meteorización de la roca, siendo el más superficial un horizonte de transición que yace sobre la roca motorizada, está constituido mayoritariamente por fragmentos más o menos alterados de la roca subyacente.
- El horizonte I, es el más superficial, compuesto por una cubierta vegetal en donde se desarrolla la vegetación, la cual no es muy espesa, y en algunos casos, esta se encuentra afectada por los procesos de disolución, que arrastran sus iones hacia horizontes más profundos.

El saprolito es el horizonte de acumulación, porque en él se produce el depósito de iones procedentes del lavado de la cobertura vegetal. Se caracteriza por la abundancia de componentes minerales producto de la meteorización de la roca parental como cuarzo, arcillas, sales precipitadas: carbonato cálcico e hidróxidos de hierro.

A continuación se describen las unidades vistas en campo:

5.3 SEDIMENTOS (DEPÓSITOS) CUATERNARIOS

Estos sedimentos (depósitos) están conformados por arena, grava y bloques de areniscas cuarzosas, areniscas friables mezcladas con limo, procedentes de la erosión de la unidad sedimentaria conocida con el nombre de Formación Barranquín, que aflora hacia el sur del área de estudio en toda la extensión de la colina que bordea Playa Colorada. Esta colina recibe el nombre de cerro El Zamuro. A través de las numerosas quebradas intermitentes que bajan del cerro se trasladan estos sedimentos en épocas de lluvia principalmente, por lo cual han sido caracterizados en este estudio como *sedimentos (depósitos) coluvionales y aluviales*. En la figura 47 se muestra el mapa geológico detallado del área de estudio.

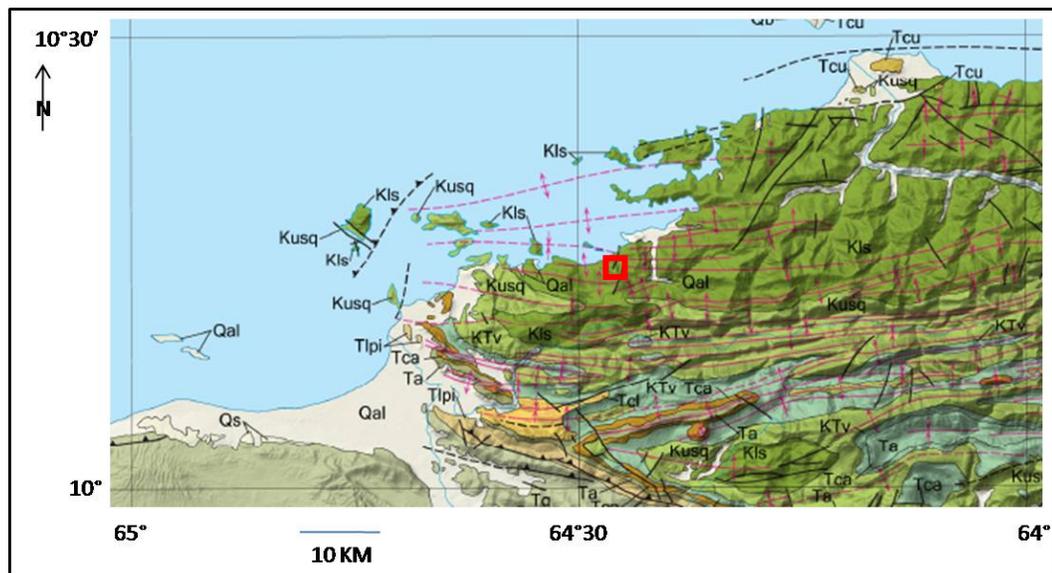


Figura 47 Mapa geológico de las zonas aledañas al área de estudio (recuadro rojo). Nótese la distribución de los sedimentos, en color gris claro en las cercanías de la zona costera, así como también la gran cantidad de fallas y plegamientos en la zona. La denominación Kls en el mapa es para identificar al Grupo Sucre (Mesozoico) al cual pertenece la formación Barranquín. Tomado y modificado de HACKLEY *et al.*, (2005).

5.3.1 Depósitos aluviales recientes

Descripción litológica:

Son depósitos detríticos compuestos por materiales heterométricos y heterogéneos, transportados y depositados por procesos de dinámica fluvial y se encuentran a lo largo de los cauces de los drenajes y en las partes bajas del fondo de los valles, distribuidos en toda la zona de estudio, donde afloran de manera discontinua.

Según la distribución espacial de los aluviones se puede hacer la distinción entre:

- Los aportes longitudinales, los cuales provienen directamente de los ejes de transporte o de alimentación principales, sea por ruptura de dique, por salida puntual del lecho fluvial o por desbordamiento generalizado.

➤ Los aportes laterales, los cuales corresponden a depósitos de origen local y de procedencia lateral, acumulados en franja intermedia que hace la transición entre las vertientes y el fondo de un valle.

Los aluviones están compuestos predominantemente por fragmentos subangulares a subredondeados envueltos en una matriz de grano fino a muy fino y se caracterizan por presentar un escogimiento caótico (ver figura 48).



Figura 48 Depósitos aluviales, Quebrada Hoyo Negro. Tomado del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2007.

Características geotécnicas: material granular, muy permeable, friccionante, no cohesivo, con una densidad relativa de medianamente densa a densa. En la tabla 27 se presentan algunas de las características físicas descritas por González de Vallejo (2002).

Tabla 28 Parámetros estimados a partir de las características físicas.

Clasific.SCU	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

Tomado de González de Vallejo (2002).

Los depósitos aluviales se pueden diferenciar por su condición topográfica y geomorfológica según los siguientes tipos:

5.3.2 Terrazas aluvionales

Al igual que los conos aluviales, las terrazas presentan una litología predominantemente conglomerática, observándose en ciertos casos un importante contenido de materia orgánica, compuesta principalmente por material leñoso arrastrado por eventos fluvio torrenciales. Las terrazas aluvionales se encuentran en zonas de topografía positiva y los espesores de las mismas varían desde metros hasta decenas de metros dependiendo de la localidad (ver figura 49).



Figura 49 La fotografía de la izquierda muestra los depósitos de sedimentos y material leñoso en el cauce de la quebrada Hoyo Negro y la fotografía de la derecha muestra la quebrada Las Rosas. Tomadas por el Ministerio Popular para el Ambiente, 2007.

Las terrazas aluvionales se encuentran a lo largo de toda el área de estudio, y aunque algunas de ellas tuvieron su origen en los eventos fluvio-torrenciales de septiembre de 2007.

Los sedimentos fluviales depositados a largo del fondo de un valle, pueden ser posteriormente disectadas, de modo que den lugar a superficies llanas o ligeradamente inclinadas, elevadas por encima del nivel de inundación actual. (Rice, 1983).

Cuando el basamento geológico rocoso aparece en el talud se habla de terraza aluvial escalonada. En cambio, cuando el talud está entallado en el material aluvial, se trata de una terraza aluvial encajada.

El escalonado o encajado de las terrazas permite fijar relativamente sus edades, siendo las más altas las más antiguas, mientras que las más recientes es la actual llanura aluvial.

La formación de las terrazas va ligada a la alternancia entre periodos de depositación y periodos de erosión; las terrazas son escalonadas cuando los periodos de erosión que suceden a los periodos de depositación son regularmente más importantes que estos.

Las terrazas son encajadas cuando la excavación que sucede al aluvionamiento es menos importante que éste, de manera que los cursos de agua no desmantelan la totalidad de los aluviones depositados anteriormente. (AUBOUIN, 1980).

5.3.3 Depósitos coluviales

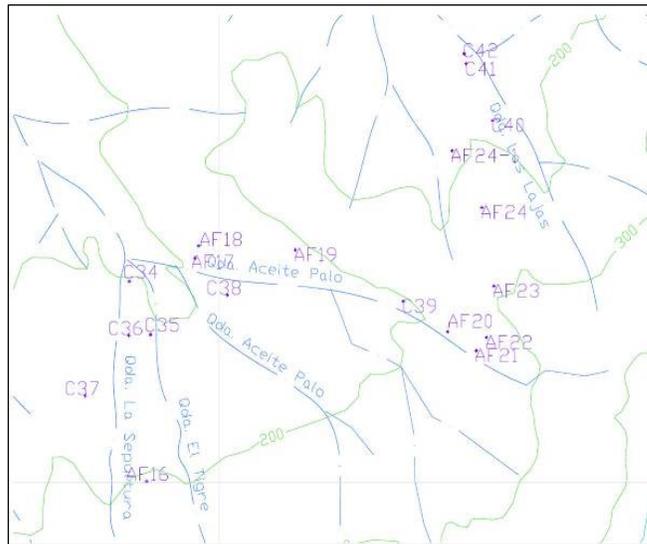
Son depósitos detríticos que se forman por la acumulación de materiales desplazados por gravedad a causa de la evolución natural de una vertiente, acumulándose en la parte intermedia y basal de las laderas y fondo de valles, observándose espesores variables, reducidos en relación a los observados en los depósitos aluviales.



Figura 50 Depósitos coluviales. Tomadas por el Ministerio Popular para el Ambiente, 2007.

5.4 UNIDADES INFORMALES

Unidad I: Areniscas Cuarzosas Duras



1

Descripción litológica general

Esta zona se caracteriza por presentar areniscas laminadas entre 1-4 cm en su parte basal y en el tope, una arenisca cuarzosa de grano medio a grueso con fragmentos de

cristales de cuarzo de 50 cm de espesor (figura 51, izquierda). El alto topográfico está controlado por la litología más dura (arenisca de color rojizo, figura 51, izquierda). Las laderas representan la litología más blanda (lutita o arenisca de grano fino, figura de la derecha). Esta secuencia es repetitiva en las laderas del flanco noroeste del cerro El Zamuro hacia el Sector Zurita. La dirección de estratificación es variable, en dos zonas específicas. En la primera, entre las cotas 100-200 msnm, la orientación de los estratos es NO 10°-25°S. En la segunda zona, entre la cota 200 y la zona de cresta del cerro El Zamuro, se observó una orientación promedio de los estratos, NE 55°N, como puede verse en la figura 51.



Figura 51 Fotografía de la izquierda muestra la arenisca de grano grueso N88°E. y la fotografía de la derecha muestra la expresión geomorfológica de los estratos entre las cotas 200-400 del cerro El Zamuro (Vista en campo).N25°E.

Descripción de Muestra de Mano y Secciones Finas:

Arenisca cuarzosa: Roca muy meteorizada de color ocre-rojizo, de color fresco gris blanco, tamaño de grano de medio a grueso (grano decreciente). Se observan huellas de cargas (Aflor 15), no reaccionan al contacto con el ácido clorhídrico.



Figura 52 Huellas de carga. Afloramiento 15. Arenisca cuarzosa (Vista en campo). N75°E.

Al microscopio se observa una textura moderadamente bien escogida, una redondez de subangular a subredondeada. Los componentes principales son: granos 68%, matriz 15% (de arcilla), cemento un 6% (sílice) y porosidad 11% (interpartícula e intrapartícula). De acuerdo a los recálculos del 100%, la roca se clasifica según Pettijohn et al, como Subarcosa.

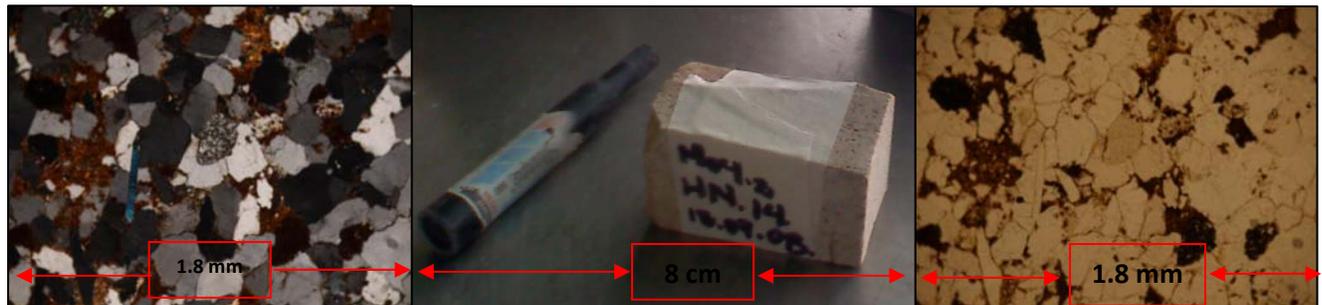


Figura 53 La fotografía de la izquierda muestra fotomicrografía en nicóles cruzados, presencia de cuarzos y matriz, la fotografía del centro muestra corte para el ensayo, muestra de mano, y la fotografía de la derecha muestra en nicóles paralelos, el cemento, objetivo 10X/0.25.

Descripción del Perfil de Meteorización:

El clima, la hidrografía y la topografía, se combinan para generar un perfil de meteorización, que en términos generales es de poco espesor, pudiéndose distinguir dos horizontes, los cuales se describen continuación:

Horizonte II: Roca meteorizada.

Dentro de este horizonte se ubican dos subhorizontes, éstos son:

➤ Roca parcialmente meteorizada: aquella cuya composición química y color han sido levemente alterados y son próximos a los de la roca original.

En líneas generales, poseen tonalidades claras gracias al contenido de cuarzo, las cuales, varían de acuerdo al predominio o no del mineral referido, de aquí que sus colores varían tonos grises hasta ocre. Es notoria la presencia de colores rojizos por efectos de la meteorización y erosión.

➤ Roca muy meteorizada: es aquella cuyas propiedades han sido muy alteradas, pueden haber cambios en la composición química, pérdida de rigidez, color y consistencia original.

Este horizonte se muestra muy cambiante, dependiendo del tipo litológico, el cual está influenciado por la composición mineralógica predominante. Sus colores varían de ocre a rojizos-negrusco, ver figura 54.



Figura 54 Perfil de meteorización del afloramiento 27. Intercalación de arenisca-lutita (Vista en campo). N45°E.

Unidad II: Arenisca Friable



Descripción litológica general

En esta zona se encontró arenisca friable, no se tomaron medidas planares, debido al tipo de material, muy deleznable.

Descripción de Muestra de Mano y Secciones Finas:

Arenisca Friable: Roca moderada de color marrón oscuro a ocre, de color fresco marrón claro, no reaccio al contacto del ácido clorhídrico.

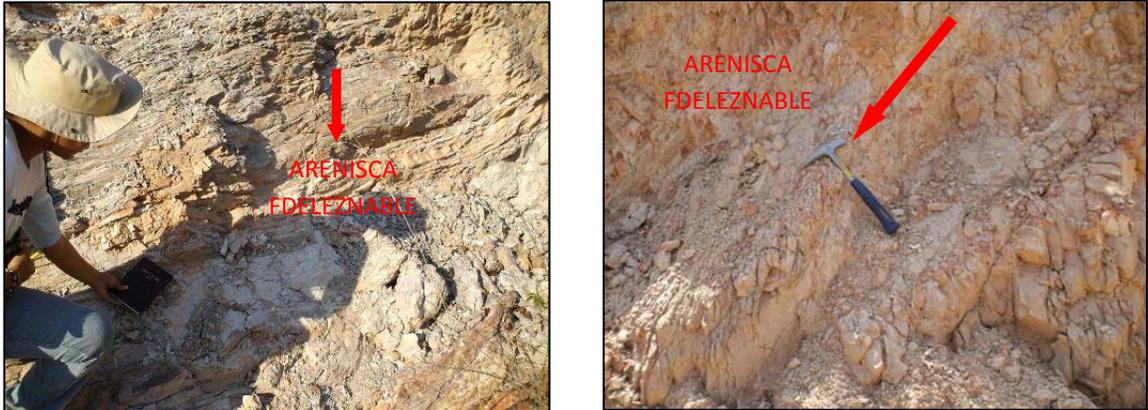
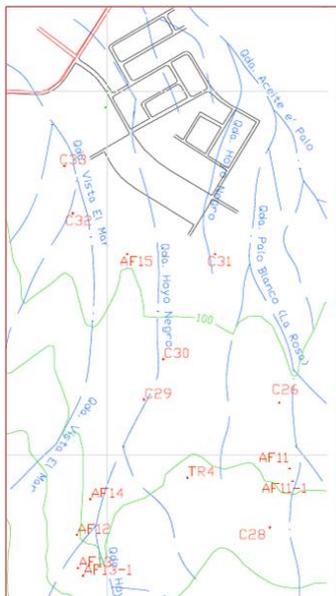


Figura 55 Arenisca friable deleznable (Vista en campo). N45°E

Unidad III: Secuencia Arenisca – Lutita

1



Descripción litológica general

Esta zona se caracteriza por grandes espesores de areniscas entre 1-10 m de espesor (ver figura 56), muy meteorizadas, con lentes de lutitas que gradan a areniscas de grano fino a medio, de base a tope, siendo el tope de éste una arenisca de grano medio a grueso. La litología más dura es dominada por el alto topográfico correspondiente con la ladera norte del cerro El Zamuro. Las laderas de esta estribación se encuentran formadas por la litología más blanda (lutita, ver figura 56). Se encontraron algunas fallas pequeñas durante el levantamiento, así como también algunos pliegues. Las direcciones de estratificación poseen direcciones muy variables identificándose tres (03) direcciones principales: NOO 50° - 85° N en la zona cercana a la línea de costa (AF 10, figura 56), NO 19° - 80° S a 35° N en la zona media y alta de la ladera norte de cerro El Zamuro (cotas 100-200 msnm aprox.; AF09 y AF01) y NE 20° N en la zona más al norte del mismo cerro (AF5).

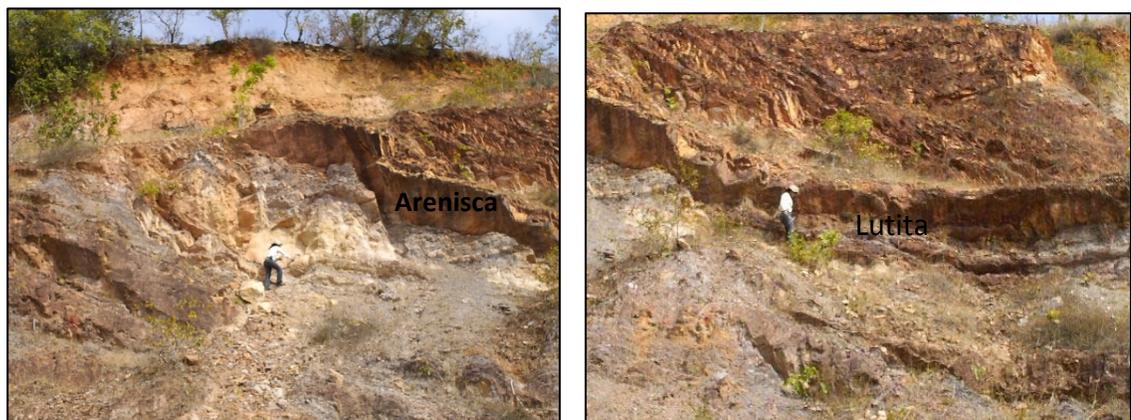


Figura 56 Afloramientos en quebradas Las Lajas-Carmen Rivas. Nótese el fallamiento en la figura izquierda y el contacto entre las areniscas y lutitas en la figura derecha (Vista en campo).N75°W.

Descripción de Muestra de Mano y Secciones Finas:

Secuencia de Arenisca – Lutita: Roca moderada a muy meteorizada con un color ocre a gris oscuro, color fresco gris claro a rojizo, se observan lentes de arena de espesor entre 2-5 cm, presencia de micas en la composición de la arena.

Al microscopio se observa una textura medianamente escogida, con una redondez de angular a subredondeada. Los componentes principales son: granos 58%, matriz 20% (predomina el óxido de hierro), cemento 8% (óxido de hierro), y porosidad 14% (interpartícula y por disolución). Contactos predominantes son longitudinales. De acuerdo a los recálculos del 100%, la roca se clasifica según Pettijohn et al, como Wuaca.

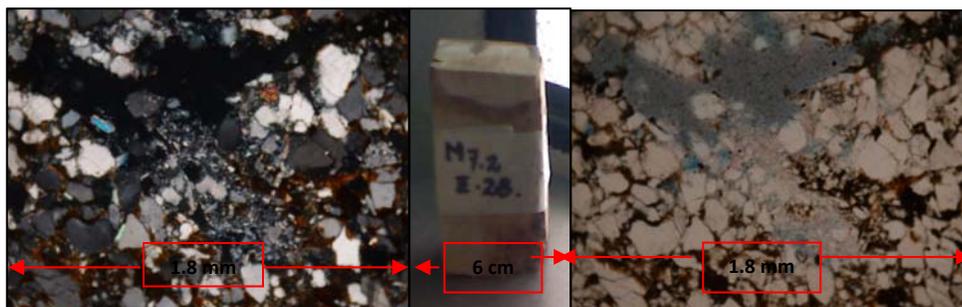


Figura 57 La fotografía de la izquierda muestra fotomicrografía en nicols cruzados, presencia de cuarzos y matriz de óxido de hierro, la fotografía del centro muestra corte para el ensayo, muestra de mano, y la fotografía de la derecha muestra en nicols paralelos, el cemento de óxido de hierro, objetivo 10X/0.25.

Descripción del Perfil de Meteorización:

El detalle del perfil de meteorización en esta unidad, se caracteriza por los horizontes a continuación:

Horizonte II: Roca meteorizada

Como se mencionó en el horizonte anterior todas las rocas aflorantes están meteorizadas, en base a esto se han discriminado dos horizontes de rocas meteorizadas según la afectación del factor de meteorización.

