

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Tomo I

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DE UNA ZONA UBICADA ENTRE LA RINCONADA Y ANTÍMANO, DISTRITO CAPITAL

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los bachilleres:

Gloria L. Mora R.

Josué F. Sulbaran A.

Para optar al título de

Ingeniero Geólogo

Caracas, 2014

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Tomo I

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DE UNA ZONA UBICADA ENTRE LA RINCONADA Y ANTÍMANO, DISTRITO CAPITAL

TUTOR ACADÉMICO: Ing. Feliciano De Santtis

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los bachilleres:

Gloria L. Mora R.

Josué F. Sulbaran A.

Para optar al título de

Ingeniero Geólogo

Caracas, 2014

A mis amados padres Marucha y Leonidas

A mi nonita Eulalia

A la memoria de mi hermana Karleonet, mi tía Fermina, Cristóbal y Omar (Machu).

Gloria Mora

A mi abuelo,

Siempre me estarás cuidando desde arriba...

Josué Salbarax

Agradecimientos

A Diosito y a la virgencita por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles y por ser mi única compañía en los días lejos de mi familia, gracias diosito por permitirme llegar hasta este momento tan cerca de cumplir mi meta de graduarme de ingeniera geológica, gracias por poner en mi camino retos que me hicieron más fuerte y por poner en el momento indicado las personas correctas que fueron un apoyo para mí en ese momento y por darme ese tesoro que es mi familia los amo.

A mis queridos padres, sencillamente gracias por absolutamente todo lo que me han dado en lo que llevo de vida, a mi padre por todos esos consejos sobre la geología, por su cariño y apoyarme en cada decisión y por siempre estar para mí. A ti mami gracias por estar tan cerca estando tan lejos, porque la distancia se hace corta cuando existe la comunicación, la confianza y el amor, por estar siempre tan pendiente de mí y preocuparse por mis cosas, por ese apoyo incondicional, por sus consejos, por cada llamada para darme animo cuando las cosas no marchaban tan bien, T.Q.M.

A mis hermanos, Franklín, Juan Carlos y Leonardo por estar siempre cada vez que necesite de su ayuda, por confiar en mis decisiones, por recibirme en casa con tanto cariño cada vez que voy y por sus consejos para que nunca deje que nadie me trate como no debe.

A mis sobrinitos por su cariño y ternura y por darme motivos para ser cada día mejor y ser un posible ejemplo a seguir.

A Robert Coenraads, por siempre estar pendiente de mis avances y por darme la oportunidad de compartir con Fran y leo cada vez que se puede.

A GP "no importa la cantidad sino la calidad" "cuando las cosas se hacen se hacen bien" siempre que pude lo puse en práctica.

A mis primos y tíos, de los cuales he recibido grandes expresiones de cariño y apoyo a lo largo de estos años, a ti tío Rogelio por estar cada vez que te necesite, a mi prima Carmen que se portó como una madre en los comienzos de la carrera así mismo a su esposo y sus hijos, a mí madrina Alcira por todos esos mensajes llenos de apoyo y cariño.

A esos amigos que resultan ser unos hermanos más; colla gracias por compartir tantos momentos conmigo, discutimos, reímos, hablamos de lo mismo XD etc etc. Yessy (my crazy friend) casi polos opuestosXD, gracias por compartir tantos momentos lindos y no tan lindos conmigo y por apoyarme en muchos momentos académicos, André gracias por ser mi amiga en tan poco tiempo, iba amiga gracias por comprender mi forma de ser y por

compartir varios momentos acedemos importantes y a mi nueva amiga chuqui, perdón Darna espero poder seguir compartiendo momentos agradables contigo, a mis queridos amigos José, Martín y Espartaco los quiero pequeños.

Al profesor Feliciano de Santis por darme la oportunidad de realizar este TEG en su empresa y por ser nuestro tutor, por su confianza y todos sus consejos.

A mi compañero de tesis taco (co cocosette). Por siempre mantener la calma y ser la parte relajada del dúo, por esos momentos de campo donde lloramos pero también reímos y disfrutamos al máximo, visitamos casa de indigentes, casa de brujos, invadimos propiedad privada pero todo tipo normal pues.

A la familia de ingenieros de Santis C.A los cuales me trataron como uno más de la empresa, Pedro, Marielly, Raglys, Iris, Karla, Diego, a nuestro combo Darna (gracias por alimentarme eres un sol) Christoper, Johismar, Luis (pelón), gracias muchachos por tantos buenos momentos, a Leonor por el cafecito barquisimetano, a mi estimado Ing. Elío gracias por consentirme tanto y por todo ese cariño, a Denis y María por compartir momentos de estrés totales que solo nosotras comprendemos, a Grego por enseñarme lenguaje de señas y por ser compañero de campo al igual que el bandido señor Carlos, así mismo a Daniele de Santis quien fue un apoyo importante para terminar las salidas de campo gracias infinitas.

A los colaboradores de tesis, miguel Uzcategui, adrián y mi querido amigo José, gracias muchachos por su grata compañía en campo.

A la casa que vence las sombras, La Universidad Central De Venezuela la mejor del país, por abrirme sus puertas y permitirme alcanzar esta meta, y muy pronto estar bajo sus nubes, me siento totalmente orgullosa de ser ucevista. VIVA LA U.. U.. UCV.