Atendiendo esto, se tiene un subhorizonte parcialmente meteorizada y roca muy meteorizada, en base a su composición, color y consistencia original. Ver figura 59.

➤ Roca parcialmente meteorizada: Constituido de rocas compactas masivas, con medidas planares bien desarrolladas, en líneas generales constituidos por silicatos como cuarzo, feldespato y micas.

A nivel general, poseen tonalidades que varían de acuerdo a la influencia de los minerales referidos.

➤ Roca muy meteorizada: al igual que la unidad anterior, este horizonte varía según la influencia mineralógica y el tipo litológico presente. Sus tonalidades van desde colores amarillentos hasta rojizos, debido al alto contenido de óxidos ferrosos.



Figura 58 Secuencia de arenisca – lutita, muy meteorizada. Afloramiento 29. Sector Zurita. (Vista en campo) N7°W.

Unidad IV: Lutita

Descripción litológica general

En esta unidad se encontró lutita estratificada, no se tomaron medidas planares debido al material muy blando.

Descripción de Muestra de Mano y Secciones Finas:

Lutita: Roca moderadamente meteorizada de color marrón oscuro a negro, de color fresco gris claro, no reacciona al contacto del ácido clorhídrico. Ver figura 59.



Figura 59 Lutita laminada (Vista en campo). N70°W.

5.5 GEOTECNIA

5.5.1 Gemecánica

Para la caracterización de macizos rocosos fue necesario tomar mediciones en campo según lo establecido por las clasificaciones empleadas y además una toma de muestras frescas de forma continua a lo largo de los macizos estudiados, las cuales fueron ensayadas en laboratorio. Los valores de Hooke (2000) fueron calculados a través del programa Roclab, obteniendo los resultados resumidos en las siguientes tablas:

Los ensayos correspondientes a las muestras recolectadas se presentan a continuación:

Tabla 29 Resultados de los parámetros geomecánicos por unidad de afloramientos.

➤ Unidad I: Arenisca Cuarzosa

PARÁMETROS GEOMECÁNICOS			TRUSMAN (2000)		BIENIASWKI (1989)	BARTON (2000)	HOOKE (2000)				BIENIASWKI (1989)
IDENTIFICACIÓN			GSI		RMR	Q	C (MPa)	Φ (°)	σ_{cm} (Mpa)	E (Mpa)	CLASE
PARADA	NORTE	ESTE	MIN	MAX							
AF4	1134719	342846	-	-	-	-	1.391	64.63	22.472	8467.91	-
AF13	1132759	340949	40	50	33.16	0.30	0.188	66.57	10.276	22212.69	IV
AF15	1133622	341084	40	50	39.4	0.6	0.126	66.64	8.816	1614.08	IV
AF16	1133073	341879	45	55	43.59	0.918	0.076	65.98	4.110	1206.92	III
AF17	1133497	341379	45	55	40.46	0.675	0.181	67.22	10.276	2212.69	IV
AF21	1133321	342562	45	50	40.46	0.675	0.067	63.51	3.751	731.35	IV
AF24	1133594	342574	40	50	43.22	0.918	0.129	66	8.816	1614.08	III
AF25	1134209	342245	40	50	40.46	0.675	0.129	66	8.816	1614.08	IV
Promedio			42.1428571	51.4285714	40.1071429	0.680	0.286	65.819	9.667	4959.225	III - IV

➤ Unidad III: Secuencia de arenisca - lutita

PARÁMETROS GEOMECÁNICOS			TRUSMAN (2000)		BIENIASWKI (1989)	BARTON (2000)	HOOKE (2000)				BIENIASWKI (1989)
IDENTIFICACIÓN			GSI		RMR	Q	C (MPa)	Φ (°)	σ_{cm} (Mpa)	E (Mpa)	CLASE
PARADA	NORTE	ESTE	MIN	MAX							
AF10	1134449	341290	40	50	42	0.176	0.093	56.370	3.596	547.810	III
AF11	1133033	341526	40	50	39.4	0.6	0.074	60.750	3.596	547.810	IV
AF18	1133521	341987	40	50	49.47	1.83	0.074	60.650	3.596	547.810	III
AF19	1133513	342187	35	40	39.4	1	0.044	59.550	2.823	355.750	IV
AF26	1132142	342017	35	45	43	0.863	0.066	55.970	3.066	407.610	III
AF27	1132163	342295	30	40	42.66	0.8625	0.052	53.9	2.593	313.59	III
AF28	1131989	341733	35	45	46.7	1.35	0.061	57.08	3.066	407.61	III
AF29	1132308	341429	35	45	49.47	1.83	0.061	57.08	6.680	1859.81	III
Promedios			36.25	45.625	43.97	1.013875	0.065625	57.66875	3.627	623.475	III - IV

En vista de la falta de recurso, no se pudo realizar el ensayo de corte directo, por lo

tanto se tomó del González de Vallejo (2002) el valor teórico del ángulo de fricción.

Para la unidad I (arenisca cuarzosa) se tomó un promedio de 35° y para la unidad III (secuencia de arenisca – lutita) se tomó el valor de 30°.

En la unidad I (arenisca cuarzosa) se caracteriza por presentar RMR de calidad media, por ende es un sector estable para la zona de estudio. Por otro lado en la unidad III (secuencia de arenisca – lutita) la calidad del macizo es menos estable, la diferencia la marca la meteorización, esta varía de alta a leve.

ENSAYOS

En la siguiente tabla se aprecian los valores del Rock Quality Designation (RQD), calculado en función del espaciamiento de las familias de diaclasas que afectaron al macizo.

Tabla 30 Valores estimados de RQD para la unidad I: Areniscas Cuarzosas (UAQ)

IDENTIFICACIÓN		INVERSO DEL ESPACIADO			J _v	RQD (%)
PARADA	FAM. DIACLASAS	F1	F2	F3		
AF4	3	0	0	0	0	0
AF13	3	2	6	2	24	8
AF15	2	5	3	0	8	89
AF16	2	5	4	0	20	8
AF17	2	6	4	0	24	8
AF21	2	6	4	0	24	8
AF24	2	5	4	0	20	8
AF25	2	6	4	0	24	8

Tabla 31 Valores estimados de RQD para la unidad III: Secuencia de arenisca – lutita (UAL)

IDENTIFICACIÓN		INVERSO DEL ESPACIADO			Jv	RQD (%)
PARADA	FAM. DIACLASAS	F1	F2	F3		
AF10	2	8	4	0	32	13
AF11	3	2	8	3	24	8
AF18	2	4	5	0	20	8
AF19	2	6	5	0	30	3
AF26	3	2	7	2	28	3
AF27	2	4	7	0	28	3
AF28	2	6	4	0	24	8
AF29	2	4	5	0	20	8

Ensayo del Martillo de Schmidt o Esclerómetro

Tabla 32 Resistencia a la compresión simple tomadas en superficie con el esclerómetro

MUESTRA	AFLORAMIENTO / UNIDAD	PESO UNITARIO(kN/m ³)	RESIS. DEL MARTILLO	RESISTENCIA (MPa)	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA
M09	CR10. UNID III	23.884	37	60	ARENISCA
M05	CR02. UNID I	28.082	16	26	ARENISCA CUARZOSA
M7.2	Z28. UNID III	23.956	21	25	ARENISCA
M4.2	H14. UNID I	21.217	21	24	ARENISCA CONG
M06	Z27. UNID III	30.609	17	28	ARENISCA
M01	PB11. UNID III	24.576342	18	29	ARENISCA
M02	PB11. UNID III	20.133	21	23	ARENISCA
AR	Z29. UNID III	32.080	12	21	ARENISCA FRIABLE

Los datos resultantes del ensayo fueron tomados todos con la dirección perpendicular.

Según la tabla 7 del capítulo 3 de éste trabajo, que muestra la clasificación de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo, los resultados obtenidos con el martillo de Schmidt en superficie nos muestra para el litotipo de AQ que estamos ante una roca resistente (clase R4), con una resistencia a la compresión simple promedio de 50 MPa; mientras que para el litotipo AL se trata de una roca moderadamente dura (clase R3), con una resistencia promedio de 31 MPa, es decir, menos dura que el litotipo anterior, como se esperaba debido al tipo de litología presente.

ENSAYOS DE LABORATORIO

➤ Peso Unitario

Tabla 33 Peso unitario de muestras tomadas en la superficie

MUESTRA	AFLORAMIENTO / UNIDAD	MEDIDAS			VOLUMEN (cm ³)	MASA (g)	PESO UNITARIO(kN/m ³)	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA
		H(cm)	L1(cm)	L2(cm)				
M09	CR10. UNID III	8	4.5	4	144	350.7	23.884	ARENISCA
M05	CR02. UNID I	12	6	6	432	1237	28.082	ARENISCA CUARZOSA
M7.2	Z28. UNID III	12	6.5	6	468	1143.2	23.956	ARENISCA
M4.2	H14. UNID I	8	5	5	200	432.7	21.217	ARENISCA CONG
M06	Z27. UNID III	10	5.5	5	275	858.3	30.609	ARENISCA
M01	PB11. UNID III	10	5	5	250	626.5	24.576342	ARENISCA
M02	PB11. UNID III	12.5	6.5	6	487.5	1000.8	20.133	ARENISCA
AR	Z29. UNID III	10	5	4.5	225	736	32.080	ARENISCA FRIABLE

El peso obtenido en campo dio un promedio de 25.567kN/m³.

➤ Compresión simple

Tabla 34 Resistencia a la compresión simple por el ensayo uniaxial de muestras tomadas de la superficie

MUESTRA	AFLORAMIENTO / UNIDAD	MEDIDAS			ÁREA(cm ²)	CARGA(Kg)	l/d	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA (Mpa)	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA
		H(cm)	L1(cm)	L2(cm)							
M09	CR10. UNID III	8	4.5	4	18	1081	1.882	0.990	59.479	5.833	ARENISCA
M05	CR02. UNID I	12	6	6	36	9670	2	1	268.611	26.342	ARENISCA CUARZOSA
M7.2	Z28. UNID III	12	6.5	6	39	7160	1.92	0.994	182.415	17.889	ARENISCA
M4.2	H14. UNID I	8	5	5	25	9690	1.6	0.968	375.197	36.794	ARENISCA CONG
M06	Z27. UNID III	10	5.5	5	27.5	1680	1.905	0.992	60.602	5.943	ARENISCA
M01	PB11. UNID III	10	5	5	25	1846	2	1	738.4	7.241	ARENISCA
M02	PB11. UNID III	12.5	6.5	6	39	1890	2	1	484.615	4.752	ARENISCA
AR	Z29. UNID III	10	5	4.5	22.5	32	2.105	1	1.422	0.139	ARENISCA FRIABLE

Los datos obtenidos en estos ensayos son coherentes con los ensayos obtenidos en campo y con los resultados obtenidos del roclab, en general se trata de una roca resistente.

5.6 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

5.6.1 Plano de estratificación

Los planos en su mayoría son horizontales o con ángulo de buzamiento muy bajo, hecho que se ve reflejado en el diagrama de concentración de polos, por esta razón el diagrama de roseta no mostró ninguna orientación preferencial.

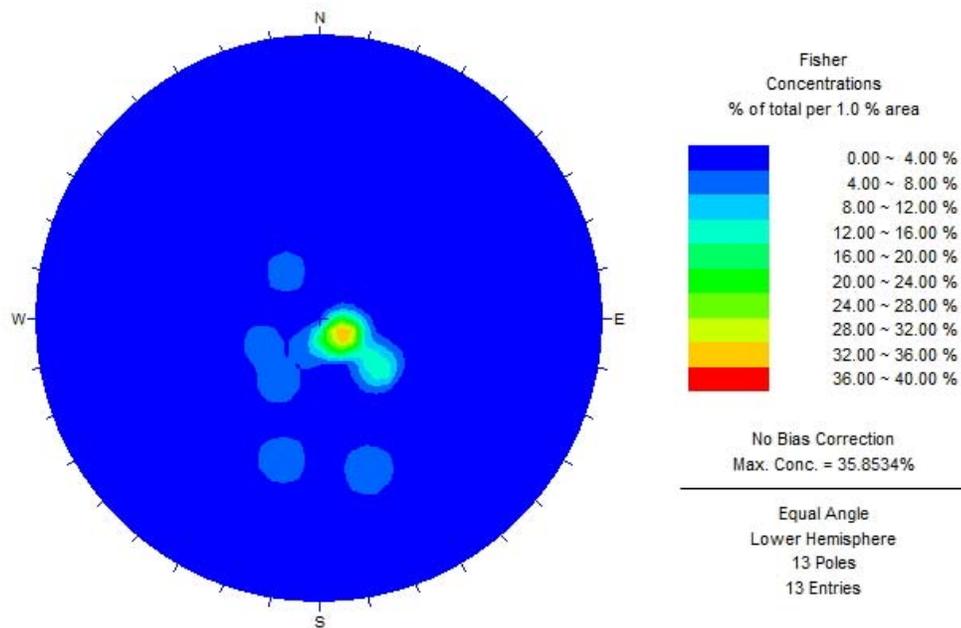


Figura 60 Diagrama que muestra la concentración de polos en los polos de los planos de estratificación.

5.6.2 Diaclasas

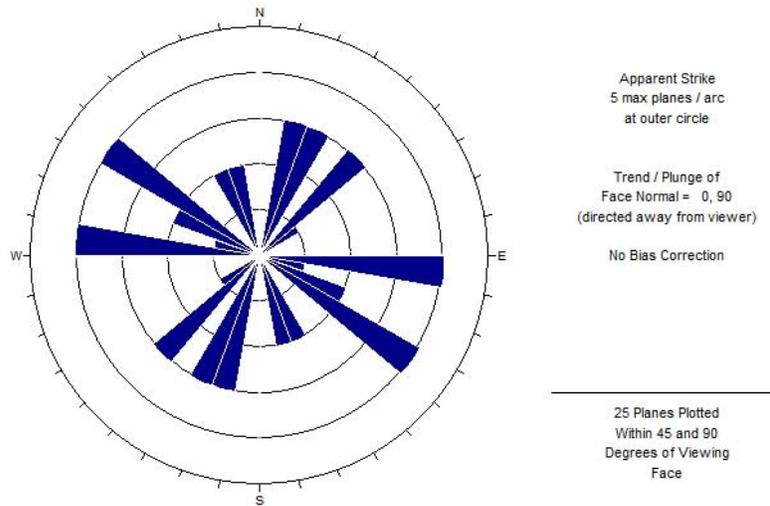


Figura 61 Diagrama que muestra la orientación preferencial de los planos de las familias de diaclasas en las unidades afloradas con rumbos dominantes N 50-80° W, N 10-30° E y N 20° W.

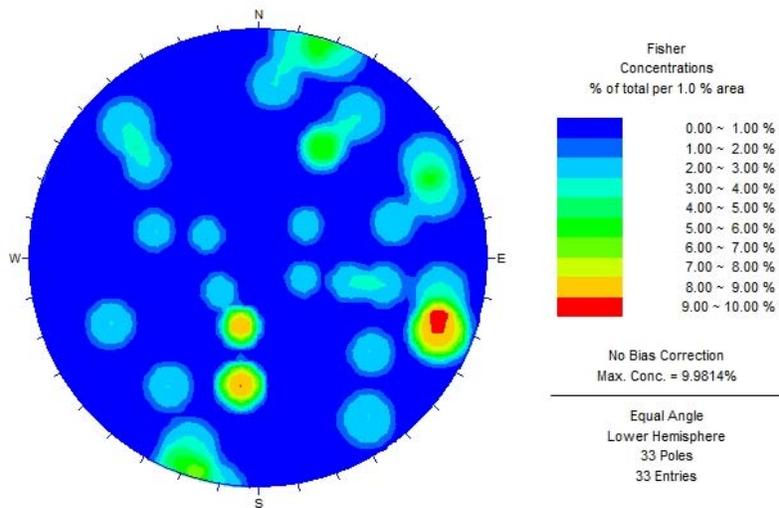


Figura 62 Diagrama que muestra la concentración de polos de los planos de las familias de en las unidades aflorada

CAPÍTULO VI

6. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

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.

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 tabla 34, muestra los resultados de los factores condicionantes empleados para el estudio de susceptibilidad y sus unidades en la zona de estudio.

- Factor pendiente
- Factor vegetación
- Litológico y
- Factor cinemática.

Las tablas del 35 hasta 65 describen el estudio para cada talud y propiedades inherentes de la zona.

Por otra parte las tablas 32 y 33 son los resultados obtenidos con el apoyo de laboratorio de Oficina Técnica de Ing. José V Heredia y Asociados C.A. Se determinaron los siguientes ensayos.

- Peso unitario y
- Compresión simple.

Una vez aplicada la metodología explicada anteriormente, se generaron los mapas temáticos de pendientes, litología, vegetación, cinemática y el de susceptibilidad a movimientos de masa. 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.

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.

➤ Los depósitos aluviales recientes: Este comprende arenas limosas, con presencia de limo arenoso. Material granular, muy permeable, friccionante, no cohesivo, con una densidad relativa de medianamente densa a densa.

Esa mezcla heterogénea de materiales no consolidados, con una relevante fracción fina, ante la presencia del agua es capaz de reaccionar a través de procesos de inestabilidad en las laderas soportadas por los mismos.

➤ Unidad de Arenisca Cuarzosa (UAQ): Representa la roca con mayor estabilidad, dentro de la zona de estudio ya que los procesos de remoción de masa están asociados con desprendimiento de roca y caída de bloque.

Su proceso de estabilidad está influenciado por la relación existente del factor litológico con los factores pendiente, vegetación y cinemática. En cuanto a la roca se puede hallar valores de R4 (500-1000 kg/cm²) para una roca dura.

En los relieves que se encontraban más expuestos a los factores climáticos, en su mayoría, presentaban una densa cobertura vegetal (V3, V4 y V5), la estabilidad para estas pendientes (33°-45°) es efectiva cuando la cobertura vegetal es densa.

En general, la estabilidad de esta unidad está ligada y controlada por los factores pendiente-vegetación.

- Unidad de Secuencia de Arenisca–Lutita: Este tipo de litología tiene un comportamiento complejo, ya que se intercala frecuentemente con niveles de lutitas, más competentes y cuando la componente cuarzo asume un rol preponderante con respecto a la lutita se comporta de manera estable. En cuanto a la roca se pueden hallar valores de R3 (250-500kg/cm²), la cual representa una resistencia media.

Los movimientos de masa más comunes detectados son de tipo rotacional y de traslación, caída de rocas, flujo de suelos, flujo de detritos y flujo de rocas, mientras que la erosión hídrica se vincula a la erosión en surcos y en cárcavas.

La densidad de la cobertura vegetal V1 y V2, no ofrece protección al suelo ya que ejerce un efecto negativo en la zona pues facilita el lavado de los materiales finos y la exposición a los factores detonantes.

- Unidad de Lutita y Arenisca Friable: representa la roca con mayor inestabilidad dentro de la zona de estudio. La vegetación V-1 ejerce un efecto negativo en la zona pues facilita el lavado de los materiales finos y la exposición a los factores detonantes.

Resultados porcentuales obtenidos en el análisis de susceptibilidad

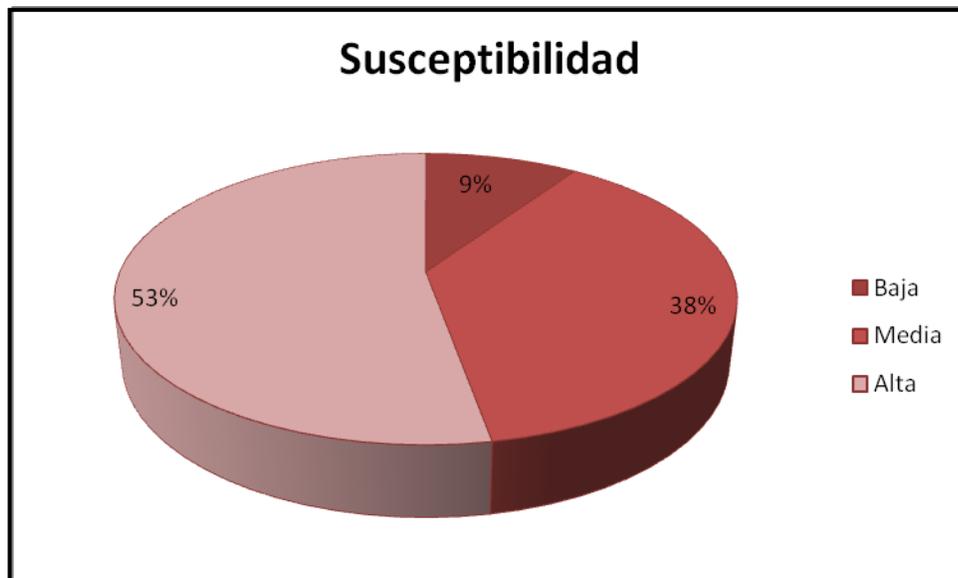


Figura 63 : Susceptibilidad total de la zona de estudio

Tabla 35 Factores condicionantes empleados para el estudio de la susceptibilidad

Representación esquemática de las estaciones de trabajo con los estados de susceptibilidad								
Afloramiento	Coordenadas		Unidad Informal y Tipo de Roca	Datos Ponderador				Susceptibilidad
	Norte	Este		Pendiente	Factor Litológico	Vegetación	Cinemática	
AF13	1132759	340949	UAQ	15	14	10	15	54
AF15	1133622	341084	UAQ	15	14	20	15	64
AF16	1133073	341879	UAQ	15	14	10	25	64
AF17	1133497	341379	UAQ	13	14	10	25	62
AF21	1133321	342562	UAQ	15	35	0	15	65
AF24	1133594	342574	UAQ	13	14	10	25	62
AF25	1134209	342245	UAQ	13	35	10	15	73
AF10	1134449	341290	UAL	20	14	15	10	59
AF11	1133033	341526	UAL	15	14	20	15	64
AF18	1133521	341987	UAL	20	7	15	25	67
AF19	1133513	342187	UAL	20	14	10	25	69
AF26	1132142	342017	UAL	10	14	15	10	49
AF27	1132163	342295	UAL	10	14	15	0	39
AF28	1131989	341733	UAL	10	7	10	0	27
AF29	1132308	341429	UAL	10	7	10	0	27

Tabla 36 Afloramiento # 1 (AF 1)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CROQUIS GRÁFICO - NOTAS

CLASIFICACION GEOMECANICA
(DATOS DE CAMPO)

PROYECTO: Playa Colorada, Zona 1. Qdas. Las Lajas-Carm en Rivas

OPERADOR: Yanelvy Romero

FECHA: 13/03/2008

DATOS AFLORAMIENTO

UBICACION: **AF1** N 1,134,403
(CANOA) E 342,176

TIPO DE ROCA: Arenisc.