Gloria Leonela Mora Rodríguez

Agradecimientos

A Dios por guiarme, por brindarme salud y fuerzas para recorrer este camino y alcanzar un escalón más de mis metas.

A mis padres Clara y José, por brindarme el apoyo necesario para continuar con mis estudios, por estar presente en cada etapa de mi vida, por enseñarme que el límite es el cielo. A mi hermana Clariana y mi hermana adoptiva Oriana por formar parte de mi vida y estar presentes cuando más las necesito.

A mis abuelitas Francisca y Diomira, mis tías Ana y Cristtle por prestarme su apoyo y ayuda incondicional, por motivarme a salir a delante y defender mi Universidad.

A Naliesky Sánchez por ayudarme en esta etapa tan importante, por tenerme paciencia y vivir junto a mí lo que es hacer una tesis.

A mi amiga y compañera de tesis Leo porque juntos reímos, lloramos, nos quejamos, engordamos, hicimos ejercicio, aprendí de botánica, rescatamos perritos y sobrevivimos al chikungunya.

A los taco amigos en especial a Ana por tus palmeritas y tu gran humor, Elvi por tus ocurrencias y por entenderme hasta cuando hablamos cetáceo, Katheanny por tus consejos y por tu voz, Anny por estar siempre pendiente de mí y regañarme, Denise por el apoyo brindado mientras transcribía este trabajo, Lyanne eres una gran persona siempre dispuesta a enfrentar los retos de ti aprendí muchas cosas, Juan (Morocho) por tener paciencia y estar conmigo en los momentos de estrés, Karen por ser un ejemplo a seguir, Marcos, Johanny, Gilberto, Yoel, Majier, Jessica, Andres, Gerardo, Isabel, Javier y Gimmer por hacer de mi convivencia en la universidad más agradable, por aparecer en los momentos de estrés y siempre tener algo bueno que compartir, sigan adelante. Especialmente agradezco a Sarabasti Cabral pues de ti he aprendido muchas cosas, te considero una gran persona y sé que te esperan muchas cosas buenas, también a Jesús Acevedo y Arlinda Rodríguez que aunque la distancia en estos momentos nos separa fueron y son parte de mi crecimiento como persona sé que siempre contare con ustedes. Sé que existen personas que aunque no son nombradas directamente en este párrafo me apoyaron y ayudaron a lo largo de mi vida universitaria, a todos ellos Gracias.

A la Toda la familia de Ingenieros De Santis Raglis, Marlene, Marielis, Pedro, Karla, Iris, especialmente a Christopher por ayudarme y estar siempre pendiente de nuestro avance, sin ti no hubiese terminado las curvas de nivel, Daniele De Santis porque sin tu ayuda no hubiéramos terminado el estudio de campo, Chicho (José Gregorio) por haber estado siempre con nosotros, Leonor pues nos regalaste parte de tu tiempo para que pudiéramos

culminar este trabajo, Darnavid, Luis Elias, Diego y el Ingeniero Elio que siempre me animaron y me aconsejaron sabiamente, a ustedes Gracias.

Y por último pero no menos importante a mi profesor y tutor Feliciano De Santis, sin su apoyo, consejos, asesoría y regaños no hubiéramos culminado este trabajo, gracias por prestarnos su mano amiga y por abrirnos las puertas en tan importante etapa de mi vida.

Josué F. Sulbaran A.

Mora R., Gloria L.; Sulbaran A., Josué F.

**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DE UNA ZONA UBICADA ENTRE LA
RINCONADA Y ANTÍMANO**

Tutor Académico: Ing. Feliciano De Santis

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geológica, Minas y
Geofísica. Año 2014, 500p.**

Palabras Clave: Geotecnia, Geología, La Rinconada, Antímano, Caricuao, Circunvalación, Circunvalación Sur, Mapa de Riesgo, Mapa Geológico – Geotécnico

La Caracterización Geológica y Geotécnica de la zona estudiada desde La Rinconada hasta Antímano abarca unos 40km² de área, cuyo objetivo principal es sustentar el desarrollo vial entre las localidades ya antes mencionadas. Geológicamente la zona muestra una variación en la roca metamórfica foliada definida, observándose esquistos cuarzo – micáceos, esquistos calcáreos, filitas grafitosas, metaareniscas y capas esporádicas de mármol correspondiente a las Unidades de Esquistos Las Brisas y Esquistos Las Mercedes. La culminación de los objetivos específicos de este trabajo se logró mediante la recopilación cartográfica, interpretación de fotografías aéreas, estudio geológico y geotécnico de campo, el análisis petrográfico que permitió corroborar las unidades ya existentes y la caracterización geológica lograda a partir de los resultados de los ensayos de Compresión Simple y Absorción. La integración de estas diferentes metodologías en el software ArcGIS® 9.3 dio como resultado cinco mapas a escala 1:10.00 donde se muestra la topografía modificada conjuntamente con el nivel freático, la caracterización geológica – geotécnica, la inclinación de laderas y un mapa conjunto que muestra las zonas de riesgo, así evaluó mediante la generación de un taludometro la inclinación de los taludes artificiales a generarse en el proyecto Circunvalación Sur.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XVII
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Ubicación	1
1.3 Planteamiento del problema	3
1.4 Justificación	3
1.5 Alcances	4
1.6 Objetivos.....	5
1.6.1 General	5
1.6.2 Específicos.....	5
1.7 Metodología	6
1.7.1 Etapa de Pre-Campo.....	6
1.7.2 Etapa de Campo.....	6
1.8.2.1 Etapa de laboratorio.....	8
1.8.2.2 Etapa de oficina	9
1.8 Trabajos Previos	10
CAPÍTULO II	12
2. GEOLOGÍA REGIONAL.....	12
2.1 Generalidades.....	12
2.2 Marco Estratigráfico	12
2.2.1 Antímamo, Fase.....	12
2.2.1.1 Descripción Litológica.....	13
2.2.1.2 Extensión Geográfica.....	13
2.2.1.3 Contactos	13
2.2.2 Esquistos de Las Mercedes, Unidad (Mesozoico).....	14

2.2.2.1	Descripción Litológica.....	14
2.2.2.2	Extensión Geográfica.....	14
2.2.2.3	Contactos.....	14
2.2.3	Esquistos de Las Brisas, Unidad (Jurásico tardío).....	15
2.2.3.1	Descripción Litológica.....	15
2.2.3.2	Extensión Geográfica.....	16
2.2.3.3	Contactos.....	16
2.3	Marco Estructural.....	16
2.3.1	Foliación.....	16
2.3.2	Fallas.....	17
2.3.3	Pliegues.....	17
CAPITULO III.....		19
3.	GEOLOGÍA LOCAL.....	19
3.1	Cuenca La Rinconada.....	19
3.1.1	Observaciones de campo.....	19
3.1.2	Contenido mineralógico.....	22
3.1.3	Meteorización.....	24
3.1.4	Correlación entre el contenido de cuarzo, resistencia a la compresión simple y porcentaje de absorción.....	27
3.2	Cuenca Caricua.....	28
3.2.1	Observaciones de campo.....	28
3.2.2	Contenido mineralógico.....	31
3.2.3	Meteorización.....	33
3.2.4	Correlación entre el contenido de cuarzo, resistencia a la compresión simple y porcentaje de absorción.....	36
3.3	Cuenca antímano.....	37
3.3.1	Observaciones de campo.....	37
3.3.2	Contenido mineralógico.....	38
3.3.3	Meteorización.....	40
3.3.4	Correlación entre el contenido de cuarzo y resistencia a la compresión simple.....	42

3.4	Geomorfología.....	44
3.4.1	Unidades.....	45
3.4.1.1	Unidad de Relieve Alto.....	45
3.4.1.1.1	Fila curvada	45
3.4.1.1.2	Filas alargadas	46
3.4.1.1.3	Colinas alargadas	47
3.4.1.2	Unidad de Relieve Bajo	47
3.4.1.2.1	Valles intramontinos.....	47
3.4.1.2.2	Valle amplió.....	49
3.5	Marco Estructural Local.....	49
3.5.1	Foliación.....	50
3.5.2	Pliegues.....	51
3.5.3	Fallas	53
CAPITULO IV.....		55
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55
4.1	Geología.....	55
4.1.1	Geología de Campo	55
4.1.2	Estudio Petrográfico	64
4.2	Clasificación Geomecánica	98
4.2.1	Clasificación del macizo rocoso según Bieniawski (1989).....	98
4.2.2	Análisis de Estabilidad de Taludes	150
4.2.2.1	Evaluación de laderas respecto a los taludes del proyecto Circunvalación Sur	168
4.2.3	Perforaciones y Calicatas	169
4.2.3.1	Perforaciones.....	169
4.2.3.2	Calicatas	181
4.3	Mapas Temáticos.....	186
4.3.1	Mapa de Topografía Modificada	186
4.3.2	Mapa de Nivel Freático	186
4.3.3	Mapa Geológico – Geotécnico	189
4.3.4	Mapa de Pendientes.....	192

4.3.5	Mapa de Orientación de Laderas	194
4.3.6	Mapa de Riesgo	194
CAPITULO V	197
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	197
5.1	Conclusiones	197
5.2	Recomendaciones	201
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	202

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de la zona de estudio.....	2
Figura 2	Cortes de Carretera y Remoción de Suelo.....	19
Figura 3	Roca conservada y Roca con meteorización intensa.....	20
Figura 4	Esquistos cuarzo – micáceos y vetas de cuarzo.....	20
Figura 5	Roca con color fresco marrón claro y Filitas micáceas.....	21
Figura 6	Metaarenisca con lentes de cuarzo.....	21
Figura 7	Roca con meteorización grado II y Roca con meteorización grado IV	25
Figura 8	Afloramiento km5 de la panamericana.....	25
Figura 9	Muestra PH-004 Cristales de Magnetita y Hematita en sección fina	27
Figura 10	Muestra PH-004, Sericita en sección fina.....	27
Figura 11	Roca con grado de meteorización IV y esquistos cuarzo-micáceo- calcáreo.....	29
Figura 12	Esquisto cuarzo-micáceo y Filita grafitosa.....	30
Figura 13	Filita con capas de sericita e intercalación de esquistos con mármol	30
Figura 14	Vetas de calcitas con plegamiento.....	31
Figura 15	Roca con meteorización de grado IV.....	34
Figura 16	Muestra CA-021, sección fina, cristales de hematita y magnetita.....	34
Figura 17	Roca escasamente afectada por la meteorización y plegamiento de la zona.....	37
Figura 18	Muestra CA-017, Filita grafitosa en sección fina.....	38
Figura 19	Roca plegada con lentes de cuarzo y Contacto litológico Filitas – Esquistos.....	38
Figura 20	Roca con grado de meteorización III y II.....	41
Figura 21	Muestra AFF-006, cristales de magnetita. Muestra AFF-015, cristales de pirita.....	42
Figura 22	Mapa de Unidades Geomorfológicas.....	44
Figura 23	Filas curvadas.....	45
Figura 24	Filas alargadas.....	46
Figura 25	Colinas alargadas.....	47