ESTRAT: N16W33N

CF: ocre-marron claro

CM: ocre oscuro

METEORIZACION: moderac

DIACLASAS: SI NO OBS: las

FALLAS: SI NO OBS:

MATRIZ

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA			
Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-
Ib	F	DEBIL. DECOLORACION EN JUNTAS PIRLES	-
II	SV	LIGERAMENTE ALTERADA	<10%
III	MV	BASTANTE ALTERADA	10-50
IV	HW	MUY ALTERADA	50-90
V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90
VI	RS	ROCA DESCOMPLESTA	100

AGUA

COND. GENERALES - r _u	
COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/> r _u =0
HÚMEDO	<input type="checkbox"/> 0-0,1
MOJADO	<input type="checkbox"/> 0,1-0,2
GOTEO	<input type="checkbox"/> 0,2-0,5
FLUYENDO	<input type="checkbox"/> 0,5-1
AGUA A PRESIÓN	<input type="checkbox"/> r _u >1
RAZÓN DE PRESIÓN INTERSTICIALES	r _u /r _z
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

RED DE DISCONTINUIDADES

DESCRIPCION MACIZO	
MASIVO	ROCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIVOLUMINALES
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES

DIACLASADO	
Ia	MASIVO, SIN JUNTAS ESCISMATALES
Ib	MASIVO, CON JUNTAS ESCISMATALES
II	UNA FAMILIA
III	UNA FAMILIA Y ESCISMATALES
IV	DOS FAMILIAS
V	DOS FAMILIAS Y ESCISMATALES
VI	TRES FAMILIAS
VII	TRES FAMILIAS Y ESCISMATALES
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS
IX	REDA TRITURADA, SERRA
	NO SE OBSERVO

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES

DISCONTINUIDAD	NÚMERO Y NOMBRE	ESPACIAMIENTO					CERRAMIENTO					ABERTURA					RUGOSIDAD					RELLENO	
		>1m	0,5m-1m	10cm-50cm	5cm-10cm	<5cm	4m	50m	3-10m	10-50m	3m-10cm	0	<0,1mm	0,1-1mm	1-5mm	>5mm	ESCALONADA	ONDULADA	PLANA	COMPACTO	NO COMPACTO		
D1	N15E70N																						
D2	N70W70N																						
D3	N10W34E																						
D4	N15W5N																						

OBSERVACIONES GENERALES



Tamaño de grano grueso a conglomerático. La dep entre grava y arena.
No reacciona al ácido. Cubierto en el tope.

Tabla 39 Afloramiento # 4 (AF 04)

		CLASIFICACION GEOMECANICA																																					
		(DATOS DE CAMPO)																																					
CROQUIS GRÁFICO-NOTAS		PROYECTO: Playa Colorada, Zona 1, Qdas. Las Lajas-Carmen Rivas																																					
		OPERADOR: Yanelvy Romero																																					
		FECHA: 13/03/2008																																					
		DATOS AFLORAMIENTO																																					
MATRIZ		UBICACIÓN: AF04 N 1,134,719																																					
		(CANOA) E 342,846																																					
		TIPO DE ROCA: Arenisca (canto rodado)																																					
		ESTRAT: -																																					
		CF: marron claro																																					
		CM: gris a marron																																					
AGUA		METEORIZACION: leve																																					
		DIACLASAS: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> OBS:																																					
RED DE DISCONTINUIDADES		FALLAS: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:																																					
		ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA																																					
AGUA		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Ia</td> <td>F</td> <td>ROCA SANA O FRESCA</td> <td>-</td> <td></td> <td rowspan="6" style="font-size: small;">OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:</td> </tr> <tr> <td>Ib</td> <td></td> <td>DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS GRAVES</td> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>SW</td> <td>LIGERAMENTE ALTERADA</td> <td><10%</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>MW</td> <td>BASTANTE ALTERADA</td> <td>10-50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>HW</td> <td>MUY ALTERADA</td> <td>50-90</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>CS</td> <td>COMPLETAMENTE ALTERADA</td> <td>>90</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>RS</td> <td>ROCA DESCOMPUESTA</td> <td>100</td> <td></td> </tr> </table>		Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-		OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:	Ib		DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS GRAVES	-		II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA	<10%	<input checked="" type="checkbox"/>	III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50		IV	HW	MUY ALTERADA	50-90		V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90		VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100	
		Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-		OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:																																
		Ib		DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS GRAVES	-																																		
		II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA	<10%	<input checked="" type="checkbox"/>																																	
		III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50																																		
		IV	HW	MUY ALTERADA	50-90																																		
V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90																																				
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100																																				
COND.GENERALES- r_u		FLUJO EN EXCAVACIONES																																					
				DESCRIPCION MACIZO																																			
AGUA		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>COMPLETAMENTE SECO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>r_u=0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>HÚMEDO</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>0-0.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MOJADO</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>0.1-0.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GOTEADO</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>0.2-0.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FLUYENDO</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>r_u>0.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AGUA A PRESIÓN</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>r_u>0.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>RAZÓN DE PRESIÓN INTERSTICIALES</td> <td>r_u/r_v</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESTACIONALIDAD</td> <td>SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/>	r _u =0		HÚMEDO	<input type="checkbox"/>	0-0.1		MOJADO	<input type="checkbox"/>	0.1-0.2		GOTEADO	<input type="checkbox"/>	0.2-0.5		FLUYENDO	<input type="checkbox"/>	r _u >0.5		AGUA A PRESIÓN	<input type="checkbox"/>	r _u >0.5		RAZÓN DE PRESIÓN INTERSTICIALES	r _u /r _v			ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>						
		COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/>	r _u =0																																			
HÚMEDO	<input type="checkbox"/>	0-0.1																																					
MOJADO	<input type="checkbox"/>	0.1-0.2																																					
GOTEADO	<input type="checkbox"/>	0.2-0.5																																					
FLUYENDO	<input type="checkbox"/>	r _u >0.5																																					
AGUA A PRESIÓN	<input type="checkbox"/>	r _u >0.5																																					
RAZÓN DE PRESIÓN INTERSTICIALES	r _u /r _v																																						
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>																																						
AGUA		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>SECO O FILTRACIONES LOCALES</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MULT. MEDIAS O AGUA A PRESIÓN LAVADO RELATIVO</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>1-2.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO CON JUNTAS SIN</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>2.5-10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO DE PULV.</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EXCEPCIONAL ALTA TEGUALACIONES EN TIEMPO</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EXCEPCIONAL ALTA TEGUALACIONES</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PRESIÓN DE AGUA APROX. (Kg/cm²)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESTACIONALIDAD</td> <td>SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		SECO O FILTRACIONES LOCALES	<input checked="" type="checkbox"/>	<1		MULT. MEDIAS O AGUA A PRESIÓN LAVADO RELATIVO	<input type="checkbox"/>	1-2.5		GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO CON JUNTAS SIN	<input type="checkbox"/>	2.5-10		GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO DE PULV.	<input type="checkbox"/>	>10		EXCEPCIONAL ALTA TEGUALACIONES EN TIEMPO	<input type="checkbox"/>	>10		EXCEPCIONAL ALTA TEGUALACIONES	<input type="checkbox"/>	>10		PRESIÓN DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)				ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>						
		SECO O FILTRACIONES LOCALES	<input checked="" type="checkbox"/>	<1																																			
MULT. MEDIAS O AGUA A PRESIÓN LAVADO RELATIVO	<input type="checkbox"/>	1-2.5																																					
GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO CON JUNTAS SIN	<input type="checkbox"/>	2.5-10																																					
GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO DE PULV.	<input type="checkbox"/>	>10																																					
EXCEPCIONAL ALTA TEGUALACIONES EN TIEMPO	<input type="checkbox"/>	>10																																					
EXCEPCIONAL ALTA TEGUALACIONES	<input type="checkbox"/>	>10																																					
PRESIÓN DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)																																							
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>																																						
AGUA		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Ia</td> <td>UNIFORME SIN JUNTAS DISCONTINUALES</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ib</td> <td>UNIFORME, CON JUNTAS DISCONTINUALES</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>UNA FAMILIA</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>UNA FAMILIA Y DISCONTINUALES</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>DES FAMILIAS</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>DES FAMILIAS Y DISCONTINUALES</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>TRES FAMILIAS</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>VII</td> <td>TRES FAMILIAS Y DISCONTINUALES</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>VIII</td> <td>CUATRO O MÁS FAMILIAS</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>IX</td> <td>ROCA TRITURADA, QUEBRO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>NO SE OBSERVÓ</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		Ia	UNIFORME SIN JUNTAS DISCONTINUALES	<input type="checkbox"/>	Ib	UNIFORME, CON JUNTAS DISCONTINUALES	<input checked="" type="checkbox"/>	II	UNA FAMILIA	<input type="checkbox"/>	III	UNA FAMILIA Y DISCONTINUALES	<input type="checkbox"/>	IV	DES FAMILIAS	<input type="checkbox"/>	V	DES FAMILIAS Y DISCONTINUALES	<input type="checkbox"/>	VI	TRES FAMILIAS	<input checked="" type="checkbox"/>	VII	TRES FAMILIAS Y DISCONTINUALES	<input type="checkbox"/>	VIII	CUATRO O MÁS FAMILIAS	<input type="checkbox"/>	IX	ROCA TRITURADA, QUEBRO	<input type="checkbox"/>		NO SE OBSERVÓ	<input type="checkbox"/>			
		Ia	UNIFORME SIN JUNTAS DISCONTINUALES	<input type="checkbox"/>																																			
Ib	UNIFORME, CON JUNTAS DISCONTINUALES	<input checked="" type="checkbox"/>																																					
II	UNA FAMILIA	<input type="checkbox"/>																																					
III	UNA FAMILIA Y DISCONTINUALES	<input type="checkbox"/>																																					
IV	DES FAMILIAS	<input type="checkbox"/>																																					
V	DES FAMILIAS Y DISCONTINUALES	<input type="checkbox"/>																																					
VI	TRES FAMILIAS	<input checked="" type="checkbox"/>																																					
VII	TRES FAMILIAS Y DISCONTINUALES	<input type="checkbox"/>																																					
VIII	CUATRO O MÁS FAMILIAS	<input type="checkbox"/>																																					
IX	ROCA TRITURADA, QUEBRO	<input type="checkbox"/>																																					
	NO SE OBSERVÓ	<input type="checkbox"/>																																					
AGUA		DIACLASADO																																					
		OBSERVACIONES GENERALES																																					
AGUA		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="width: 30%; text-align: center; vertical-align: middle;">IMAGEN</td> <td colspan="3">ARENISCA DE GRANO GRUESO A CONGLOMERATICA CON FRAGMENTOS DE CUARZO SE OBSERVA ESTRATIFICACION CRUZADA</td> </tr> <tr> <td colspan="3">LA DESCRIPCION CORRESPONDE CON UN CANTO DE GRAN TAMAÑO, PERTENECIENTE A LA LADERA SUR DEL CERRO LAS LAJAS, DENTRO DE LA QUEBRADA DEL MISMO NOMBRE GRACIAS A ELLO, NO SE TOMARON MEDIDAS PLANARES.</td> </tr> <tr> <td colspan="3">LA ROCA NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO.</td> </tr> <tr> <td colspan="3"> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> </td> </tr> </table>		IMAGEN	ARENISCA DE GRANO GRUESO A CONGLOMERATICA CON FRAGMENTOS DE CUARZO SE OBSERVA ESTRATIFICACION CRUZADA			LA DESCRIPCION CORRESPONDE CON UN CANTO DE GRAN TAMAÑO, PERTENECIENTE A LA LADERA SUR DEL CERRO LAS LAJAS, DENTRO DE LA QUEBRADA DEL MISMO NOMBRE GRACIAS A ELLO, NO SE TOMARON MEDIDAS PLANARES.			LA ROCA NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO.																												
		IMAGEN	ARENISCA DE GRANO GRUESO A CONGLOMERATICA CON FRAGMENTOS DE CUARZO SE OBSERVA ESTRATIFICACION CRUZADA																																				
LA DESCRIPCION CORRESPONDE CON UN CANTO DE GRAN TAMAÑO, PERTENECIENTE A LA LADERA SUR DEL CERRO LAS LAJAS, DENTRO DE LA QUEBRADA DEL MISMO NOMBRE GRACIAS A ELLO, NO SE TOMARON MEDIDAS PLANARES.																																							
LA ROCA NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO.																																							

Tabla 42 Afloramiento # 7 (AF 7)

 <p>OFICINA TÉCNICA INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T. Y ASOCIADOS C.A.</p>		CLASIFICACION GEOMECÁNICA																																																			
		(DATOS DE CAMPO)																																																			
<p>CROQUIS GRÁFICO NOTAS</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																																																				PROYECTO: Playa Colorada. Zona 1. Qdas. Las Lajas-Carmen Rivas	
OPERADOR: Yanelvy Romero																																																					
FECHA: 13/03/2008																																																					
DATOS AFLORAMIENTO																																																					
UBICACIÓN: AF7 N 1,134,857 (CANOA) E 341,725																																																					
TIPO DE ROCA: Arenisca friable																																																					
ESTRAT: -																																																					
CF: marron claro																																																					
CM: marron oscuro-ocre																																																					
METEORIZACION: moderada																																																					
DIACLASAS: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:																																																					
FALLAS: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:																																																					
MATRIZ	ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA																																																				
	Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-																																																	
	Ib	F	DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS PPALES	-																																																	
	II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA	<10% <input checked="" type="checkbox"/>																																																	
	III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50																																																	
	IV	HW	MUY ALTERADA	50-90																																																	
	V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	> 90																																																	
VI	RS	ROCA DES COMPUESTA	100																																																		
OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:																																																					
AGUA	COND.GENERALES- r_u		FLUJO EN EXCAVACIONES																																																		
	COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/>	$r_u=0$	SECO O FILTRACIONES LOCALES <input checked="" type="checkbox"/> <1																																																	
	HÚMEDO	<input type="checkbox"/>	0,0-1	PLT. MEDIAS O AGUA A PRESIÓN LAVADO DE BELL. 1-2,5																																																	
	MOJADO	<input type="checkbox"/>	0,1-0,2	GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN, ROCIADO, JUNTAS SIN 2,5-10																																																	
	GOTEAJO	<input type="checkbox"/>	0,2-0,3	GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO DE BELL. EXCEPCIONAL. ALTA INICIAL OCORRE EN TIEMPO >10																																																	
	FLUYENDO	<input type="checkbox"/>	$r_u>0,3$	EXCEPCIONAL. ALTA INICIAL. PERSISTENTE.																																																	
	AGUA APRESIÓN	<input type="checkbox"/>	$r_u>0,5$	PRESIÓN DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)																																																	
	RAZÓN DE PRESIÓN INTERSTICIALES	<input type="checkbox"/>	$r_u=U/Z$	ESTACIONALIDAD SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>																																																	
	ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>																																																			
	RED DE DISCONTINUIDADES	DESCRIPCIÓN MACIZO																																																			
MAEVO		ROCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO																																																			
EN BLOQUES		APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES																																																			
TABULAR		DIMENSIÓN MENOR QUE ANTERIORES																																																			
COLUMNAR		DIMENSIÓN MAYOR QUE ANTERIORES																																																			
IRREGULAR		FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS																																																			
TRITURADO		MUCHAS DISCONTINUIDADES																																																			
DIACLASADO																																																					
Ia		MASIVA, SIN JUNTAS OCASIONALES																																																			
Ib		MASIVA, CON JUNTAS OCASIONALES																																																			
II	UNA FAMILIA																																																				
III	UNA FAMILIA Y OCASIONALES																																																				
IV	DOS FAMILIAS																																																				
V	DOS FAMILIAS Y OCASIONALES																																																				
VI	TRES FAMILIAS																																																				
VII	TRES FAMILIAS Y OCASIONALES																																																				
VIII	CUATRO O MÁS FAMILIAS																																																				
IX	MUCHA TRITURADA, SUELO																																																				
	NO SE OBSERVÓ <input checked="" type="checkbox"/>																																																				
OBSERVACIONES GENERALES																																																					
ARENISCA FRIABLE MUY BLANDA. NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ÁCIDO CLORHÍDRICO. ARENA DE PLAYA LITIFICADA. NO SE TOMARON MEDIDAS PLANARES, DEBIDO AL TIPO DE MATERIAL, MUY DESLENABLE.																																																					
IMAGEN																																																					

Tabla 43 Afloramiento # 8 (AF 8)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSE V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CLASIFICACION GEOMECANICA
(DATOS DE CAMPO)

PROYECTO: Playa Colorada. Zona 1. Qdas. Las Lajas-Carmen Rivas

OPERADOR: Yanelvy Romero
FECHA: 13/03/2008

CROQUIS GRÁFICO-NOTAS

DATOS AFLORAMIENTO

UBICACION: AF8 N 1,134,829
(CANOA) E 341,670

TIPO DE ROCA: Arenisca
ESTRAT: N15W 22S
CF: ocre claro
CM: rojizo parduzco
METEORIZACION: **ALTA**
DIACLASAS: SI NO OBS:
FALLAS: SI NO OBS:

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA

Ia	F	ROCA SANA O RESACA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:
Ib		DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS PPALES	-	
II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA	<10%	
III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50	
IV	HW	MUY ALTERADA	50-90	<input checked="" type="checkbox"/>
V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90	
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100	

DESCRIPCION MACIZO

MASIVO	ROCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLO	
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES	
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES	
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES	
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS	<input checked="" type="checkbox"/>
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES	

DIACLASADO

Ia	MASIVO, SIN JUNTAS DISCONTINUIDADES	
Ib	MASIVO, CON JUNTAS DISCONTINUIDADES	
II	UNA FAMILIA	<input checked="" type="checkbox"/>
III	UNA FAMILIA Y DISCONTINUIDADES	
IV	DOS FAMILIAS	
V	DOS FAMILIAS Y DISCONTINUIDADES	
VI	TRES FAMILIAS	
VII	TRES FAMILIAS Y DISCONTINUIDADES	
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS	
IX	ROCA TRITURADA, SUELO	
	NO SE OBSERVO	

COND.GENERALES- r_u

COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/> r _u =0
HUMEDO	0-0.1
MOJADO	0.1-0.2
GOTEADO	0.2-0.5
FLUYENDO	r _u >0.5
AGUA A PRESION	
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	r _u 1/2
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

FLUJO EN EXCAVACIONES

SECO O FILTRACIONES LOCALES	<input checked="" type="checkbox"/> <1
FILT. REGRES O AGUA A PRESION LAVADO ROLLING	1-2.5
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION (SOCCOPR. JUNTAS SIN GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE BELL)	2.5-10
DISCONTINUIDAD. ALTA VISUAL OBSERV. EN TIEMPO	
DISCONTINUIDAD. ALTA VISUAL MANTENIDA	>10
PRESION DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)	
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

RED DE DISCONTINUIDADES

Ia	MASIVO, SIN JUNTAS DISCONTINUIDADES	
Ib	MASIVO, CON JUNTAS DISCONTINUIDADES	
II	UNA FAMILIA	<input checked="" type="checkbox"/>
III	UNA FAMILIA Y DISCONTINUIDADES	
IV	DOS FAMILIAS	
V	DOS FAMILIAS Y DISCONTINUIDADES	
VI	TRES FAMILIAS	
VII	TRES FAMILIAS Y DISCONTINUIDADES	
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS	
IX	ROCA TRITURADA, SUELO	
	NO SE OBSERVO	

CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES

DISCONTINUIDAD	NUMERO Y NOMBRE	ESPACIAMIENTO					CONTORNEADO					ABERTURA					DIRECCION					RELLENO				
		>2m	1-2m	0.5-1m	0.2-0.5m	<0.2m	<1m	1-2m	2-5m	5-10m	10-20m	Involucro	0	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm	ESCALONADA	ONDULADA	PLANA	CON/RECCION	<5mm	5-10mm	10-20mm		
		R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P				
DI	MEQUINAS			<input checked="" type="checkbox"/>																						

OBSERVACIONES GENERALES

NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO
PRESENCIA DE OXIDO DE HIERRO.

IMAGEN

Tabla 44 Afloramiento # 9 (AF 9)

 <p>OFICINA TECNICA INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T. Y ASOCIADOS C.A.</p>	CLASIFICACION GEOMECANICA		
	(DATOS DE CAMPO)		
PROYECTO: Playa Colorada. Zona 1. Qdas. Las Lajas-Carmen Rivas			
OPERADOR: Yanelvy Romero			
FECHA: 13/03/2008			
DATOS AFLORAMIENTO			
UBICACION: AF9	N	1,134,746	
(REG-VEN)	E	341,588	
TIPO DE ROCA: Arenisca freable de grano medio a grueso			
ESTRAT: N15W 22S			
CF: ocre claro			
CM: rojizo parduzco			
METEORIZACION: ALTA			
DIACLASAS:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:	
FALLAS:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:	
CROQUIS GRÁFICO-NOTAS			
MATRIZ	ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA		
	Ia	F	ROCA SANA O RESCA
	Ib	F	DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS PPALES
	II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA <10%
	III	MW	BASTANTE ALTERADA 10-50
	IV	HW	MUY ALTERADA 50-90 <input checked="" type="checkbox"/>
V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA >90	
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA 100	
OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:			
AGUA	COND.GENERALES- r_g		FLUJO EN EXCAVACIONES
	COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/> r _g =0	SECO O FILTRACIONES LOCALES <input checked="" type="checkbox"/> <1
	HÚMEDO	<input type="checkbox"/> 0<r _g <1	FILT. REGRES O AGUA A PRESION LAVADO RELLENDO
	MOJADO	<input type="checkbox"/> 0,1<0,2	GRANDES O AGUA A GRAN PRESION JOCCION. JUNTAS SIN
	GOTEO	<input type="checkbox"/> 0,2<0,5	GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE BELL
	FLUYENDO	<input type="checkbox"/> r _g >0,5	DISCONTINUAL. ALTA VISUAL OBSERV. EN TIEMPO
	AGUA A PRESION	<input type="checkbox"/>	DISCONTINUAL. ALTA VISUAL OBSERV. EN TIEMPO
	RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	r _g U/z	PRESION DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)
	ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	ESTACIONALIDAD
			SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
RED DE DISCONTINUIDADES	DESCRIPCION MACIZO		
	MASIVO	ROCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLO	
	EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES	
	TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES	
	COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES	
	IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS	
	TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES	
	DIACLASADO		
	Ia	MASIVO, SIN JUNTAS DISCONTINUALES	
	Ib	MASIVO, CON JUNTAS DISCONTINUALES	
II	UNA FAMILIA		
III	UNA FAMILIA Y DISCONTINUALES		
IV	DOS FAMILIAS		
V	DOS FAMILIAS Y DISCONTINUALES		
VI	TRES FAMILIAS		
VII	TRES FAMILIAS Y DISCONTINUALES		
VIII	CUATRO O MÁS FAMILIAS		
IX	ROCA TRITURADA, SEBEO		
	NO SE OBSERVÓ <input checked="" type="checkbox"/>		
OBSERVACIONES GENERALES			
NO REACCIONA AL ACIDO			
PRESENCIA DE OXIDO DE HIERRO.			
IMAGEN			

Tabla 45 Afloramiento # 10 (AF 10)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CRUQUIS GRÁFICO NOTAS



CLASIFICACION GEOMECANICA (DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO:	Playa Colorada. Zona 1. Qdas. Las Lajas-Carmen Rivas
OPERADOR:	Yanelvy Romero
FECHA:	14/03/2008

DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACIÓN:	AF10 N 1,134,449
(LA CANOA)	E 341,290
TIPO DE ROCA:	Paquete de arenisca
ESTRAT:	N75W54N
CF:	gris claro
CM:	ocre-naranja
METEORIZACION:	moderada
DIACLASAS:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> OBS:
FALLAS:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> OBS:

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA	
Ia	ROCA SANA O FRESCA -
Ib	DEBIL. DECOLORACION EN JUNTAS PRALES -
II	SW LIGERAMENTE ALTERADA <10% -
III	MW BASTANTE ALTERADA 10-50 -
IV	HW MUY ALTERADA 50-90 -
V	CS COMPLETAMENTE ALTERADA >90 -
VI	RS ROCA DESCOMPUESTA 100 -

COND.GENERALES- Fu	
COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/> Fu=0
HUMEDO	<input type="checkbox"/> Fu=0.1
MOJADO	<input type="checkbox"/> Fu=0.2
ODTEADO	<input type="checkbox"/> Fu=0.5
FLUYENDO	<input type="checkbox"/> Fu=0.5
AGUA APRESION	<input type="checkbox"/> Fu=0.5
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	<input type="checkbox"/> Fu=0.5
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

FLUJO EN EXCAVACIONES	
SECO O FILTRACIONES LOCALS	<input checked="" type="checkbox"/> <1
FLUJOS FRESCOS O AGUA A PRESION LAVADO RIELERO	<input type="checkbox"/> 1-2.5
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO CORRI. JUNTAS DEBIL.	<input type="checkbox"/> 2.5-10
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE RELL.	<input type="checkbox"/> >10
EXGROSOVIALE ALTA DIFUSION EN TIEMPO	<input type="checkbox"/> >10
EXGROSOVIALE ALTA DIFUSION INSTANTANEA	<input type="checkbox"/> >10
PRESION DE AGUA APROX.	(kg/cm ²)
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPCION MACIZO	
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES

DIACLASADO	
Ia	HORIZONTAL, SEMIPLANAS ORGONIALES
Ib	HORIZONTAL, CURVILINEAS ORGONIALES
II	LINA FAMILIA
III	LINA ENHILERA Y ORGONIALES
IV	DOS ENHILERA
V	DOS ENHILERA Y ORGONIALES
VI	TRES ENHILERA
VII	TRES ENHILERA Y ORGONIALES
VIII	CUADRO O DOS FAMILIAS
IX	REDA, BILINDIA, SUELO
	NO SE OBSERVO

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																				
DISCONTINUIDAD	NÚMERO Y AZ	ESPAÑAMIENTO			CUMBRIDAD			AREOLINA			REGORDADO			BELLERIO						
		>2m	2m-5m	5m-10m	4m	3-5m	2-3m	0	0-2mm	0.1-1mm	1-2mm	2-4mm	ESQUINOSA	REDONDA	PLANA	COHERENCIA	4mm	4-8mm	DIAGONAL	
D1	N10E77S																			
D2	N35W85S																			

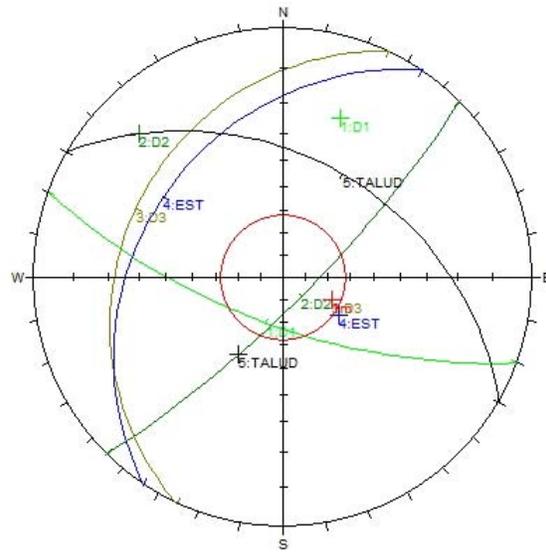
OBSERVACIONES GENERALES	
	NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO
	PRESENCIA DE OXIDO DE HIERRO.
PAQ. 1: EN LA BASE, PRESENTA LENTES DE LUTITA ESTRATIFICADA CON ESPESORES ENTRE 2-10CM, DE COLOR FRESCO;GRIS CLARO. COLOR METEORIZADO;GRIS OSCURO A NEGRO; INTERCALADOS CON LAMINAS DE ARENAS QUE VARIAN ENTRE 2-10CM DE ESPESOR Y ARENISCAS DE MAYORES ESPESORES, ENTRE 1-10CM. ESTA INTERCALACION NO ES RITMICA. GRADAN DE ARENISCAS DE GRANO FINO A ARENISCAS DE GRANO MEDIO(DE BASE A TOPE), SIENDO EL TOPE DE ESTE PAQUETE UNA ARENISCAS DE GRANO MEDIO A GRUESO, COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA. INFRA YACENTE A ESTA TRAZA DE ARENISCAS SE OBSERVO UNA LUTITA LAMINADA DE 1.5 M DE ESPESOR APROXIMADAMENTE.	
PAQ. 2: SE ENCUENTRA SOBRE LA ARENISCAS DEL TOPE DEL PAQ. 1. ESTE PAQUETE 2, ESTA FORMADO DE BASE A TOPE, POR UNA LUTITA DE 1,5 M DE ESPESOR, LUEGO SE ENCUENTRA UNA ARENA DE GRANO GRUESO, DE 2 M DE ESPESOR APROX. POR ENCIMA DE ESTA SE OBSERVO UNA LUTITA GRADANDO A ARENISCAS LAMINADA HACIA EL TOPE DEL PAQUETE. A PARTIR DE ELAS, SE ENCUENTRAN ARENISCAS DE VARIADOS ESPESORES Y FRIABLES, HACIA EL TOPE DE ESTE PAQUETE SE ENCUENTRAN LAS ARENISCAS DESCRITAS EN LA PARADA DEL AFLORAMIENTO NRO. 9 (AF9).	

SMR = 43

Grado de Estabilidad = Normal
Parcialmente Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Desfavorable

Talud
 Diaclasa 1
 Diaclasa 2
 Estratificación
 Fricción



Observación: las orientaciones de las diaclasas favorecen la estabilidad, falla plana por la estratificación.

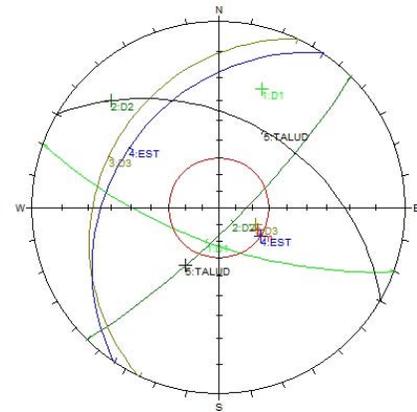
Figura 64 Red Estereográfica Unidad III: AF 10

SMR = 54

Grado de Estabilidad = Normal Parcialmente Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Favorable

- Talud**
- Diaclasa 1
 - Diaclasa 2
 - Diaclasa 3
 - Estratificación
 - Fricción



Observación: las orientaciones de las diaclasas y estratificación favorecen la estabilidad

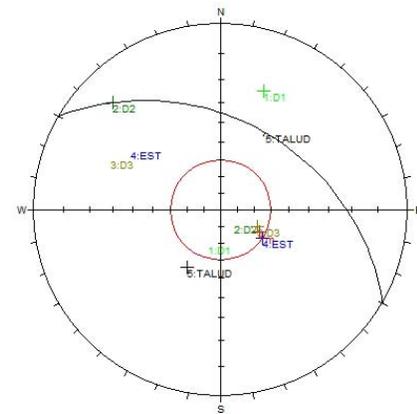


Figura 65 Red Estereográfica Unidad III: AF 11

Tabla 47 Afloramiento # 11.1 (AF 11.1)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CLASIFICACION GEOMECANICA (DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO: Playa Colorada, Zona 2, Qdas. Palo Blanco y Hoyo Negro.	
OPERADOR: Yanelvy Romero	
FECHA: 15/03/2008	

DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACION: AF11.1 N	1,132,998
(LA CANOA) E	341,534
TIPO DE ROCA:	Paquete de arenisca
ESTRAT:	N70E34N
CF:	gris claro-blancuzco
CM:	gris oscuro-rojizo
METEORIZACION:	BASTANTE ALTERADA
DIACLASAS:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> OBS:
FALLAS:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:

CRQUEIS-GRÁFICO-NOTAS

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA	
Ia	ROCA SANA O FRESCA -
Ib	DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS PFALES -
II	SW LIGERAMENTE ALTERADA <10%
III	MW BASTANTE ALTERADA 10-50 <input checked="" type="checkbox"/>
IV	HW MUY ALTERADA 50-90
V	CS COMPLETAMENTE ALTERADA >90
VI	RS ROCA DESCOMPUESTA 100

COND.GENERALES- r_u	
COMPLETAMENTE SECO <input checked="" type="checkbox"/>	$r_u=0$
HÚMEDO <input type="checkbox"/>	0-0.1
MOJADO <input type="checkbox"/>	0.1-0.2
GOTEO <input type="checkbox"/>	0.2-0.5
FLUYENDO <input type="checkbox"/>	$r_u > 0.5$
AGUA A PRESIÓN <input type="checkbox"/>	$r_u > 1/2$
RAZÓN DE PRESIÓN INT BRSTICIALES <input type="checkbox"/>	
ESTACIONALIDAD: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	

FLUJO EN EXCAVACIONES	
SECO O PULVINOSES LOCALES <input checked="" type="checkbox"/>	<1
MULT. MEDIO O AGUA A PRESIÓN LAVADO RELJIVO <input type="checkbox"/>	1-2.5
GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN ROCA CON JUNTAS SIN <input type="checkbox"/>	2.5-10
GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO DE RES. <input type="checkbox"/>	>10
EXCEPCIONAL: ALTA INFLUENCIA DEL NIVEL DEL AGUA <input type="checkbox"/>	
ESTACIONALIDAD: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	

MATRIZ

DESCRIPCION MACIZO	
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO <input type="checkbox"/>
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIVODIMENSIONALES <input checked="" type="checkbox"/>
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES <input type="checkbox"/>
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES <input type="checkbox"/>
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS <input type="checkbox"/>
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES <input type="checkbox"/>

DIACLASADO	
Ia	MASIVO, SIN HUELLAS DESEÑABLES
Ib	MASIVO, CERRILLAS DESEÑABLES
II	UNA FAMILIA
III	UNA FAMILIA Y DESEÑABLES
IV	DOS FAMILIAS <input checked="" type="checkbox"/>
V	DOS FAMILIAS Y DESEÑABLES
VI	TRES FAMILIAS
VII	TRES FAMILIAS Y DESEÑABLES
VIII	CUATRO O MÁS FAMILIAS
IX	ROCA TRITURADA, SUELO
	NO SE OBSERVÓ

RED DE DISCONTINUIDADES

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES

DISCONTINUIDAD	NUMERO Y NIZ	ESPACIAMIENTO				CERRILLIDAD				ABERTURA				DIRECCION				RELIEVO			
		0-2m	2m-5m	5m-10m	10m+	4-2m	1-8m	5-10m	10-20m	0	40-20m	0.5-10m	1-8m	10-20m	ESQUELETRADA	CONJUNTA	PLANA	COMPOSICION	RELIEVO		
		R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P		
IX	NUEVE (9)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B								
IX	NOVENA (9)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A	B								

OBSERVACIONES GENERALES

NO REACCIONA AL CONTACTO CON ACIDO CLORHIDRICO
PRESENCIA DE HUELLAS DE CARGA Y ESTRATIFICACION CRUZADA
TAMANO DE GRANO FINO.



NO REACCIONA AL CONTACTO CON ACIDO CLORHIDRICO
PRESENCIA DE HUELLAS DE CARGA Y ESTRATIFICACION CRUZADA
TAMANO DE GRANO FINO.

Tabla 49 Afloramiento # 13 (AF 13)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CLASIFICACION GEOMECANICA (DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO:	Playa Colorada. Zona 2. Qdas. Palo Blanco y Hoyo Negro.
OPERADOR:	Yanelvy Romero
FECHA:	15/03/2008

CROQUIS GRÁFICO-NOTAS



DATOS AFLORAMIENTO			
UBICACIÓN:	AF13	N	1,132,759
(LA CANOA)		E	340,949
TIPO DE ROCA:	ARENISCA CUARZOSA		
ESTRAT:	N25E16N		
CF:	gris blancusco		
CM:	ocre		
METEORIZACIÓN:	MODERADA		
DIACLASAS:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	OBS:
FALLAS:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	OBS:

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA			
MATRIZ	Ia	ROCA SANA O FRESCA	-
	Ib	DEBIL. DECOLORACION EN JUNTAS PRINCIPALES	-
	II	LEGERAMENTE ALTERADA	<10%
	III	BASTANTE ALTERADA	10-50
	IV	MUY ALTERADA	50-90
	V	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90
VI	ROCA DESCOMPUESTA	100	

DESCRIPCION MACIZO	
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES

COND.GENERALES- r _i	
COMPLETAMENTE SECO	r _i =0
HÚMEDO	0-0.1
MOJADO	0.1-0.2
GOTEADO	0.2-0.5
FLUYENDO	r _i >0.5
AGUA A PRESIÓN	r _i >0.5
RAZÓN DE PRESIÓN INTERSTICIAL	r _i /r _e
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

FLUJO EN EXCAVACIONES	
SECO MULTIFRACCIONES LOCALES	<1
FLUYENDO O AGUA A PRESIÓN LARGO DEL TUNEL	1-2.5
GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN (NO CONTROLADA) EN JUNTAS SIN	2.5-10
GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LARGO DE TUNEL	>10
CONDICIONAL: ALTA INICIAL DE GRAB. EN TIEMPO	
CONDICIONAL: ALTA INICIAL INTERMITENTE	
PRESIÓN DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)	
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

RED DE DISCONTINUIDADES	
Ia	MASIVO, SIN JUNTAS OBSERVABLES
Ib	MASIVO, CON JUNTAS OBSERVABLES
II	UNA FAMILIA
III	UNA FAMILIA Y ESCASES
IV	DESI FAMILIAS
V	DESI FAMILIAS Y ESCASES
VI	TRES FAMILIAS
VII	TRES FAMILIAS Y ESCASES
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS
IX	MUCHA INHOMOGENEA, SUELO
	NO SE OBSERVO

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																			
DISCONTINUIDAD	NUMERO Y SIG	ESPACIAMIENTO				CONTINUIDAD			ABERTURA			DIRECCION			RUELETO				
		1-2m	20cm-5m	50cm-10m	10m-20m	1-2m	3-10m	10-20m	0	10-20mm	0.1-1mm	1-10mm	ESQUINADA			CORRECCION	PLANCCO/NO		
		R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P						
D1	N25E65S	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>											A	<input checked="" type="checkbox"/>	B
D2	N25E65S	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>											A	<input checked="" type="checkbox"/>	B
D3	N25E65N	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>											A	<input checked="" type="checkbox"/>	B

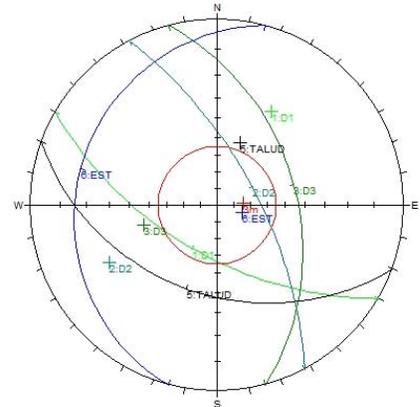
OBSERVACIONES GENERALES	
	NO REACCIONA AL ACIDO.
	EL TAMAÑO DE GRANO ES CONGLOMERATICO
	ESPESOR APROX ES DE 8M.
	ES LA DIVISION ENTRE LA BASE DEL AFLORAMIENTO 12 Y EL TOPE DEL AFLORAMIENTO 13 ES UNIFORME A LO LARGO DE LA CAPA
SE VEN VETAS DE CUARZO Y LOS CRISTALES DE CUARZO QUE COMPONEN EL ESTRATO.	

SMR = 48

Grado de Estabilidad = Normal Parcialmente Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Favorable

- Talud**
- Diaclasa 1
 - Diaclasa 2
 - Diaclasa 3
 - Estratificación
 - Fricción



Observación: falla planar por D1 y posiblemente falla en cuña por D1 y la estratificación.