Figura 26	Valles intramontinos.....	48
Figura 27	Valles amplios.....	49
Figura 28	Variación de los planos de foliación.....	50
Figura 29	Roseta de planos de foliación.....	51
Figura 30	Pliegue isoclinales y Pliegue en Pliegue.....	52
Figura 31	Topoformas, Sinclinatorios.....	52
Figura 32	Fallas locales.....	53
Figura 33	Secciones Finas con muestras de mano.....	64
Figura 34	PH-001 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	66
Figura 35	PH-001 Imagen Petrográfica.....	66
Figura 36	PH-002 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	67
Figura 37	PH-002 Imagen Petrográfica.....	67
Figura 38	PH-002 Imagen Petrográfica.....	68
Figura 39	PA-003 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	68
Figura 40	PA-003 Imagen Petrográfica.....	69
Figura 41	PA-003 Imagen Petrográfica.....	69
Figura 42	PA-004 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	70
Figura 43	PA-004 Imagen Petrográfica.....	71
Figura 44	PAR-005 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	72
Figura 45	PAR-005 Imagen Petrográfica.....	72
Figura 46	AFF-006 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	73
Figura 47	AFF-006 Imagen Petrográfica.....	73
Figura 48	HPM-007 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	74
Figura 49	HPM-007 Imagen Petrográfica.....	75
Figura 50	PHI-008 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	76
Figura 51	PHI-008 Imagen Petrográfica.....	76
Figura 52	PHI-009 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	77
Figura 53	PHI-009 Imagen Petrográfica.....	78
Figura 54	PHI-010 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	79
Figura 55	PHI-010 Imagen Petrográfica.....	79

Figura 56	CA-010 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	80
Figura 57	CA-010 Imagen Petrográfica.....	80
Figura 58	PH-011 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	81
Figura 59	PH-011 Imagen Petrográfica.....	81
Figura 60	PH-011 Imagen Petrográfica.....	82
Figura 61	PHI-012 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	82
Figura 62	PHI-012 Imagen Petrográfica.....	83
Figura 63	PHI-013 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	83
Figura 64	PHI-013 Imagen Petrográfica.....	84
Figura 65	PHI-014 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	85
Figura 66	PHI-014 Imagen Petrográfica.....	85
Figura 67	AFF-015 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	86
Figura 68	AFF-015 Imagen Petrográfica.....	86
Figura 69	CA-017 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	87
Figura 70	CA-017 Imagen Petrográfica.....	88
Figura 71	CA-019 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	89
Figura 72	CA-019 Imagen Petrográfica.....	89
Figura 73	CA-020 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	90
Figura 74	CA-020 Imagen Petrográfica.....	90
Figura 75	CA-021 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	91
Figura 76	CA-021 Imagen Petrográfica.....	92
Figura 77	CA-022 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	92
Figura 78	CA-022 Imagen Petrográfica.....	93
Figura 79	CA-023 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	94
Figura 80	CA-023 Imagen Petrográfica.....	94
Figura 81	CA-024 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	95
Figura 82	CA-024 Imagen Petrográfica.....	95
Figura 83	CA-025 Muestra de mano a escala y sección fina a tras luz.....	96
Figura 84	CA-025 Imagen Petrográfica.....	97
Figura 85a	Roseta de planos de Foliación.....	168

Figura 85b	Roseta de planos de Diaclasado.....	168
Figura 86a	Taludometro 0+000 a 3+000.....	168
Figura 86b	Taludometro 3+000 a 9+000.....	168
Figura 87	Perfil Geotécnico 1.....	172
Figura 88	Perfil Geotécnico 2.....	173
Figura 89	Ubicación de los puntos de perforación.....	175
Figura 90	Ubicación de los puntos de Calicatas.....	182
Figura 91	Mapa de Topografía Modificada.....	188
Figura 92	Mapa Geológico – Geotécnico.....	190
Figura 93	Mapa de Inclinación de Pendientes.....	193
Figura 94	Mapa de Orientación de laderas.....	195
Figura 95	Mapa de Riesgo.....	196

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ensayos en Suelo.....	10
Tabla 2	Tabla integrada cuenca la Rinconada.....	22
Tabla 3	Valores de absorción, Cuenca la Rinconada.....	26
Tabla 4	Tabla integrada cuenca Caricua.....	32
Tabla 5	Valores de absorción, Caricua.....	35
Tabla 6	Tabla integrada cuenca Antímáno.....	39
Tabla 7	Valores de absorción, Antímáno.....	41
Tabla 7a	Resumen de Geología de Superficie.....	55
Tabla 8	Muestra PH-001 porcentaje mineral.....	65
Tabla 9	Muestra PH-002 porcentaje mineral.....	67
Tabla 10	Muestra PA-003 porcentaje mineral.....	70
Tabla 11	Muestra PAR-005 porcentaje mineral.....	71
Tabla 12	Muestra AFF-006 porcentaje mineral.....	73
Tabla 13	Muestra HPM-007 porcentaje mineral.....	74
Tabla 14	Muestra PHI-008 porcentaje mineral.....	75
Tabla 15	Muestra PHI-009 porcentaje mineral.....	77
Tabla 16	Muestra PHI-010 porcentaje mineral.....	78
Tabla 17	Muestra PH-011 porcentaje mineral.....	81
Tabla 18	Muestra PHI-014 porcentaje mineral.....	84
Tabla 19	Muestra AFF-015 porcentaje mineral.....	86
Tabla 20	Muestra CA-017 porcentaje mineral.....	87
Tabla 21	Muestra CA-019 porcentaje mineral.....	88
Tabla 22	Muestra CA-020 porcentaje mineral.....	90
Tabla 23	Muestra CA-021 porcentaje mineral.....	91
Tabla 24	Muestra CA-023 porcentaje mineral.....	93
Tabla 25	Muestra CA-024 porcentaje mineral.....	95
Tabla 26	Muestra CA-025 porcentaje mineral.....	96
Tabla 27	Parámetros de Clasificación Geomecánica RMR.....	99
Tabla 27a	Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR.....	99

Tabla 27b	– Clasificación de Bienawiski y Calidad del macizo rocoso de los	
Tabla 232	puntos evaluados en campo.....	100
Tabla 233	Características espaciales de los planos de discontinuidad respecto	
	a los taludes naturales.....	150
Tabla 233a	Taludes sugeridos.....	169
Tabla 234	Resumen descriptivos de Perforaciones.....	176
Tabla 235	Resumen descriptivos de Calicatas.....	185
Tabla 236	Clasificación de la Inclinación de las Pendientes.....	192

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Porcentaje mineral general, La Rinconada.....	24
Gráfico 2	Media exponencial de Absorción, La Rinconada.....	26
Gráfico 2a	Relación cuarzo-resistencia al corte-absorción, La Rinconada.....	28
Gráfico 3	Porcentaje mineral general, Caricuaó.....	33
Gráfico 4	Media exponencial de Absorción, Caricuaó.....	35
Gráfico 4a	Relación cuarzo-resistencia al corte-absorción, Caricuaó.....	36
Gráfico 5	Porcentaje mineral general, Antímano.....	40
Gráfico 6	Media exponencial de Absorción, Antímano.....	41
Gráfico 6a	Relación cuarzo-resistencia al corte-absorción, Antímano.....	42
Gráfico 7	Porcentaje de Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.....	100
Gráfico 8	Condición Cinemática de la zona de estudio.....	167
Gráfico 9	Carta de Plasticidad de Suelos.....	302

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Desde que la civilización comenzó a ser sedentaria, el ser humano ha ocupado las ciudades con mayor actividad económica, ocasionando una distribución poblacional desequilibrada; Venezuela, específicamente Caracas, Distrito Capital, cuenta con los ingredientes necesarios para que se genere un desequilibrio poblacional, evidencia de ello es la alta proliferación en sectores de alta vulnerabilidad que conlleva a una pobre, e incluso nula, planificación vial y recreacional, es por esto que se genera la necesidad de rediseñar vialmente las zonas afectadas y promover al Estado, como ente gubernamental, a tomar decisiones respecto a la planificación urbana a futuro.

Estos diseños urbanísticos abren ventanas para el estudio geológico y geotécnico de zonas de alta vulnerabilidad, ya que sin un estudio geológico que determine parámetros útiles para la construcción de dichas obras civiles, las mismas corren el riesgo de no perdurar en el tiempo y de igual forma de convertirse en zonas de riesgos para los visitantes, habitantes y transeúntes.

En consecuencia, es importante conocer las condiciones geomecánicas de la roca y del suelo para garantizar de esta manera la seguridad, el éxito y durabilidad de dichas edificaciones y así disminuir el riesgo para minimizar la vulnerabilidad

1.2 Ubicación

La zona de estudio se encuentra ubicada al sur-oeste de Caracas, Venezuela, específicamente entre el Sector Mamera, parroquia Antímano y al este del Hipódromo de La Rinconada, La Rinconada, parroquia Coche ambas del municipio Libertador. (fig. 1)