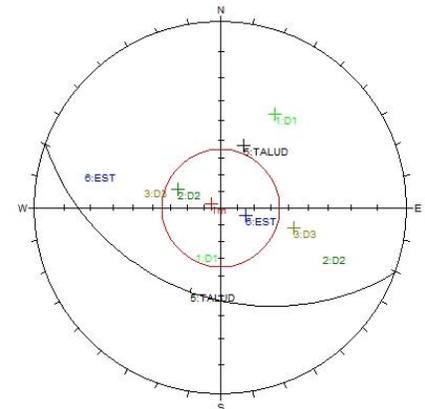


Figura 66 Red Estereográfica Unidad I: AF 13

Tabla 50 Afloramiento # 13.1 (AF 13.1)



OFICINA TECNICA
INGENIERO JOSE V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CLASIFICACION GEOMECANICA (DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO:	Playa Colorada. Zona2. Qdas. Palo Blanco y Hoyo Negro.
OPERADOR:	Yanelvy Romero
FECHA:	15/03/2008

DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACION:	AF13.1 N 1,132,738
(LA CANOA)	E 340,963
TIPO DE ROCA:	INTERCALACION LUTITA-ARENISCA
ESTRAT:	N25E16N
CF:	gris blanusco
CM:	ocre claro
METEORIZACION:	LEVE
DIACLASAS:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> OBS:
FALLAS:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:

CROQUIS-GRÁFICO-NOTAS



ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA			
MATRIZ	Ia	F	ROCA SANA O FRESCA
	Ib	F	DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS IPAALES
	II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA
	III	MW	BASTANTE ALTERADA
	IV	HW	MUY ALTERADA
	V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100

OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:

COND.GENERALES- r _u	
COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/> r _u =0
HUMEDO	<input type="checkbox"/> 0-0,1
MOJADO	<input type="checkbox"/> 0,1-0,2
GOTEO	<input type="checkbox"/> 0,2-0,5
FLUYENDO	<input type="checkbox"/> 0,5-1
AGUA ABRISION	<input type="checkbox"/> r _u >0,5
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	r _u = u/z
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

FLUJO EN EXCAVACIONES	
SECO O FILTRACIONES LOCALES	<input checked="" type="checkbox"/> <1
FILT. MEDIAS O AGUA A PRESION LAVADO RELENO	<input type="checkbox"/> 1-2,5
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION ROC. COMP. JUNTAS SIN PRESION LAVADO DE REL.	<input type="checkbox"/> 2,5-10
EXCEPCIONAL: ALTA INICIAL, OSCILAC. EN TIEMPO	<input type="checkbox"/>
EXCEPCIONAL: ALTA INICIAL, MANTENIDA	<input type="checkbox"/> >10
PRESION DE AGUA APROX.	(Kg/cm ²)
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPCION MACIZO	
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES

DIACLASADO	
Ia	MASIVO, SIN JUNTAS OCCASIONALES
Ib	MASIVO, CON JUNTAS OCCASIONALES
II	UNA FAMILIA
III	UNA FAMILIA Y OCCASIONALES
IV	DOS FAMILIAS
V	DOS FAMILIAS Y OCCASIONALES
VI	TRES FAMILIAS
VII	TRES FAMILIAS Y OCCASIONALES
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS
IX	ROCA TRITURADA, SUELO
	NO SE OBSERVO

CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																							
DISCONTINUIDAD	NUMERO / BUZ	ESPACIAMIENTO					CONTINUIDAD					ABERTURA		REGULARIDAD			RELLENO						
		≥2m	10m-2m	20m-10m	50m-20m	≤5m	1-9m	1-10m	10-50m	Intercalación	0	≤0.1mm	0.1-1mm	1-50mm	≥50mm	ESCALONADA	ONDULADA	PLANA	COMPRESION	45mm	≥45mm	BLANCO/CLC	
		R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	A	A	A	
D1	N25W88S	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
D2	N60E-68S	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
D3	N85W10N	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			

OBSERVACIONES GENERALES



NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO

EL TAMAÑO DE GRANO ES DE MEDIO A GRUESO

TIE Tiene vetas de cuarzo.

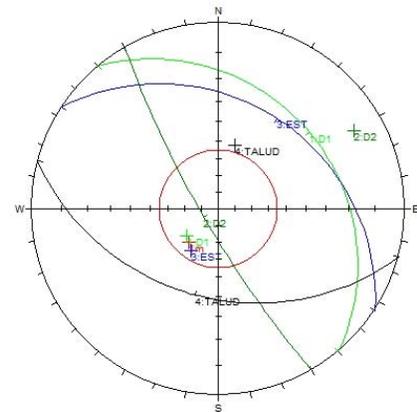
LA ARENISCA ES LA BASE DE LA INTERCALACION

LA INTERCALACION ES: ARENISCA CUARZOSA DE 2 M DE ESPESOR, LUTITA LAMINADA CON LENTES DE ARNA FINA DE 50 CM DE ESPESOR, ARENISCA CUARZOSA CONGLOMERATICA CON CON FRAGMENTOS Y VETAS DE CUARZO DE 1.5 M DE ESPESOR, LUTITA DE 0.5 M DE ESPESOR, LENTES DE ARENISCA FINA Y, POR ULTIMO, UNA ARENISCA DE GRANO FINO.

SMR = 45

Grado de Estabilidad = Normal Parcialmente Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Favorable



Talud

Diaclasa 1

Diaclasa 2

Estratificación

Fricción

Observación: falla planar por D2 y posible falla en cuña por D2 y estratificación.

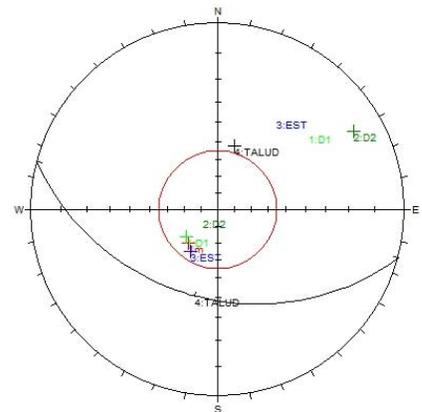


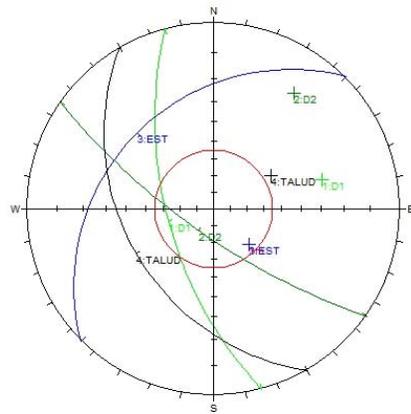
Figura 67 Red Estereográfica Unidad I: AF 15

SMR = 58

Grado de Estabilidad = Normal Parcialmente Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Favorable

Talud
 Diaclasa 1
 Diaclasa 2
 Estratificación
 Fricción



Observación: falla planar por D1 y D2.

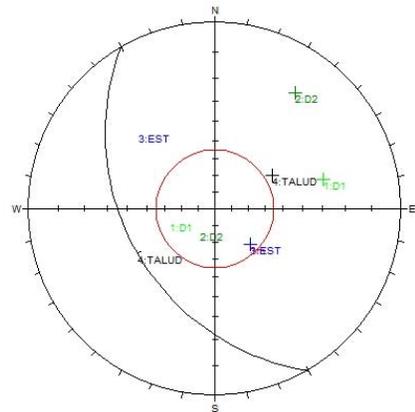
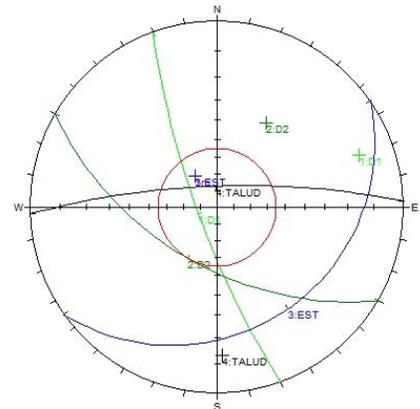


Figura 68 Red Estereográfica Unidad I: AF 16

SMR = 55

Grado de Estabilidad = Normal Parcialmente Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Desfavorable



Talud

Diaclasa 1

Diaclasa 2

Estratificación

Fricción

Observación: falla por volcamiento D1 y D2.

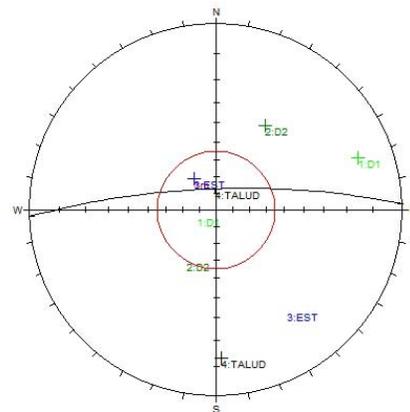


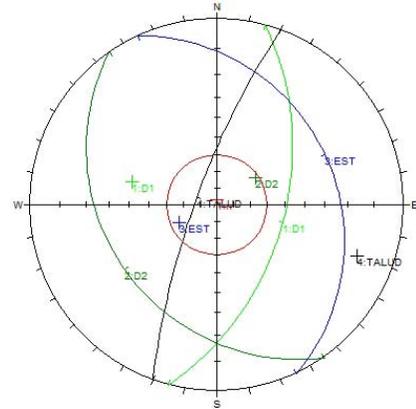
Figura 69 Red Estereográfica Unidad I: AF 17

SMR = 62

Grado de Estabilidad = Buena Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Favorable

Talud
 Diaclasa 1
 Diaclasa 2
 Estratificación
 Fricción



Observación: posible falla por volcamiento D1 y D2

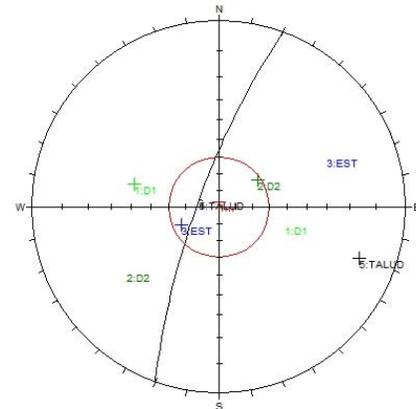


Figura 70 Red Estereográfica Unidad III: AF 18

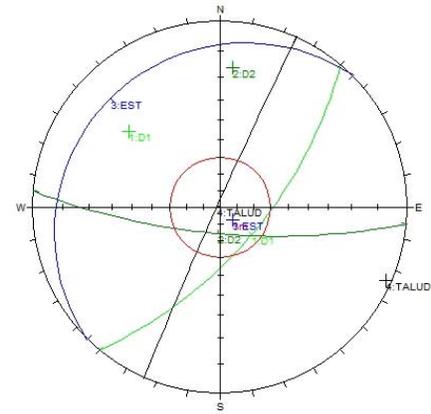
Tabla 56 Afloramiento # 19 (AF 19)

 <p>OFICINA TÉCNICA INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T. Y ASOCIADOS C.A.</p>		CLASIFICACION GEOMECANICA (DATOS DE CAMPO)																						
		PROYECTO: Playa Colorada, Zona3, Qdas. El Tigre y Aceite e' Palo.																						
<p>CROQUIS-GRÁFICO-NOTAS</p> 		OPERADOR: Yanelvy Romero																						
		FECHA: 15/03/2008																						
<p>MATRIZ</p>		ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA																						
		Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:																		
		Ib		DEBIL. DECOLORACION EN JUNTAS PFALES	-																			
		II	SV	LIBERAMENTE ALTERADA	<10%	<input checked="" type="checkbox"/>																		
		III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50																			
		IV	HW	MUY ALTERADA	50-90																			
		V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90																			
		VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100																			
		<p>AGUA</p>		COND.GENERALES- r_u																				
				COMPLETAMENTE SECO		<input checked="" type="checkbox"/> r _u =0																		
HÚMEDO				0<r _u <1																				
MOJADO				0,1-0,2																				
GOTEAJO				0,2-0,5																				
FLUYENDO				r _u >0,5																				
AGUA A PRESIÓN				r _u >1/2																				
ESTACIONALIDAD				SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>																				
<p>RED DE DISCONTINUIDADES</p>				FLUJO EN EXCAVACIONES																				
				SECO O FILTRADO LOCAL		<input checked="" type="checkbox"/> <1																		
		MULT. MEDIAS O AGUA A PRESIÓN LAVADO RELATIVO		1-2,5																				
		GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO CON JUNTAS SIN PRESIÓN LAVADO DE BIL		2,5-10																				
		EXCEPCIONAL/ ALTA DIFERENCIAL/ EN TIEMPO EXCEPCIONAL/ ALTA DIF. AL MANTENIDA		>10																				
		PRESIÓN DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)																						
		ESTACIONALIDAD		SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>																				
		<p>DESCRIPCION MACIZO</p>		DIACLASADO																				
				Ia	MASIVO, SIN LINEAS OCASIONALES																			
				Ib	MASIVO, LINEAS OCASIONALES																			
II	UNA FAMILIA																							
III	UNA FAMILIA Y OCASIONALES																							
IV	DOS FAMILIAS			<input checked="" type="checkbox"/>																				
V	TRES FAMILIAS Y OCASIONALES																							
VI	TRES FAMILIAS																							
VII	TRES FAMILIAS Y OCASIONALES																							
VIII	CUATRO O MÁS FAMILIAS																							
IX	REDA TRITURADA, SUELO																							
	NO SE OBSERVÓ																							
CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																								
DISCONTINUIDAD	NÚMERO Y RIZ	ESPACIAMIENTO				CERRAMIENTO				ABERTURA				DIRECCION				RELIENO						
		>2m	0,2m-2m	20cm-0,2m	0,5m-20cm	<0,5m	4-1m	1-5m	1-3cm	10-20cm	30-60cm	0	0-0,2mm	0,1-1mm	1-5mm	>5mm	ESCLERADA	ONDULADA	PLANA	CON DIRECCION	<45°	>45°	MANCADO	
D1	N10E65S	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
D2	N25W74S	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
OBSERVACIONES GENERALES																								
		NO REACCIONA AL CONTACTO CON ACIDO CLORHIDRICO																						
		EL TAMAÑO DE GRANO DE LAS ARENAS ES DE MEDIO A FINO.																						
		EXISTEN LUTITAS SOBRE Y BAJO ESTE AFLORAMIENTO DE ARENAS.																						
		PRESENCIA DE MICA EN LA COMPOSICION DE LA ARENA.																						

SMR = 36

Grado de Estabilidad = Mala Inestable

Disposición de Estratificación frente al talud = Favorable



Talud

Diaclasa 1

Diaclasa 2

Estratificación

Fricción

Observación: posible falla por volcamiento D1 y D2

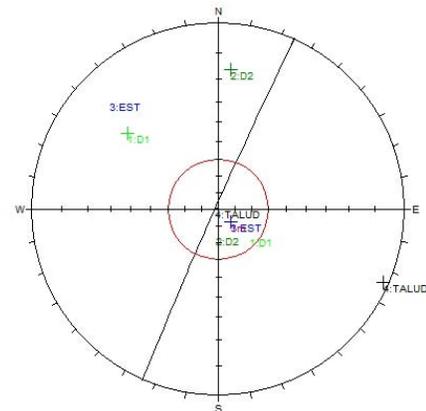


Figura 71 Red Estereográfica Unidad III: AF 19

Tabla 57 Afloramiento # 20 (AF 20)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CROQUIS GRÁFICO-NOTAS



CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA (DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO:	Playa Colorada. Zona 3. Qdas. El Tigre y Aceite e' Palo.
OPERADOR:	Yanelvy Romero
FECHA:	15/03/2008

DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACIÓN:	AF20 N 1,133,357 (LA CANOA) E 342,503
TIPO DE ROCA:	Arenisca
ESTRAT/FOLIAC:	N70W16N
CF:	gris claro
CM:	gris oscuro
METEORIZACIÓN:	moderada
DIACLASAS:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> OBS:
FALLAS:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:

ALTERACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA			
MATRIZ	Ia	ROCA SANA O FRESCA	-
	Ib	DEBIL DECOLOACIÓN EN JUNTAS EFIALES	-
	II	LIBERAMENTE ALTERADA	<10%
	III	BASTANTE ALTERADA	10-50
	IV	MUY ALTERADA	50-90
	VI	COMPLETAMENTE ALTERADA ROCA DESCOMUESTA	>90 100

DESCRIPCIÓN MACIZO	
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES
TABULAR	DIMENSIÓN MEJOR QUE ANTERIORES
COLUMNAR	DIMENSIÓN MAYOR QUE ANTERIORES
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES

DIACLASADO	
Ia	NINGUNA, SÓLO BARRAS DISCONTINUIDADES
Ib	NINGUNA, CON BARRAS DISCONTINUIDADES
II	UNA FAMILIA
III	UNA FAMILIA Y DISCONTINUIDADES
IV	DESI FAMILIAS
V	DESI FAMILIAS Y DISCONTINUIDADES
VI	TRES FAMILIAS
VII	TRES FAMILIAS Y DISCONTINUIDADES
VIII	CUATRO O MÁS FAMILIAS
IX	SEXTA, MULTITUMBA, SUELO
	NO SE OBSERVÓ

COND.GENERALES- r _u	
COMPLETAMENTE SECO	r _u =0
HÚMEDO	0-0.1
MOJADO	0.1-0.2
GOTEADO	0.2-0.5
FLUYENDO	r _u >0.5
AGUA A PRESIÓN	r _u >1.2
RAZÓN DE PRESIÓN INTERSTICIALES	r _u =u/z
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

FLUJO EN EXCAVACIONES	
SECO O MUY RÁPIDO/LOCAL	<1
MUY LENTO O AGUA A PRESIÓN LAVADO RELATIVO	1-2.5
GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN NO CORR. JUNTAS SEI	2.5-10
GRANDES O AGUA A GRAN PRESIÓN LAVADO DE PELL	>10
DISCONTINUIDAD ALTA VIGILAL DE GRAB. EN TIEMPO	
DISCONTINUIDAD ALTA LOCAL/INTERMEDIA	
PRESIÓN DE AGUA APROX. (Kg/cm ²)	
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

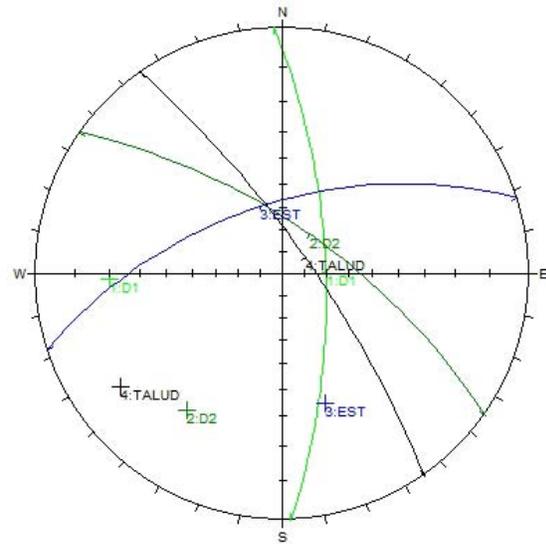
CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																			
DISCONTINUIDAD	NÚMERO Y NÚM.	ESPACIAMIENTO				CONTINUIDAD				ABERTURA			DIRECCION			RELIENO			
		2-20m	20m-50m	50m-100m	100m-200m	4-6m	6-10m	10-20m	20-40m	0	0-2mm	0.5-2mm	2-6mm	6-10mm	ESQUEMADA	ONDALEADA	PLANA	CONDICIÓN	BLANDICIND
		R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	A	B	
D1	N23E60S																		
D2	N23W65S																		

OBSERVACIONES GENERALES	
	NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHÍDRICO
	EL TAMAÑO DE GRANO ES DE MEDIO A FINO
	EL ALTO TOPOGRÁFICO ESTÁ CONTROLADO POR LA LITOLOGÍA MÁS DURA (COLOR ROJIZO)
	LAS LADERAS PRESENTAN LA LITOLOGÍA MÁS BLANDA (LUTITA Y ARENISCA DE GRANO FINO)
	LA SECUENCIA ES REPETITIVA EN LAS LADERAS DEL FLANCO NORTE DE LA FILA EL ZAMURO HACIA EL SECTOR ZURITA.