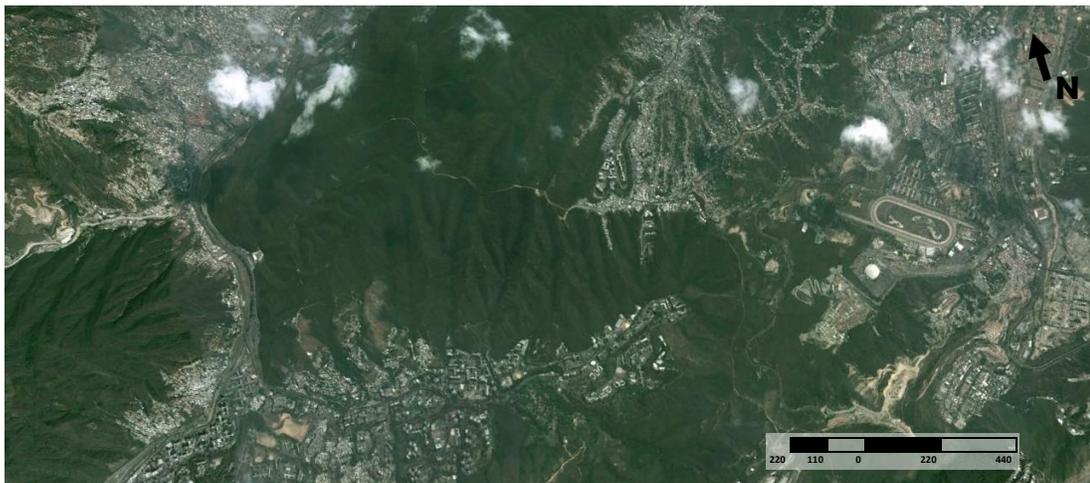


Figura 1. Ubicación de la zona de Estudio (Google™ Earth; Image © 2013 Digital Globe)

La zona ocupa las cartas, a escala 1:5000, H41, H42, H43, I41, I42 e I43 para totalizar un aproximado de 40 km² donde se planea realizar un complejo vial que permita la comunicación entre las dos parroquias que incluirá distribuidores, Tazón, Antímamo y la Rinconada, un terminal de pasajeros con destino a occidente en La Rinconada y un complejo recreacional en La Rinconada específicamente al nor-oeste del hipódromo.

1.3 Planteamiento del problema

Se va a desarrollar un importante e innovador proyecto edificatorio que tiene como objetivo la construcción de un nuevo terminal de pasajeros con destino al Occidente del país en la Parroquia Coche y un Estadio Nacional de Fútbol, ubicado en La Rinconada, así como también un sistema vial, constituido por los distribuidores La Rinconada, Tazón, Antímano y una autopista perimetral que conectará Antímano y La Rinconada, la cual está constituida por una intercalación de túneles y viaductos, así mismo, se realizara la construcción de complejos habitacionales al oeste del hipodromo.

Para iniciar el desarrollo de dichas construcciones, se requiere un estudio geológico y geotécnico detallado de toda el área de estudio, encaminado a determinar las características geológicas y geotécnicas del área y de esta forma su comportamiento geomecánico, esto mediante sondeos, estudios de estabilidad de taludes, ensayos in situ y ensayos de laboratorio de las muestras extraídas. Con esto se procederán a dar las respectivas recomendaciones sobre la correcta ejecución de las actuaciones en las laderas, elementos de contención, elementos de cimientos de dichas construcciones.

1.4 Justificación

El proyecto que se desea llevar a cabo en el sector de La Rinconada y Antímano, es importante para el desarrollo urbano, ya que mejora la calidad de vida de las comunidades que conforman la zona de estudio, en lo que respecta a la vialidad, desarrollo deportivo y vivienda.

De tal forma, tomando en cuenta que Caracas es una zona sísmica considerable por estar ubicada en el límite entre la placa Caribe y Suramericana, lo cual producen una trilogía de fallas conocidas como la falla de Boconó, San

Sebastián y el Pilar que se encuentran en constante actividad, genera un riesgo geológico ante dichas construcciones y por consiguiente a la población. De esta manera la seguridad, el éxito y durabilidad de dichas edificaciones dependen, en gran parte, de conocer las condiciones geomecánicas de la roca y del suelo, debido a que este será el soporte, el material de excavación o de construcción en dichas obras. Para esto es necesaria la elaboración de estudios Geológicos y Geotécnicos que permitan determinar las características geomecánicas del suelo, pensando siempre en reducir la vulnerabilidad al máximo para reducir el riesgo.

1.5 Alcances

El desarrollo urbano de un sector depende del correcto diseño vial y de las zonas pertinentes de recreación del mismo, sin embargo, con el pasar de los años la población de Caracas ha proliferado en sectores sin planificación urbana, sin espacio recreacionales y con zonas de alta vulnerabilidad que afecta la vialidad y conlleva a un rediseño de las vías de comunicación, de los espacios recreacionales y a la integración de los mismos a nuevas áreas urbanas de desarrollo integral.

Es por todo esto que este estudio pretende generar información geológica – geotécnica que será tomada como base para la realización de este proyecto y posteriores, ya que cualquier obra civil tiene una interacción inevitable con el terreno y por tanto, evaluar la variable de contexto del subsuelo mediante estudios geológicos y geotécnicos que permitan conocer las condiciones geomecánicas que se presentan para analizar la respuesta que tendrá ante dicha construcción, es fundamental.

1.6 Objetivos

1.6.1 General

Realizar un estudio Geológico y Geotécnico con la finalidad de sustentar el desarrollo vial entre Antímano y La Rinconada, para la construcción de una autopista perimetral, un distribuidor al este del hipódromo de la Rinconada, un segundo distribuidor al sur del mismo, un complejo recreacional ubicado al noreste de la Rinconada y por ultimo un tercer distribuidor en Antímano, al este del sector Carlos Bello.

1.6.2 Específicos

- Analizar petrográficamente las muestras de roca obtenidas en campo a través de secciones finas para refinar la nomenclatura de las unidades litológicas.
- Generar un mapa de topografía modificada a partir de la comparación de los mapas topográficos de los años 1957 y 1987.
- Generar un mapa donde se muestre y localice el nivel freático de las zonas de estudio.
- Caracterizar el macizo rocoso a través de las clasificaciones geomecánicas de Bieniawski con el propósito de conocer el comportamiento geodinámica del mismo.
- Analizar la estabilidad de las laderas a ser intervenidas en ambas zonas.
- Generar un mapa de Riesgo que tome en cuenta las distintas variables geológicas, estructurales y topográficas de la zona de estudio.

1.7 Metodología

1.7.1 Etapa de Pre-Campo

Como base se examinó la bibliografía existente tales como el mapa geológico de Caracas, los mapas topográficos cortesía del Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar, a escala 1:5.000, de los años 1957 con nomenclatura: VII-6, VIII-7 y VIII-8 y los del 1987 con nomenclatura: H41, H42, H43, I41, I42 e I43, y los del 2002 que fueron generados por Fundacaracas, Se procedió a la digitalización y edición de las cartas topográficas para la realización de un mapa de topografía modificada, mapa geológico – geotécnico y un mapa de riesgo compuesto. Al igual que la revisión los planos de Autocad correspondientes a este proyecto.

También se analizaron las fotografías aéreas correspondientes a la misión 0304193 a escala 1:24000, números 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167 y 168 para una fotointerpretación de la zona; de la misma forma se reviso trabajos especiales de grado previos de la zona de estudio. Todo esto generando información necesaria para organizar una visita al sitio lo que permitirá obtener información de campo.

1.7.2 Etapa de Campo

Luego de realizar la etapa de pre-campo, se comenzarán las visitas a las zonas de estudio, en las cuales se procurará:

- Realizar un estudio de geología de superficie tanto del área de Antímano como la Rinconada, para esto es necesario un reconocimiento previo de todos los afloramientos presentes en la zona.
- Para las visitas al campo se utilizaran los siguientes materiales, piqueta, mandarina, cincel, lupa, brújula, cinta métrica, GPS, libreta de campo, lápiz de

grafito y de colores, cámara fotográfica. Estando en los afloramientos se procederá a:

- ✓ El reconocimiento del tipo de roca mediante la descripción litológica, qué incluye composición mineralógica, presencia o no de carbonatos, el perfil de meteorización si fuese posible determinarlo y observaciones generales sobre la frecuencia de plegamientos o persistencia de las Discontinuidades.
- ✓ Medición de rumbo, buzamiento, planos de falla y diaclasas presentes en los afloramientos.
- ✓ Se tomarán un total de 26 muestras de roca para la elaboración de secciones finas, para el estudio petrográfico de las mismas y 75 para ensayos en el laboratorio.
- ✓ Se realizarán un total de 15 sondeos con profundidades comprendidas entre los 15 y 65 metros que precederán de la siguiente forma:
 - En terrenos cohesivos se tomaran muestras inalteradas que mantengan las propiedades.
 - En terrenos no cohesivos se tomaran muestras alteradas.
 - En suelos, ensayos SPT a intervalos de 1mo hasta los 6 primeros metros de profundidad y a cada 1.5m a partir de dicha profundidad.
 - En roca meteorizada o muy meteorizada los ensayos SPT se realizaran a cada 1.5m de profundidad.
- ✓ Se realizaran en total 4 calicatas testificadas con dimensiones de 0.6m x 2m x (3–4m), ancho x largo x profundidad respectivamente.
- ✓ Se realizaran un total de 4 penetrómetros dinámicos continuos tipo DPSH cuando la litología lo permita, de lo contrario se realizaran

ensayos complementarios de mayor utilidad para la caracterización geotécnica del terreno.

- ✓ Para generar la caracterización geomecánica y sistemática de todos los taludes que se encuentren en el área de estudio, se procederá a incluir como parte principal del trabajo de campo la medición de las orientaciones de las discontinuidades presentes en cada afloramiento, de modo que se pudiese aprovechar al máximo la información obtenida, que no sería posible obtener directamente para cada talud.
- ✓ Se tomarán fotografías en todo momento de las actividades realizadas en campo, las mismas con su respectiva escala gráfica y numeración, las cuales aportaran información útil que podrán ser incluidas en la tesis.

1.8.2 Etapa Post – Campo

Esta etapa se divide en dos, una etapa de laboratorio y la etapa de oficina.

1.8.2.1 Etapa de laboratorio

- Elaboración y descripción de secciones finas, en las cuales se realiza una observación general de la misma mediante la cual se pueden observar los minerales mayoritarios en la muestra así como de minerales accesorio, para posteriormente realizar una descripción de cada uno de estos y finalmente mediante conteo modal clasificar dicha roca. Es importante también determinar la presencia de micropliegues en caso de que existieran.
- La clasificación geomecánica del macizo rocoso, y por ende su análisis requiere de un conjunto de parámetros entre los cuales se encuentran la resistencia a la compresión de la roca, por tanto, será necesario ensayar

varias muestras que permitan obtener los parámetros que en este sentido sean necesarios obtener.