SMR = 20

Grado de Estabilidad = Muy Mala
Totalmente inestable

Disposición de Estratificación frente al talud = Estable



- Talud**
- Diaclasa 1
 - Diaclasa 2
 - Estratificación
 - Fricción

Observación:

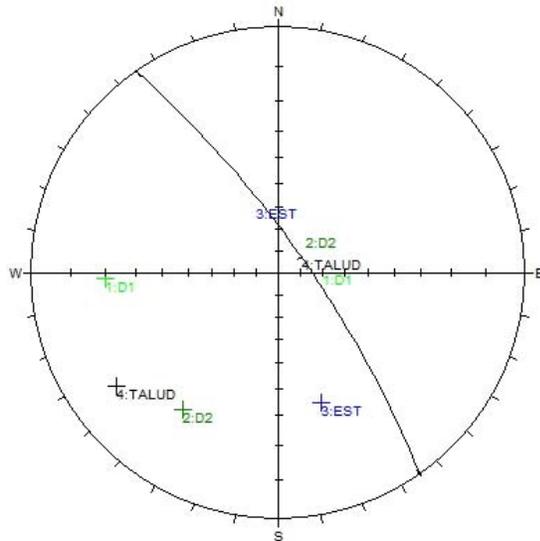


Figura 72 Red Estereográfica Unidad I: AF 21

Tabla 59 Afloramiento # 22 (AF 22)

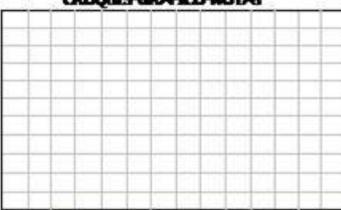
 <p>OFICINA TÉCNICA INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T. Y ASOCIADOS C.A.</p>		<p align="center">CLASIFICACION GEOMECANICA</p> <p align="center">(DATOS DE CAMPO)</p>																																																	
		<p>PROYECTO: Playa Colorada, Zona 3, CQdas. El Tigre y Aceite e Palo.</p> <p>OPERADOR: Yanelvy Romero</p> <p>FECHA: 15/03/2008</p>																																																	
<p align="center">CROQUIS GRAFICO NOTAS</p> 		<p align="center">DADOS AFLORAMIENTO</p>																																																	
		<p>UBICACION: AF22 N 1,133,346 (LA CANOA) E 342,584</p> <p>TIPO DE ROCA: ARENISCAS FRIZABLE</p> <p>ESTRAT: N60E48N</p> <p>Cl: gris clara Cl: gris oscuro</p> <p>METEORIZACION: muy meteorizada</p> <p>DIACLASAS: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS: <input type="checkbox"/></p> <p>FALLAS: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS: <input type="checkbox"/></p>																																																	
<p>MATRIZ</p>	<p align="center">ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA</p> <table border="1"> <tr> <td>Is</td> <td>F</td> <td>ROCA SANA O FRESCA</td> <td>-</td> <td rowspan="6">OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA SERI:</td> </tr> <tr> <td>Id</td> <td>F</td> <td>ESBEL DECOLORACION EN JUNTAS DEALES</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>SW</td> <td>USGUAHENTE ALTERADA</td> <td><10%</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>MW</td> <td>BASTANTE ALTERADA</td> <td>10-50</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>HW</td> <td>MUY ALTERADA</td> <td>50-90</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>CS</td> <td>COMPLETAMENTE ALTERADA</td> <td>>90</td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>RS</td> <td>ROCA DESCOMPLETA</td> <td>100</td> <td></td> </tr> </table>		Is	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA SERI:	Id	F	ESBEL DECOLORACION EN JUNTAS DEALES	-	II	SW	USGUAHENTE ALTERADA	<10%	III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50	IV	HW	MUY ALTERADA	50-90	V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90	VI	RS	ROCA DESCOMPLETA	100		<p>RED DE DISCONTINUIDADES</p>																		
	Is	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA SERI:																																														
Id	F	ESBEL DECOLORACION EN JUNTAS DEALES	-																																																
II	SW	USGUAHENTE ALTERADA	<10%																																																
III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50																																																
IV	HW	MUY ALTERADA	50-90																																																
V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90																																																
VI	RS	ROCA DESCOMPLETA	100																																																
<p align="center">COND.GENERALES- r_c</p> <table border="1"> <tr> <td>COHESIVIDAD SECO</td> <td>r_c=0</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD</td> <td>0-0.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MOJADO</td> <td>0.1-0.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GOTADO</td> <td>0.2-0.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FLUYENDO</td> <td>r_c>0.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AGUA A PRESION</td> <td>r_c>1.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>RACION DE PRESION DISTINTOS EJES</td> <td>r_c>1.5</td> <td></td> </tr> </table> <p>ESTABILIDAD: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/></p>		COHESIVIDAD SECO	r _c =0	<input checked="" type="checkbox"/>	HUMEDAD	0-0.1		MOJADO	0.1-0.2		GOTADO	0.2-0.5		FLUYENDO	r _c >0.5		AGUA A PRESION	r _c >1.5		RACION DE PRESION DISTINTOS EJES	r _c >1.5		<p align="center">FLUIDO EN EXCAVACIONES</p> <table border="1"> <tr> <td>SECO O FILTRACION LOGICA</td> <td><1</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SECO MEDIO AGUA FRESCA UNIFORMEMENTE</td> <td>1-0.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GRANDES CRIAS Y SERI</td> <td>0.5-1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GRANDES CRIAS Y SERI</td> <td>1.5-10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>RESERVA DE TALL</td> <td>>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>EXPOSICION AL VIENTO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ROCA DESEC EN TIEMPO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DISCONTINUIDAD</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROBACION DE AGUA FRESCA (Kg/cm²)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>ESTABILIDAD: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/></p>		SECO O FILTRACION LOGICA	<1	<input checked="" type="checkbox"/>	SECO MEDIO AGUA FRESCA UNIFORMEMENTE	1-0.5		GRANDES CRIAS Y SERI	0.5-1		GRANDES CRIAS Y SERI	1.5-10		RESERVA DE TALL	>10		EXPOSICION AL VIENTO			ROCA DESEC EN TIEMPO			DISCONTINUIDAD			PROBACION DE AGUA FRESCA (Kg/cm ²)		
COHESIVIDAD SECO	r _c =0	<input checked="" type="checkbox"/>																																																	
HUMEDAD	0-0.1																																																		
MOJADO	0.1-0.2																																																		
GOTADO	0.2-0.5																																																		
FLUYENDO	r _c >0.5																																																		
AGUA A PRESION	r _c >1.5																																																		
RACION DE PRESION DISTINTOS EJES	r _c >1.5																																																		
SECO O FILTRACION LOGICA	<1	<input checked="" type="checkbox"/>																																																	
SECO MEDIO AGUA FRESCA UNIFORMEMENTE	1-0.5																																																		
GRANDES CRIAS Y SERI	0.5-1																																																		
GRANDES CRIAS Y SERI	1.5-10																																																		
RESERVA DE TALL	>10																																																		
EXPOSICION AL VIENTO																																																			
ROCA DESEC EN TIEMPO																																																			
DISCONTINUIDAD																																																			
PROBACION DE AGUA FRESCA (Kg/cm ²)																																																			
<p>AGUA</p>	<p align="center">DESCRIPCION MACIZO</p> <table border="1"> <tr> <td>MACIZO</td> <td>ROCA DISCONTINUIDADES O SEPARACION DE BLOQUES</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>EN BLOQUES</td> <td>A PROXIMA DE HENTE EQUIDISTANCIALES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TABULAR</td> <td>DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONJUNTO</td> <td>DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IRREGULAR</td> <td>FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TRITURADO</td> <td>MUCHAS DISCONTINUIDADES</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>		MACIZO	ROCA DISCONTINUIDADES O SEPARACION DE BLOQUES	<input type="checkbox"/>	EN BLOQUES	A PROXIMA DE HENTE EQUIDISTANCIALES		TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES		CONJUNTO	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES		IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS		TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>DIACLASADO</p>																														
	MACIZO	ROCA DISCONTINUIDADES O SEPARACION DE BLOQUES	<input type="checkbox"/>																																																
EN BLOQUES	A PROXIMA DE HENTE EQUIDISTANCIALES																																																		
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES																																																		
CONJUNTO	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES																																																		
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS																																																		
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES	<input checked="" type="checkbox"/>																																																	
<table border="1"> <tr> <td>Ia</td> <td>NINGUNO, COLUMNAR Y OCASIONALES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ib</td> <td>NINGUNO, COLUMNAR Y OCASIONALES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>NINGUNO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>NINGUNO Y OCASIONALES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>NINGUNO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>NINGUNO Y OCASIONALES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>TIPOS VARIOS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VII</td> <td>TIPOS VARIOS Y OCASIONALES</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VIII</td> <td>CERRADO O SEMI CERRADO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IX</td> <td>DESCOMPLETO, SEMI</td> <td></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>NO SE OBSERVO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>		Ia	NINGUNO, COLUMNAR Y OCASIONALES		Ib	NINGUNO, COLUMNAR Y OCASIONALES		II	NINGUNO		III	NINGUNO Y OCASIONALES		IV	NINGUNO		V	NINGUNO Y OCASIONALES		VI	TIPOS VARIOS		VII	TIPOS VARIOS Y OCASIONALES		VIII	CERRADO O SEMI CERRADO		IX	DESCOMPLETO, SEMI		X	NO SE OBSERVO	<input checked="" type="checkbox"/>																	
Ia	NINGUNO, COLUMNAR Y OCASIONALES																																																		
Ib	NINGUNO, COLUMNAR Y OCASIONALES																																																		
II	NINGUNO																																																		
III	NINGUNO Y OCASIONALES																																																		
IV	NINGUNO																																																		
V	NINGUNO Y OCASIONALES																																																		
VI	TIPOS VARIOS																																																		
VII	TIPOS VARIOS Y OCASIONALES																																																		
VIII	CERRADO O SEMI CERRADO																																																		
IX	DESCOMPLETO, SEMI																																																		
X	NO SE OBSERVO	<input checked="" type="checkbox"/>																																																	
<p align="center">OBSERVACIONES GENERALES</p> <p>NO REACCIONA AL CONTACTO CON ACIDO CLORHIDRICO EL TAMAÑO DE GRANO ES FINO SOBRE ESTA LITOLOGIA SE ENCUENTRA UNA SUCESION DE LUTITAS ROCA MUY CIZALLADA</p>																																																			
																																																			

Tabla 61 Afloramiento # 24 (AF 24)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CLASIFICACION GEOMECANICA	
(DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO: Playa Colorada. Zona 3. Qdas. El Tigre y Aceite e' Palo.	
OPERADOR: Yanelvy Romero	
FECHA: 16/03/2008	

DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACION: AF24 N	1,133,594
(LA CANOA) E	342,574
TIPO DE ROCA: ARENICA	
ESTRATA: N70W12N	
CF: blanco	
CM: ocre claro	
METEORIZACION: moderada	
DIACLASAS: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	OBS:
FALLAS: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	OBS:

CROQUIS GRÁFICO-NOTAS



ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA						
MATRIZ	Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:	
	Ib	F	DIB L. DECLORACION EN JUNTAS PRALES	-		
	II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA	<1.0%		<input checked="" type="checkbox"/>
	III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50		
	IV	HW	MUY ALTERADA	50-90		
	V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90		
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100			

DESCRIPCION MACIZO		
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO	
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES	
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES	
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES	
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS	<input checked="" type="checkbox"/>
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES	

DIACLASADO		
Ia	MASIVO, SIN JUNTAS ORCENONIALES	
Ib	MASIVO, CON JUNTAS ORCENONIALES	
II	UNA FAMILIA	
III	UNA FAMILIA Y ORCENONIALES	
IV	DOS FAMILIAS	<input checked="" type="checkbox"/>
V	DOS FAMILIAS Y ORCENONIALES	
VI	TRES FAMILIAS	
VII	TRES FAMILIAS Y ORCENONIALES	
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS	
IX	ROCA TRITURADA, SUELO	
	NO SE OBSERVO	

COND.GENERALES- r _u	
COMPLETAMENTE SECO	r _u =0 <input checked="" type="checkbox"/>
HUMEDO	0<r _u <1
MOJADO	0,1<r _u <0,2
GOTEO	0,2<r _u <0,5
FULYENDO	r _u >0,5
AGUA A PRESION	r _u >0,5
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	r _u =r _u /z
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

FLUJO EN EXCAVACIONES	
SECO O FILTRACIONES LOCALES	<1 <input checked="" type="checkbox"/>
MULT. MEDIO O AGUA A PRESION LAVADO ABULTADO	1-2,5
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO ABULTADO	2,5-10
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE REJIL	>10
EXCEPCIONAL: ALTA SOCIALIZACION	>10
EXCEPCIONAL: ALTA SOCIALIZACION	>10
PRESION DE AGUA A PROX:	(Kg/cm ²)
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																								
DISCONTINUIDAD	NOMBRE	ESPACIAMIENTO				CONTINUIDAD				ABERTURA				NECESIDAD				RELLENO						
		>2m	60m-2m	20m-60m	6m-20m	<6m	4m	1-3m	5-10m	10-50m	Intermitente	0	<0.2mm	0.1-0.5mm	1-5mm	>5mm	ESCALONADA	ONDULADA	PLANA	COMPRESION	40mm	>40mm	BLANCO/NO	
		R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L
D1	N70W12N				<input checked="" type="checkbox"/>																<input checked="" type="checkbox"/>			B
D2	N125E50N				<input checked="" type="checkbox"/>																<input checked="" type="checkbox"/>			B

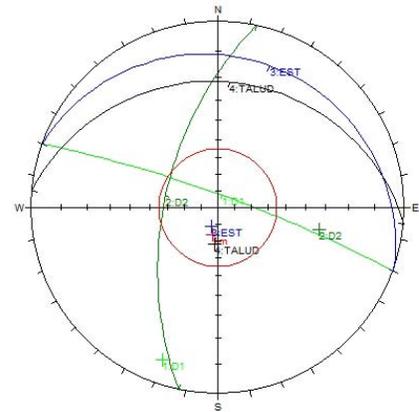
OBSERVACIONES GENERALES	
	NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO
	EL TAMAÑO DE ES MEDIO A GUESO
	ESTA CAPA REPRESENTA EL ALTO TOPOGRAFICO DE LA LINEA DE CRESTA QUE SEPARA LA QDA.2 DEL SECTOR LAS LAJAS, SIENDO LA QDA.2 EL SUR DE LOS CONUCOS.

SMR = 58

Grado de Estabilidad = Normal Parcialmente Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = desfavorable

Talud
 Diaclasa 1
 Diaclasa 2
 Estratificación
 Fricción



Observación: falla planar por D1

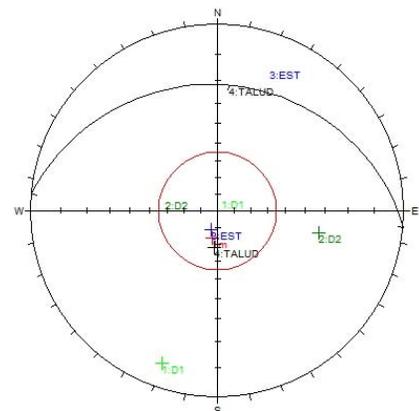


Figura 73 Red Estereográfica Unidad I: AF 24

Tabla 62 Afloramiento # 25 (AF 25)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CROQUIS GRÁFICO-NOTAS

CLASIFICACION GEOMECANICA	
(DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO: Playa Colorada. Zona 3. Qdas. El Tigre y Aceite e' Palo.	
OPERADOR: Yanelvy Romero	
FECHA: 16/03/2008	
DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACION: AF25 N	1,134,209
(LA CANOA) E	342,245
TIPO DE ROCA: ARENICA CUARZOSA	
ESTRA: N10E10N	
CF: ocre claro	
CM: gris	
METEORIZACION: leve	
DIACLASAS:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:
FALLAS:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA						
MATRIZ	Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:	
	Ib	F	DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS PRINCIPALES	-		
	II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA	<1.0%		<input checked="" type="checkbox"/>
	III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50		
	IV	HW	MUY ALTERADA	50-90		
	V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90		
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100			

COND.GENERALES- r _u	
COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/> r _u =0
HÚMEDO	<input type="checkbox"/> 0<r _u <1
MOJADO	<input type="checkbox"/> 0,1<r _u <0,2
GOTEO	<input type="checkbox"/> 0,2<r _u <0,5
FUJENDO	<input type="checkbox"/> r _u >0,5
AGUA A PRESION	<input type="checkbox"/> r _u >0,5
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	r _u /r _u 'z
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

FLUJO EN EXCAVACIONES	
SECO O FILTRACIONES LOCALES	<input checked="" type="checkbox"/> <1
MULT. MEDIO O AGUA A PRESION LAVADO ABUENO	<input type="checkbox"/> 1-2,5
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION ACCION DE SURTIDO EN	<input type="checkbox"/> 2,5-10
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE RELL.	<input type="checkbox"/>
EXCEPCIONAL: ALTA SOCIALIZACION EN TIEMPO	<input type="checkbox"/>
EXCEPCIONAL: ALTA SOCIALIZACION	<input type="checkbox"/> >10
PRESION DE AGUA A PROX:	(Kg/cm ²)
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPCION MACIZO	
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES
DIACLASADO	
Ia	MASIVO, SIN JUNTAS DISCONTINUALES
Ib	MASIVO, CON JUNTAS DISCONTINUALES
II	UNA FAMILIA
III	UNA FAMILIA Y DISCONTINUALES
IV	DOS FAMILIAS
V	DOS FAMILIAS Y DISCONTINUALES
VI	TRES FAMILIAS
VII	TRES FAMILIAS Y DISCONTINUALES
VIII	CUATRO O MÁS FAMILIAS
IX	ROCA TRITURADA, SUELO
NO SE OBSERVÓ	

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES

DISCONTINUIDAD	NOMBRE	ESPACIAMIENTO				CONTINUIDAD				ABERTURA				NECESIDAD				RELLENO				
		>2m	60m-2m	20m-60m	6m-20m	<6m	4m	1-3m	5-10m	10-50m	Intermitente	0	<0.2mm	0.1-0.8mm	1-8mm	>8mm	ESQUELETRADA	ORDEADA	PLANA	COMPACTO	40mm	50mm
		R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P
D1	INDIRECCION		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>														<input checked="" type="checkbox"/>	
D2	INDIRECCION		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>														<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES GENERALES

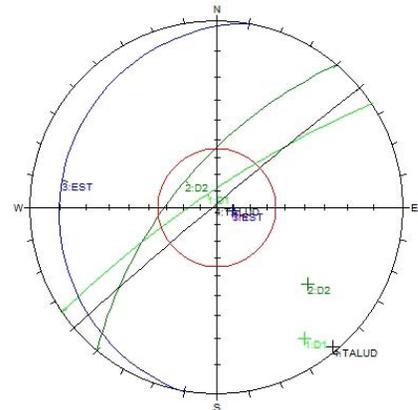
NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO EL TAMAÑO DE ES MEDIO A GRUESO

SMR = 5

Grado de Estabilidad = Muy Mala totalmente Inestable

Disposición de Estratificación frente al talud = desfavorable

Talud
 Diaclasa 1
 Diaclasa 2
 Estratificación
 Fricción



Observación: falla planar por D1 y D2

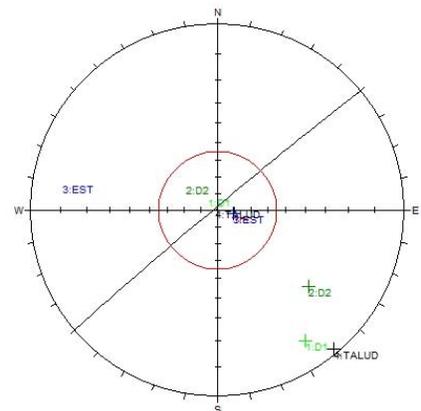


Figura 74 Red Estereográfica Unidad I: AF 25

Tabla 63 Afloramiento # 26 (AF 26)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CLASIFICACION GEOMECANICA	
(DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO: Playa Colorada. Zona4. Sector Zurita	
OPERADOR: Yanelvy Romero	
FECHA: 18/03/2008	

DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACION: AF26	N 1,132,142
(LA CANOA)	E 342,017
TIPO DE ROCA: INTERCALACION ARENISCA-LUTITA	
ESTRA: N1E40N	
CF: rojizo	
CM: negrusco	
METEORIZACION: muy meteorizada	
DIACLASAS:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:
FALLAS:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:

CROQUIS GRÁFICO-NOTAS



ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA						
MATRIZ	Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:	
	Ib	F	DIB L DECOLORACION EN JUNTAS PPALES	-		
	II	SV	LIGERAMENTE ALTERADA	<1.0%		<input checked="" type="checkbox"/>
	III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50		
	IV	HW	MUY ALTERADA	50-90		
	V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90		
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100			

COND.GENERALES- r _u	
COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/> r _u =0
HÚMEDO	<input type="checkbox"/> 0-0.1
MOJADO	<input type="checkbox"/> 0.1-0.2
GOTREADO	<input type="checkbox"/> 0.2-0.5
FULYENDO	<input type="checkbox"/> r _u >0.5
AGUA A PRESION	<input type="checkbox"/> r _u >0.5
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	r _u =r _u /z
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

FLUJO EN EXCAVACIONES	
SECO O FILTRACIONES LOCALES	<input checked="" type="checkbox"/> <1
FILT. MEDIO O AGUA A PRESION LAVADO SUELO	<input type="checkbox"/> 1-2.5
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION ACCION DE AVANCE SEN	<input type="checkbox"/> 2.5-10
GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE REJIL	<input type="checkbox"/> >10
EXCEPCIONAL: ALTA SOCIAL. OSCILAC. EN TIEMPO	
EXCEPCIONAL: ALTA SOCIAL. VIBRACION	
PRESION DE AGUA A PROX:	(Kg/cm ²)
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPCION MACIZO		
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO	
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES	
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES	
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES	
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS	<input checked="" type="checkbox"/>
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES	

DIACLASADO		
Ia	MASIVO, SIN JUNTAS ORCENIALES	
Ib	MASIVO, CON JUNTAS ORCENIALES	
II	UNA FAMILIA	
III	UNA FAMILIA Y ORCENIALES	
IV	DOS FAMILIAS	
V	DOS FAMILIAS Y ORCENIALES	
VI	TRES FAMILIAS	<input checked="" type="checkbox"/>
VII	TRES FAMILIAS Y ORCENIALES	
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS	
IX	ROCA TRITURADA, SUELO	
NO SE OBSERVO		

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																				
DESCONTINUIDAD	NOMBRE	ESPACIAMIENTO				CONTINUIDAD		ABERTURA			NECESIDAD			RELLENO						
		>2m	60m-2m	20m-60m	6m-20m	<5m	5-10m	0	<0.2mm	0.2-2mm	2-5mm	>5mm	ESCALONADA	ONDULADA	PLANA	COMPRESION	45mm	>45mm	BLANCO/PAVO	
		R	L	P	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P	R	L	P
D1	NEZUEBIM		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			B
D2	MPSVQBIM		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			B
D3	NEZVQBIM		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			B

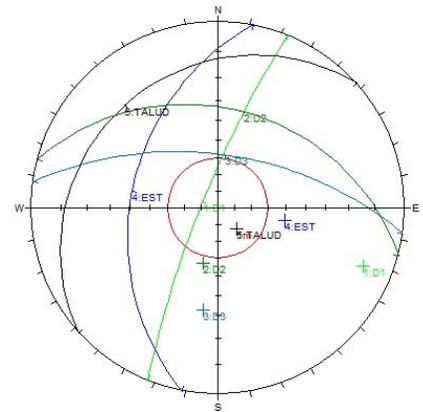
OBSERVACIONES GENERALES	
	NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO
	EL TAMAÑO DE ES MEDIO A GRUESO
	ESTE AFLORAMIENTO PERTENECE A LA PARTE TRASERA DE HOYO NEGRO-ACEITE E PALO POR ZURITA.
	CONTIENE FRAGMENTOS DE CRISTALES DE CUARZO
	LA ARENISCA ES DE COLOR GRIS OSCURO Y LA LUTITA ES TRATIFICADA ES DE COLOR FRESCO: BLANCA, COLOR METEORIZADO: MARRON A NEGRO.
	LOS ESPESORES DE LA ARENA ES DE 10-15M AL IGUAL QUE LAS LUTITAS. EL ALTO TOPOGRAFICO ESTA DOMINADO POR LA ARENA Y EL BAJO POR LA LUTITA.

SMR = 58

Grado de Estabilidad = Normal Parcialmente Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Desfavorable

- Talud**
- Diaclasa 1
- Diaclasa 2
- Diaclasa 3
- Estratificación
- Fricción



Observación: falla planar por D2 y estratificación

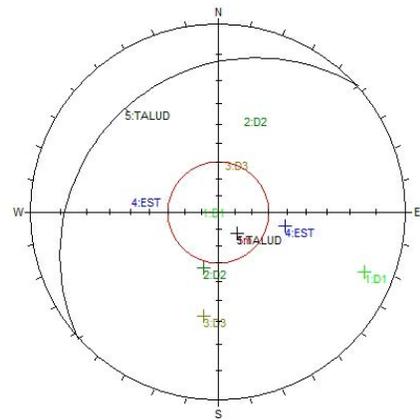


Figura 75 Red Estereográfica Unidad III: AF 26

Tabla 64 Afloramiento # 27 (AF27)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CROQUIS GRÁFICO-NOTAS



CLASIFICACION GEOMECANICA	
(DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO:	Playa Colorada. Zona4. Sector Zurita
OPERADOR:	Yanelvy Romero
FECHA:	18/03/2008
DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACION:	AF27 N N 1.132.163 (LA CANOA) E 342,295
TIPO DE ROCA:	INTERCALACION ARENISCA-LUTITA Y LENTES DE ARENA
ESTRA:	N20E18S
CF:	rojizo/ocre
CM:	negrusco
METEORIZACION:	muy meteorizada
DIACLASAS:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:
FALLAS:	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:

ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA					
MATRIZ	Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:
	Ib	F	DEBIL. DECOLORACION EN JUNTAS PPALES	-	
	II	SW	LIGERAMENTE ALTERADA	<1.0%	
	III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50	
	IV	HW	MUY ALTERADA	50-90	
	V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90	
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100		

COND.GENERALES- r _u		FLUJO EN EXCAVACIONES	
COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/> r _u =0	SECO O FILTRACIONES LOCALES	<input checked="" type="checkbox"/> <1
HUMEDO	<input type="checkbox"/> 0-0,1	FILT. MEDIO O AGUA A PRESION LAVADO RELLENDO	<input type="checkbox"/> 1-2,5
MOJADO	<input type="checkbox"/> 0,1-0,2	GRANDES O AGUA A GRAN PRESION INOCUIDAD JUNTAS SEÑ	<input type="checkbox"/> 2,5-10
GOTEA DO	<input type="checkbox"/> 0,2-0,5	GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE RELL	<input type="checkbox"/> >10
FUJENDO	<input type="checkbox"/> 0,5-1	EXCEPCIONAL. ALTA SOCIAL.OCASION. ENTORNO	
AGUA A PRESION	<input type="checkbox"/> r _u >0,5	EXCEPCIONAL. ALTA SOCIAL.OCASION. ENTORNO	
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	r _u /r _u '	PRESION DE AGUA A PROX:	(Kg/cm ²)
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPCION MACIZO	
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES
DIACLASADO	
Ia	MASIVO, SIN JUNTAS O CASI SIN JUNTAS
Ib	MASIVO, CON JUNTAS O CASI SIN JUNTAS
II	UNA FAMILIA
III	UNA FAMILIA Y OTRAS
IV	DOS FAMILIAS
V	DOS FAMILIAS Y OTRAS
VI	TRES FAMILIAS
VII	TRES FAMILIAS Y OTRAS
VIII	CUATRO O MÁS FAMILIAS
IX	ROCA TRITURADA, SUELO
	NO SE OBSERVÓ

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																								
DISCONTINUIDAD	NÚMERO Y AZ	ESPACIAMIENTO				CONTINUIDAD				ABERTURA				NECESIDAD				RELLENO						
		>2m	60cm-2m	20cm-60cm	6cm-20cm	<6cm	4m	1-2m	5-10m	10-20m	2m-6cm	0	<0.2mm	0.1-2mm	1-8mm	>8mm	ESQUELONADA	ONDULADA	PLANA	COMPACTACION	<5mm	>5mm		
		R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P
D1	N02E08W				<input checked="" type="checkbox"/>																			
D2	N05W04E				<input checked="" type="checkbox"/>																			

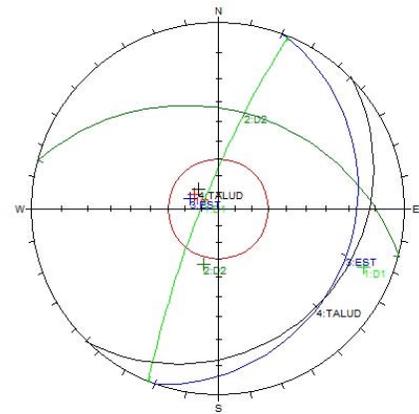
OBSERVACIONES GENERALES	
	NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO
	EL TAMAÑO DE ES GRUESO A CONGLOMERATICO
	ESTA INTERCALACION COMPRENDE: ARENISCA CUARZOSA DE 30M DE ESPESOR
	LUTITA DE 2M DE ESPESOR. COLOR FRESCO: BLANCSUCO. COLOR METEORIZADO: GRIS OSCURO.
	LENTES DE LUTITA E TEROLITAS

SMR = 58

Grado de Estabilidad = Normal Parcialmente Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Desfavorable

Talud
 Diaclasa 1
 Diaclasa 2
 Estratificación
 Fricción



Observación: posible falla por volcamiento por D2

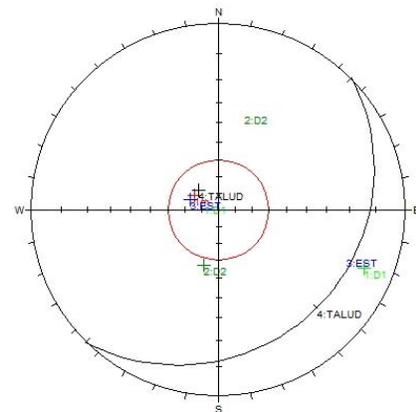
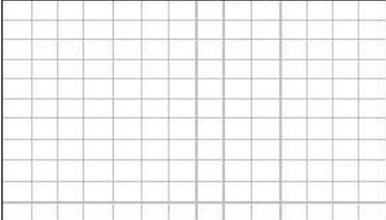


Figura 76 Red Estereográfica Unidad III: AF 27

Tabla 65 Afloramiento # 28 (AF 28)

 <p>OFICINA TÉCNICA INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T. Y ASOCIADOS C.A.</p>		CLASIFICACION GEOMECANICA	
		(DATOS DE CAMPO)	
CROQUIS GRÁFICO-NOTAS 		PROYECTO: Playa Colorada. Zona4. Sector Zurita	
		OPERADOR: Yanelvy Romero	
		FECHA: 18/03/2008	
		DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACION: AF 28 N 1,131,989 (LA CANOA) E 341,733		TIPO DE ROCA: INTERCALACION DE LUTITA-ARENISCA	
ESTRA: N11E78N		CF: rojizo/naranja	
CM: pardusco		METEORIZACION: muy meteorizada	
DIACLASAS: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:		FALLAS: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OBS:	

MATRIZ	ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA			
	Ia	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:
	Ib	DEBIL DECOLORACION EN JUNTAS FRILES	-	
	II	LGGERAMENTE ALTERADA	<10%	<input checked="" type="checkbox"/>
	III	BASTANTE ALTERADA	10-50	
	IV	MUY ALTERADA	50-90	
V	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90		
VI	ROCA DESCOMPUESTA	100		

AGUA	COND.GENERALES - r_u		FLUJO EN EXCAVACIONES	
	COMPLETAMENTE SECO	r _u =0	SECO O FILTRACIONES LOCALS	<1
	HÚMEDO	0-0,1	FULT. MEDIO O AGUA A PRESION LAVADO RELUCIO GRANIOS O AGUA A GRAN PRESION ACCOMP. JUNTAS SIN	1-2,5
	MOJADO	0,1-0,2	GRANIOS O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE REALL	2,5-10
	GOTEADO	0,2-0,5	EXCEPCIONAL: ALTA DIFUSION LOCALS EN TIEMPO	>10
	FLUYENDO	r _u >0,5	EXCEPCIONAL: ALTA DIFUSION ALTERNADA	
AGUA A PRESION	r _u =w/z	PRESION DE AGUA A PROX: (Kg/cm ²)		
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES				
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	

RED DE DISCONTINUIDADES	DESCRIPCION MACIZO	
	MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO
	EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES
	TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES
	COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES
	IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS
	TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES
	DIACLASADO	
	Ia	MASIVO, SIN JUNTAS DISCONTINUALES
	Ib	MASIVO, CON JUNTAS DISCONTINUALES
II	UNA FAMILIA	
III	UNA FAMILIA Y DISCONTINUALES	
IV	DOS FAMILIAS	
V	DOS FAMILIAS Y DISCONTINUALES	
VI	TRES FAMILIAS	
VII	TRES FAMILIAS Y DISCONTINUALES	
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS	
IX	ROCA TRITURADA, SUELO	
	NO SE OBSERVO	

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																					
DISCONTINUIDAD	NOMBRE Y SUZ	ESPACIAMIENTO				CONTINUIDAD				ABERTURA				RESECCION				RELLENO			
		>2m	60cm-5m	20cm-60cm	6cm-20cm	<6cm	1-5m	5-10m	10-20m	Intercedido	0	40-10mm	0,1-20mm	1-20mm	>20mm	ESCALONADA	ONDULADA	PLANA	CON FORCION	LIBRE	
D1	NZZERIM			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>													<input checked="" type="checkbox"/>	B
D2	NPSW64M			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>													<input checked="" type="checkbox"/>	B

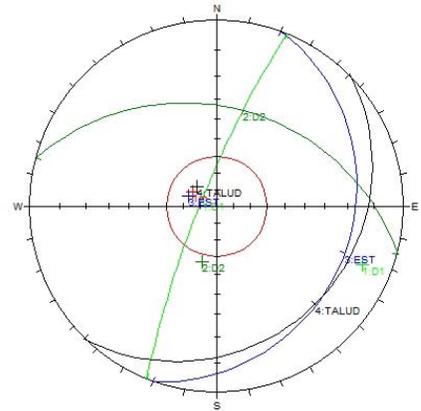
OBSERVACIONES GENERALES	
	NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO
	EL TAMAÑO DE ES DE MEDIO A GRUESO
	ESTA INTERCALACION COMPRENDE: ARENISCA CUARZOSA DE 5M DE ESPESOR
	LUTITA DE 2M DE ESPESOR. COLOR FRESCO: GRIS.COLOR METEORIZADO: NEGRO
	LA SECUENCIA ES RITMICA DE ARENISCA DE 1M,LUTITA DE 2M,ARENISCA DE 1M, ARENISCA DE 2M Y LUTITA DE 1M.

SMR = 62

Grado de Estabilidad = Buena Estable

Disposición de Estratificación frente al talud = Desfavorable

Talud
 Diaclasa 1
 Diaclasa 2
 Estratificación
 Fricción



Observación: posible falla por volcamiento por D2

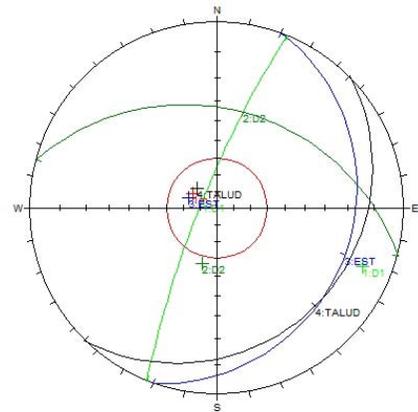


Figura 77 Red Estereográfica Unidad III: AF 28

Tabla 66 Afloramiento # 29 (AF 29)



OFICINA TÉCNICA
INGENIERO JOSÉ V. HEREDIA T.
Y ASOCIADOS C.A.

CLASIFICACION GEOMECANICA	
(DATOS DE CAMPO)	
PROYECTO: Playa Colorada. Zona4. Sector Zurita	
OPERADOR: Yanelvy Romero	
FECHA: 18/03/2008	
DATOS AFLORAMIENTO	
UBICACION: AF29	N 1,132,308
(LA CANOA)	E 341,429
TIPO DE ROCA: INTERCALACION DE ARENISCA-LUTITA, PLEGADO Y FALLADO	
ESTRA: N11E78N	
CF: rojizo/naranja	
CM: pardusco	
METEORIZACION: muy meteorizada	
DIACLASAS:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> OBS:
FALLAS:	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> OBS:

CROQUIS GRAFICO-NOTAS



ALTERACION DE LA MATRIZ ROCOSA					
MATRIZ	Ia	F	ROCA SANA O FRESCA	-	OTRO TIPO DE ALTERACION FUERA DE LA ESCALA ISRM:
	Ib	F	DEBIL. DECOLORACION EN JUNTAS PRALES	-	
	II	SV	LIGERAMENTE ALTERADA	<1.0%	
	III	MW	BASTANTE ALTERADA	10-50	
	IV	HW	MUY ALTERADA	50-90	
	V	CS	COMPLETAMENTE ALTERADA	>90	
VI	RS	ROCA DESCOMPUESTA	100		

COND.GENERALES- r _u		FLUJO EN EXCAVACIONES	
COMPLETAMENTE SECO	<input checked="" type="checkbox"/> r _u =0	SECO O FILTRACIONES LOCALES	<input checked="" type="checkbox"/> <1
HUMEDO	<input type="checkbox"/> 0-0,1	MULT. MEDIO O AGUA A PRESION LAVADO RELLENDO	<input type="checkbox"/> 1-2,5
MOJADO	<input type="checkbox"/> 0,1-0,2	GRANDES O AGUA A GRAN PRESION INOCUIDAD SIN FILTRACION	<input type="checkbox"/> 2,5-10
GOTEA DO	<input type="checkbox"/> 0,2-0,5	GRANDES O AGUA A GRAN PRESION LAVADO DE RELL.	<input type="checkbox"/> >10
FLUYENDO	<input type="checkbox"/> r _u >0,5	EXCEPCIONAL. ALTA SICALOCACION EN TIEMPO	
AGUA A PRESION	<input type="checkbox"/> r _u >0,5	EXCEPCIONAL. ALTA SICALOCACION	
RAZON DE PRESION INTERSTICIALES	r _u /r _u 'z	PRESION DE AGUA A PROX:	(Kg/cm ²)
ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	ESTACIONALIDAD	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPCION MACIZO	
MASIVO	POCAS DISCONTINUIDADES O ESPACIAMIENTO AMPLIO
EN BLOQUES	APROXIMADAMENTE EQUIDIMENSIONALES
TABULAR	DIMENSION MENOR QUE ANTERIORES
COLUMNAR	DIMENSION MAYOR QUE ANTERIORES
IRREGULAR	FORMA Y TAMAÑO BLOQUES VARIAS
TRITURADO	MUCHAS DISCONTINUIDADES
DIACLASADO	
Ia	MASIVO, SIN JUNTAS ORCACIONALES
Ib	MASIVO, CON JUNTAS ORCACIONALES
II	UNA FAMILIA
III	UNA FAMILIA Y ORCACIONALES
IV	DOS FAMILIAS
V	DOS FAMILIAS Y ORCACIONALES
VI	TRES FAMILIAS
VII	TRES FAMILIAS Y ORCACIONALES
VIII	CUATRO O MAS FAMILIAS
IX	ROCA TRITURADA, SUELO
	NO SE OBSERVO

CARACTERISTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES																						
DISCONTINUIDAD	NOMBRE	ESPACIAMIENTO				CONTINUIDAD				ABERTURA				NECESIDAD				RELLENO				
		1-2m	3-5m	6-10m	10-20m	1-5m	5-10m	10-20m	20-50m	0	0-1mm	0,1-2mm	1-5mm	5-10mm	ESCALONADA	ONDULADA	PLANA	COMPACTACION	4-8mm	8-16mm		
		R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P	P	R	L	P		
D1	N02E08N																					
D2	N05W64N																					

OBSERVACIONES GENERALES	
	NO REACCIONA AL CONTACTO CON EL ACIDO CLORHIDRICO
	EL TAMAÑO DE ES DE MEDIO A GRUESO
	ESTA INTERCALACION COMPRENDE: ARENISCA DE 5M DE ESPESOR
	LU LITTA DE 2M DE ESPESOR. COLOR FRESCO: GRIS. COLOR METEORIZADO: NEGRO
LA SECUENCIA ES RITMICA DE ARENISCA DE 1M, LUTITA DE 2M, ARENISCA DE 1M, ARENISCA DE 2M Y LUTITA DE 1M.	

Tabla 67 Resumen de parámetros geomecánicos

IDENTIFICACIÓN		σ_{ci}	INVERSO DEL ESPACIADO			J_v	RQD (%)	DESCRIPCIÓN DIACLASAS					CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS			
PARADA	FAM. DIACLASAS		F1	F2	F3			ESPACIAMIENTO	CONTINUIDAD	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	METEORIZAC.	RMR	Q	GSI
AF4	3	75	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AF13	3	75	2	6	2	24	8	2m-60 cm	3-10 m	> 5 mm	PLANO RUG.	ARENA >5 mm	MODERADA	44	0.3	40-50
AF15	2	75	5	3	0	8	89	20cm-6cm	3-10 m	> 5 mm	OND. RUG.	ARENA >5 mm	LEVE	41	0.6	40-50
AF16	2	75	5	4	0	20	8	60cm-2m	1-3 m	> 5 mm	PLANO RUG.	ARENA >5 mm	MODERADA	51	0.918	45-55
AF17	2	75	6	4	0	24	8	60cm-2m	1-3 m	> 5 mm	PLANO RUG.	ARENA <5 mm	MODERADA	46	0.675	45-55
AF21	2	75	6	4	0	24	8	20cm-60m	3-10m	> 5 mm	PLANO RUG.	ARENA >5 mm	LEVE	47	0.675	45-50
AF24	2	75	5	4	0	20	8	6cm-20cm	1-3 m	< 5 mm	PLANO RUG.	ARENA <5 mm	MODERADA	43	0.918	45-50
AF25	2	75	6	4	0	24	8	20cm-60cm	3-10 m	1-5mm	PLANO RUG.	ARENA <5 mm	LEVE	43	0.675	40-50

Tabla 68 valores de m_i Valores del m_i

IDENTIFICACIÓN			m_i	LITOLOGÍA
PARADA	NORTE	ESTE		
AF4	1134719	342846	17	ARENISCA
AF13	1132759	340949	17	ARENISCA CUARZOSA
AF15	1133622	341084	17	ARENISCA CUARZOSA
AF16	1133073	341879	17	ARENISCA CUARZOSA
AF17	1133497	341379	17	ARENISCA CUARZOSA
AF21	1133321	342562	17	ARENISCA CUARZOSA
AF24	1133594	342574	17	ARENISCA
AF25	1134209	342245	17	ARENISCA CUARZOSA

Tabla 69 Resumen de la clasificación geomecánica

PARADA	UNIDAD	BIENIASWKI (1989)	BARTON (2000)						BIENIASWKI (1989)
		RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	CLASE
AF4	UAQ	-	9	-	-	1	-	-	-
AF13	UAQ	36	9	1.5	4	1	5	0.3	Roca muy mala
AF15	UAQ	16	4	3	4	1	5	0.6	Roca muy mala
AF16	UAQ	49	4	1.5	4	1	5	0.918	Roca muy mala
AF17	UAQ	36	4	1.5	4	1	5	0.675	Roca muy mala
AF21	UAQ	36	4	1.5	4	1	5	0.675	Roca muy mala
AF24	UAQ	49	4	1.5	4	1	5	0.918	Roca muy mala
AF25	UAQ	36	4	1.5	4	1	5	0.675	Roca muy mala

Tabla 70 Calidad del macizo

IDENTIFICACIÓN			RESISTENCIA DE LA ROCA SANA	RQD	ESPACIAMIENTO	CONTINUIDAD	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	METEORIZACIÓN	HIDROGEOLOGÍA	RMR		CALIDAD DEL MACIZO		
PARADA	NORTE	ESTE										INICIAL	CORREGIDO	CLASE	CALIDAD	
AF4	1134719	342846	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AF13	1132759	340949	2	8	15	2	0	3	0	3	15	53	33	IV	MALA	
AF15	1133622	341084	2	8	10	2	0	3	0	5	15	50	39	IV	MALA	
AF16	1133073	341879	2	8	15	4	0	3	0	3	15	52	43	III	MEDIA	
AF17	1133497	341379	2	8	15	4	0	3	2	3	15	54	40	IV	MALA	
AF21	1133321	342562	2	8	10	2	0	3	0	5	15	47	40	IV	MALA	
AF24	1133594	342574	2	8	10	4	1	3	2	3	15	50	43	III	MEDIA	
AF25	1134209	342245	2	8	10	4	1	3	2	5	15	53	40	IV	MALA	

Tabla 71 Resumen de parámetros geomecánicos

IDENTIFICACIÓN		σ_{ci}	INVERSO DEL ESPACIADO			J_v	DESCRIPCIÓN DIACLASAS						CLASIFICACIONES GEOMECAÑICAS		
PARADA	FAM. DIACLASAS		F1	F2	F3		ESPACIAMIENTO	CONTINUIDAD	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	METEORIZAC.	RMR	Q	GSI
AF10	2	35	8	4	0	32	6cm-20cm	1-3 m	> 5 mm	PLANA RUG	ARENA >5 mm	MODERADA	42	0.176	40-50
AF11	3	35	2	8	3	24	2m-60 cm	1-3 m	> 5 mm	OND. RUG.	ARENA >5 mm	MUY ALT	48	0.6	40-50
AF18	2	35	4	5	0	20	20cm-60cm	3-10 m	> 5 mm	OND. RUG.	ARENA >5 mm	MUY MET	40	1.83	40-50
AF19	2	35	6	5	0	30	20cm-60cm	3-10 m	> 5 mm	OND. RUG.	ARENA >5 mm	MODERADA	36	0.6	35-40
AF26	3	35	2	7	2	28	20cm-60cm	1-3m	1-5mm	OND. RUG.	ARENA <5 mm	MODERADA	39	0.8625	35-45
AF27	2	35	4	7	0	28	6cm-20cm	1-3m	1-5mm	OND. RUG.	ARENA <5 mm	MUY METEOR	33	0.8625	30-40
AF28	2	35	6	4	0	24	6cm-20cm	1-3m	1-5mm	OND. RUG.	ARENA <5 mm	MUY METEOR	44	1.35	35-45
AF29	2	35	4	5	0	20	6cm-20cm	1-3m	1-5mm	OND. RUG.	ARENA <5 mm	MUY METEOR	44	1.83	35-45

Tabla 72 valores de m_i Valores del m_i

IDENTIFICACIÓN			m_i	LITOLOGÍA
PARADA	NORTE	ESTE		
AF10	1134449	341290	13	ARENISCA
AF11	1133033	341526	13	ARENISCA/LUTITA
AF18	1133521	341987	13	ARENISCA
AF19	1133513	342187	13	ARENISCA
AF26	1132142	342017	13	ARENISCA/LUTITA
AF27	1132163	342295	13	ARENISCA/LUTITA
AF28	1131989	341733	13	ARENISCA/LUTITA
AF29	1132308	341429	13	ARENISCA/LUTITA

Tabla 73 Resumen de la clasificación geomecánica

PARADA	UNIDAD	BIENIASWKI (1989)	BARTON (2000)						BIENIASWKI (1989)
		RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	CLASE
AF10	UAL	9.4	4	1.5	4	1	5	0.176	Roca muy mala
AF11	UAL	36	9	3	4	1	5	0.6	Roca muy mala
AF18	UAL	49	4	3	4	1	5	1.83	Roca mala
AF19	UAL	16	4	3	4	1	5	0.6	Roca muy mala
AF26	UAL	23	9	3	4	1	5	0.8625	Roca muy mala
AF27	UAL	23	4	3	4	1	5	0.8625	Roca muy mala
AF28	UAL	36	4	3	4	1	5	1.35	Roca mala
AF28	UAL	36	4	3	4	1	5	1.35	Roca mala
AF29	UAL	49	4	3	4	1	5	1.83	Roca mala

Tabla 74 Calidad del macizo

IDENTIFICACIÓN			RESISTENCIA DE LA ROCA SANA	RQD	ESPACIAMIENTO	CONTINUIDAD	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	METEORIZACIÓN	HIDROGEOLOGÍA	RMR		CALIDAD DEL MACIZO	
PARADA	NORTE	ESTE										INICIAL	CORREGIDO	CLASE	CALIDAD
AF10	1134449	341290	2	3	15	4	0	3	0	3	15	50	28	IV	MALA
AF11	1133033	341526	1	8	15	4	0	3	0	1	15	52	39	IV	MALA
AF18	1133521	341987	2	8	10	2	0	3	0	1	15	45	49	III	MEDIA
AF19	1133513	342187	2	8	10	2	0	3	0	3	15	48	39	IV	MALA
AF26	1132142	342017	2	8	10	4	1	3	2	3	15	48	43	III	MEDIA
AF27	1132163	342295	2	8	10	4	1	3	2	1	15	46	43	III	MEDIA
AF28	1131989	341733	2	8	15	4	1	3	2	1	15	51	47	III	MEDIA
AF29	1132308	341429	2	8	15	4	1	3	2	1	15	51	49	III	MEDIA

7. CONCLUSIONES

Finalizado el procesamiento e interpretación de los datos recolectados durante el presente estudio, se concluyen los siguientes aspectos más resaltantes:

Los movimientos de masas ocurridos en la zona de estudio en septiembre de 2007, consistieron principalmente en flujos de detritos y caídas de bloques de rocas en las zonas altas, y flujos de lodo en las zonas bajas.

Estos materiales fueron transportados hasta la zona semiplana y/o plana en donde se depositaron en forma de vertientes asimétricas y fondo plano.

En la zona alta ocurrieron movimientos de masa que arrastraron la capa de suelo residual y de roca meteorizada, mientras que en la zona baja, los movimientos fueron más superficiales, arrastrando la capa de suelo residual.

Los flujos torrenciales incorporaron materiales con una amplia gama granulométrica, desde arcillas hasta inmensos bloques.

Las altas pendientes de las laderas a lo largo de toda el área de estudio, aumentan la velocidad de las aguas de los cauces, facilitando la erosión fluvial, debido a que el escurrimiento fue lo suficientemente poderoso para vencer la resistencia del suelo a la erosión, así mismo en una pendiente elevada es más difícil la acumulación de material que permita una protección a la erosión.

Bajo condiciones de lluvia extremas es sumamente difícil evitar que se produzcan movimientos de masa, debido a la alta saturación del suelo que produce la presión de los poros que causan la reducción de la resistencia al corte del suelo.

Debido a que la construcción del mapa de amenaza se realiza mediante una superposición de mapas temáticos básicos, se reduce la elaboración subjetiva lo que hace más confiable la información contenida en el mapa.

El método es de sencilla aplicación ya que se van separando zonas con diversas características obteniendo para cada parámetro ya sea estructural, litológico, geomorfológico, y orientación de las laderas y/o taludes, casos favorables, desfavorables, así como situaciones de transición a la estabilidad o inestabilidad de un terreno.

Mediante el uso de los mapas temáticos se puede realizar un análisis de un sector en específico a fin de lograr una interpretación más detallada, ya que los mismos poseen un gran valor de conjunto e individual para el análisis de la estabilidad, a la vez que proporcionan diversa información de interés geológico.

Debido a la escala y la metodología empleada en la confección del mapa de amenaza, éste permite obtener una visión de la distribución de los sectores según su estabilidad, lo que permitirá una adecuada planificación urbana en la zona del área de estudio, conforme a la identificación de las zonas menos vulnerables; pero es importante señalar que se deben ejecutar los estudios de detalle necesarios para el diseño de una obra en específico, para asegurar por completo su estabilidad.

La clasificación de estabilidad de los sectores en el mapa de amenaza, corrobora que la mayor densidad de procesos de inestabilidades de laderas se produjeron en las zonas clasificadas como altamente inestables e inestables disminuyendo su densidad a medida que el rango de estabilidad aumenta, de esta manera se constata que la metodología utilizada para el diagnóstico geotécnico de amenaza es efectiva.

La estratificación posee dos tendencias predominantes, la primera con valor promedio de los rumbos N67°W y buzamiento 50°N y la segunda con rumbo N66°E y buzamiento 51°N.

8. RECOMENDACIONES

Como resultado del estudio realizado se recomienda:

Planificar y activar la instalación de estaciones pluviométricas complementarias, así como la recuperación las estaciones que se encuentren inactivas, lo que permitirá el seguimiento continuo de la lluvia y la implementación de sistemas de alerta temprana a poblaciones vulnerables a eventos naturales.

Para el correcto funcionamiento de los sistemas de alerta temprana es de suma importancia realizar los estudios que permitan conocer la relación existente entre la lluvia y la capacidad de retención de agua de los suelos presentes en la zona, que permitan establecer los umbrales del inicio de los movimientos de masa.

Implementar campañas de educación ante el peligro para la población, que permitan dar a conocer las medidas y acciones que deben realizarse al momento de producirse eventos naturales.

Diseñar las obras de ingeniería necesarias para la protección de la población vulnerable a eventos naturales, entre las cuales se cuentan: las presas de contención, los muros de gaviones, las estructuras de disipación de energía y las barreras de retención de detritos en los cauces, de manera de contener materiales de cierto tamaño, reduciendo la energía de los detritos y haciendo que se depositen. Para tal fin es necesario el estudio de las variables involucradas en el diseño de las mismas, como: rutas del flujo, tipo, volumen y velocidad del material, así como las zonas de depositación del mismo para asegurar que la selección y características de la presa y demás obras sean las más idóneas para el terreno, teniendo en cuenta un factor muy importante como lo es la optimización de los costos.

Luego de realizadas las obras, es necesario implementar un programa de mantenimiento, en la cuenca, ya que luego de ocurrir eventos naturales de consideración, los materiales gruesos retenidos en estas estructuras deben ser removidos para evitar que las mismas se colmaten de detritos y no puedan realizar su función correctamente.

Realizar las obras de canalización de ríos y quebradas, ampliando en caso de ser necesario los cauces existentes.

Evaluar las condiciones de estabilidad del terreno en las construcciones que lo ameriten, prestando atención a aquellas ubicadas en los márgenes de las quebradas y/o ríos y las ubicadas en los bordes de las laderas y/o taludes con alta pendiente. En caso de ser necesario planificar la reubicación de la población ubicada en zonas altamente inestables.

Respetar el margen de seguridad de la cuenca.

Reforestar en la medida de lo posible con la vegetación idónea, las áreas afectadas por los movimientos de masa, para evitar la erosión del suelo, lo cual contribuye con la estabilidad de los terrenos.

Adelantar los estudios geológico-geotécnicos locales en los sectores que se considere necesario, de manera de disminuir la vulnerabilidad de la población, adaptándose en la medida de lo posible al terreno.

Realizar el análisis de las columnas de sedimentos en las zonas más afectadas con el fin de conocer cuál es el período de retorno de eventos naturales de importante magnitud, con el fin de tomar medidas especiales que contribuyan a mitigar los daños.

Ejecutar los trabajos de estabilización en las cuencas, entre los cuales se tienen: obras de drenaje para estabilizar un talud, las zanjas interceptoras de escurrimiento superficial, las

mallas ancladas para evitar la caída de rocas, el terraceo de las laderas antes de realizar la reforestación de una zona afectada por movimientos de masa, la colocación de muros de roca para interceptar el escurrimiento superficial y traviesas de mampostería o traviesas formadas por celdas de troncos rellenas con rocas para evitar la erosión en cárcavas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AUBOUIN, J. (1980). "Tratado de Geología". Ediciones Omega, S.A. Tomo III.
- Audemard, Frank (2000). Schematic map of Quaternary faults of Venezuela. Informe Inédito. FUNVISIS. Caracas. p. 1-20.
- Audemard, F.A., Romero, G., Rendon, H., Cano, V., 2004, Quaternary fault Kinematics and stress tensors along the southern Caribbean from fault - slip data and focal mechanism solution: en *Earth - Science Reviews* xx (2004).
- Avé Lallemant, H., 1997, Transpression, displacement partitioning, and exhumation in the eastern, Caribbean/ South America plate boundary zone: *Tectonics*v. 16, n.2. p.272-289.
- Ayala, C *et al.* (1991). *Manual de Ingeniería de Taludes*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. p. 459.
- 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.
- Beltrán, C. (Compiler), 1993, Mapa Neotectónico de Venezuela, 1: 2, 000,000 escala. Funvisis. LOYO, B., 1986. Estudio Tecto estratigráfico de la Cuenca del Tuy, Edo. Miranda, Venezuela. Trabajo Esp. de Grado, Esc. Geol., Min. Y Geof., Universidad Central de Venezuela.p.179. Inédito.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Wiley, New York.

Caicedo, G. Medina D. (2005). *Caracterización Geológica-Geotécnica de una zona ubicada en el eje vial y local 1, entre Valera- Trujillo. Municipio Trujillo y Motatan, Estado Trujillo.* Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica..Trabajo Especial de Grado. INEDITO.

CIEN-COMISIÓN INTERFILIALES DE ESTRATIGRAFÍA Y NOMENCLATURA (1997). Léxico estratigráfico Electrónico de Venezuela. INTEVE-PDVSA, edición electrónica www.pdvsa.com/lexico. Versión en CD (1999).

Comite Interfiliar de Estratigrafía y Nomenclatura cien. (2007). "Formación Barranquin", Léxico Estratigráfico de las Cuencas Petrolíferas de Venezuela". (<http://www.pdvsa.com/lexico/b12w.htm>)

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.

Cruden C.M. y Varnes, D.J. (1996). *Landslide Types and Processes. In Turner A.K. & Schuster, R.L. (1996) Landslides: Investigation and Migitación. Special Report 247. Transportation Research Board. National Research Council. National Academy Press. Washintong, D.C., p. 675.*

COPLANAR. (1974). "Glosario de términos geomorfológicos". Caracas, IGVSMB-MARN. s/p.

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.

Derrau, M (1970). *Geomorfología*. Edil. Ariel, Barcelona. p. 442.

DE MARCO, Pietro (2004). *Guía de estudios de la cátedra Mecánica de Rocas*. Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Minas. Inédito. Caracas.

DE MARCO, Pietro. (1995). *Determinación de la resistencia mecánica de las rocas mediante ensayos de laboratorio*. Trabajo de ascenso. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas. p.37.

Gonzalez, A.; Millan, J.; Soler, F y Vesga. L. (2000). Evaluación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Fenómenos de Remoción en masa en Santa Fé de Bogotá-Colombia. INGEOCIM, Dirección de Prevención y tención de Emergencias de Bogotá-DPAE. Colombia-Bogotá. p.1-19.

González de Juana. C., J. M. Iturralde de Arosena y X. Javier, 1980. *Geología de Venezuela y de sus cuencas petroleras*. Edic. Foninves, Caracas, 2 Tomos: p.1031.

González de Vallejo, Luis (2002). *Ingeniería Geológica*. Editoroal Pearson-Prentice hall, españa-Madris. p.2-695.

GRASES, J., J. AMUNDARAY, A. MALAVER, P. FELIZIANI, L. FRANCESCHI Y J. RODRÍGUEZ. (2000). "Efectos de las lluvias caídas sobre Venezuela en diciembre de 1999". Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD. CDB publicaciones, Caracas. 224 p.

Hedberg, H. D., 1950-a. Geology of the Eastern Venezuela basin (Anzoátegui-Monagas-Sucre-Eastern Guárico portion). *Geol. Soc. Amer.*, Bull. 61(11): 1173-1216.

HACKLEY P.C., F. URBANI, A. W. KARLSEN & C. P. GARRITY. 2005. Geologic Shaded Relief Map of Venezuela. *U.S. Geological Survey, Open File Report 2005-1038*. (<http://pubs.usgs.gov/of/2005/1038>)

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.

HUBER O. (1984). Mapa de vegetación de Venezuela. Oscar Todtmann editores, Caracas, s/p.

Liddle, R. A., 1928. *The geology of Venezuela and Trinidad*, J. P. MacGowan, Fort Worth, Texas. p. 552.

ISRM, International Society for Rock Mechanics. (1981). *Rock characterization testing & monitoring. ISRM suggested methods*. Pergamon Press. Londres. p.211.

MACHADO H, Tatiana C (2000). Caracterización geotécnica de las masas rocosas sedimentarias de la Serranía del Interior Oriental. UCV-TEG.p 150.

Macotay O. y E. Alvarez, 1987. Formación Chuparipal: nueva unidad carbonática del Cretáceo Inferior en el nororiente de Venezuela. *Bol. Soc. Venez. Geol.* Caracas. 294: 18-29.

- Macsoyay, O.; V. Vivas; N. Pimentel y A. Bellizia, 1985. Estratigrafía y tectónica del Cretáceo-Paleoceno de las islas al norte de Puerto La Cruz-Santa Fe y regiones adyacentes. Excursión. *VI Cong. Geol. Venez.*, Caracas. 10: 7125-7175.
- Montes, L, y Singer, A (1977). *Inventario y diagnóstico geotécnico aplicado a sectores urbanos*. Memorias V Congo Geol. Ven. Tomo IV. : 1699-1708.
- 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.
- Parnaud, F., Gou, Y., Pascual, J.C., Truskowski, I., Gallango, O. and Passalacqua, H., 1995, Petroleum Geology of the Central Part of the Eastern Venezuela Basin: in Tarkard, A.J., Suarez, R., and Welsink, H.J., Petroleum basins of South America: AAPG, M. 62.p. 741-756.
- Passalacqua, H., Fernandez, F., Gou, Y., and Roure, F., 1995, Crustal Architecture and Strain Partitioning in the Eastern Venezuelan Ranges: in Tarkand, A.J., Suarez, R., and Welsink, H.J., Petroleum basins of South America: AAPG, M. 62 .p. 667-679.
- Perri, G. (1999). Contribución a la Caracterización Geomecánica de los Macisos Rocosos en base al GSI de Hoek. *Boletín de la sociedad venezolana de Geotecnia* (75): 3-20.
- Perri, G. (2002). Proyecto de Túneles: Criterios de Diseño. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Geotecnia* (81): 3-40.
- Pindell, J. ; Cande, S. ; Pinman W. ; Rowley, D. ; Dewey, J. ; Labrecqu, J. and Haxby W. (1988) A Plate-kinematic Framenwork for Model of Caribbean Evolution. 155. p. 121- 135.

- Ragusa S, Giovannina., (1993). Análisis Secuencial de la Formación Barranquín.
- RICE, R. (1983). "Fundamentos de Geomorfología." Ed. Paraninfo, S.A., Madrid. p.392.
- Rosales, H., 1960. Estratigrafía del Cretáceo-Oaleoceno-Eoceno de la Serranía del Interior, Oriente de Venezuela. *III Cong. Geol. Venez.*, Caracas, 1959, Mem., 2: 471-495.
- Rosales, H. (1972) La Falla de San Francisco en el Oriente de Venezuela, Tomo II Caracas 4. p. 2322-2336.
- Rossi, T., (1985), Contribution a l'étude geologique de la frontiere Sud - Est de la plaque Caraibes Etude geologique de la Serranía, La Serranía del Interior Oriental (Venezuela) sur le transect Cariaco - Maturín, Syntheses Paleogeographique et Geodynamique: [Tesis de P. H. D] de L'Universitede Bretagne Occidentale.p. 340.
- Ruzzante, E. (1979). "Geología de una zona ubicada en la parte central de la Cordillera de la Costa D.F".UCV-TEG.p 150.
- Salazar R, L. (2002). "Estratigrafía y evolución estructural del Intervalo mioceno medio al reciente. UCV-TEG.p 58.
- Salcedo, D (1978). El uso de las proyecciones hemisféricas como técnica de predicción y análisis de problemas de estabilidad de taludes en macizos rocosos. Trabajo de ascenso a Profesor Agregado. Departamento de Geología, U.C.V. p. 78.
- Speed, R.C., 1985, Cenozoic collision of the Lesser Antilles arc and continental south America and the origin of the El Pilar fault: *Tectonics*, v. 4: p. 41 - 69.

Suárez, L. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. p. 548.

Suárez, L. H. (2005). Caracterización y cualificación de los procesos geológicos que controlan la generación de sedimentos dentro de la cuenca del río Canoabo para optar al título de Ingeniero Geólogo, Escuela de Geología, estado Carabobo. Trabajo Especial de Grado Departamento de Geología, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Inédito. p.149.

Summa, L.; Goodman, E.; Richardson, M. ; Norton I. and Green A. (2003) Hydrocarbon Systems of Northeastern Venezuela: Plate through molecular scale analysis of the genesis and evolution of the Eastern Venezuela basin. V. 20. p. 323-349

Subieta, T.; Carnevali, J. O. and Hunter, V. (1985) Evaluación Tectonoestratigráfica de la Serranía del Interior y la Subcuenca de Maturín in A. Bellizzia, A. L. Escoffery, and I. Bass, (Eds.), III Simposio Bolivariano: Sociedad Venezolana de Geólogos, Caracas, Venezuela V.2 p. 549-578.

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.

Van Westen, C. J. and Terlien, M. T. J. (1996). *An Approach Towards Deterministic Landslides Hazard Analysis in GIS. A Case Study from Manizales (Colombia)*. Rev. Herat Surface Processes and Landforms, Vol. 21.

Vierbuchen, R. C., 1984, The geology of the El Pilar fault - zone and adjacent areas in the northeastern Venezuela: bonini, W. E., Hargraves, R. B., and Shagam, R., eds., The Caribeam - South America plate boundary and regional tectonic, p. 180 - 212.

Von Der Osten, E., 1957-a. A Fauna from the Lower Cretaceous Barranquín Formation of Venezuela. *Jour. Paleont.*, 31(3): 571-594. p. 63-65.

Yoris, V., F. G., 1985. Revisión de la Estratigrafía del Cretáceo inferior al sur y este de la serranía del interior, Venezuela nororiental. *VI Congr. Venezolano*, 2: 1343-1393.