- Se realizaran los siguientes ensayos en suelo:

Tabla 1. Ensayos en Suelo

Propiedades	Ensayos en suelo
Estado y Clasificación	Contenido de Humedad
	Peso Especifico
Estado y Clasificación	Densidad Aparente y Seca
	Granulometría Tamizado
	Granulometría suelos finos (sedim. o lavado)
	Límite de Atterberg
Resistencia	Corte Directo en Suelo (CU, CD)
	Comprensión simple en suelo
Ensayos de Urbanización	Proctor Modificado
	Ensayo C.B.R.

1.8.2.2 Etapa de oficina

En esta etapa se sintetizaran los resultados; durante este período se usarán todos los datos obtenidos en campo y en el laboratorio para dar solución al problema planteado y cumplir con los objetivos de este proyecto:

- ✓ Elaboración de redes estereográficas.
- ✓ Análisis de estabilidad de Laderas.
- ✓ Análisis de Pendientes.
- ✓ Análisis de Riesgo Compuesto.

- ✓ Generación de mapas por resultados obtenidos.
- ✓ Redacción en forma general de los resultados, conclusiones y recomendaciones, para el Trabajo Especial de Grado.

1.8 Trabajos Previos

Dengo J, (1951) en la región de Caracas diferenció las formaciones Antímamo y Tacagua en su trabajo y determinó su ubicación y posibles relaciones estructurales entre las mismas

Urdaneta A., (1954) caracterizó geológicamente la región norte de Antímamo.

Charles A., (1954) realizó un estudio topográfico – geológico al oeste de Antímamo.

Seiders M, (1965) reconoció las secuencias estratigráficas en las rocas metamórficas en la Región Central de la Cordillera de la Costa.

Arreaza L, (1978) realizó un estudio geológico de la zona de la carretera El Junquito-río Mamo. Identificó cinco unidades geológicas informales las cuales asocia con las formaciones Las Brisas, Las Mercedes, Tacagua, Peña de Mora y Antímamo del Grupo Caracas.

Ostos M, Navarro E, y Yoris. F, (1987) presentaron una revisión y redefinición de las formaciones Las Brisas y Las Mercedes del grupo Caracas.

Truzman M, (1990) presenta un estudio de la meteorización de las rocas metamórficas presentes en la zona metropolitana de Caracas, en diversos perfiles en diferentes formaciones geológicas que afloran en el área.

Blanco G. y Colmenares H., (2002) realizaron una integración cartográfica, geológica y Geotécnica para la generación de un mapa de susceptibilidad, y la evaluación de la inestabilidad de los terrenos en la que se encuentran numerosos sectores de

Antímano, Distrito Capital, en función de las variables geológicas que las afectan ejecutado por INGEOMIN.

CAPÍTULO II

2. GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 Generalidades

Se desarrollan todos los aspectos regionales de la zona de estudio, donde se describen las características del área de estudio que se encuentra en la Cordillera de la Costa, específicamente en la ciudad de Caracas en los alrededores de la Rinconada y Antímáno, en la cual afloran dos unidades: Esquistos de Las Mercedes y Esquistos de Las Brisas, y una fase: Antímáno correspondiente al Complejo la Costa, Urbani y Ostos (1989).

2.2 Marco Estratigráfico

2.2.1 Antímáno, Fase

Dengo (1951), la describe como Formación con localidad tipo en la zona de Antímáno, Distrito Capital, aunque ya algunos de los cuerpos de esta unidad, según dicha descripción de Dengo, habían sido identificados previamente como pertenecientes a la Fase Zenda de la formación Las Brisas (Dengo, 1947), o como parte de la Formación Las Mercedes (Aguerrevere y Zuloaga, 1937; Smith, 1952).

Luego MacLachlan (1960), Feo-Codecido (1962), Wehrmann (1972), González (1972) extienden esta unidad hacia los estados Miranda, Aragua y Carabobo. González de Juana *et al.* (1980, p.314) son los primeros en interpretar que esta unidad “representa un horizonte tectónico y no una unidad litoestratigráfica”. Ostos (1987), Navarro (1988), la redefinen como Fase antímáno, formando parte de la unidad litodémica de corrimiento que denominan como complejo la Costa, que reúne adicionalmente a sus fases tacagua y Nirgua. Urbani y Ostos (1989), utilizan este nombre en los mapas geológicos de la zona de Puerto Cruz a Macuto, estado Vargas, y El Palito-Morón-Valencia, Estado Carabobo.

2.2.1.1 Descripción Litológica

Dengo (1950) y Schumann (1950) describen la anfibolita de esta unidad. Dengo (1951) describe esta unidad como mármol masivo, alternado con capas de esquistos cuarzo micáceo y anfibolita. Ostos (1981) describe su unidad de esquistos cuarzo muscovítico y mármol cuarcífero. Cantisano (1989), en la zona de Antímamo y Mamera, halla lentes de mármol y rocas anfibolíticas. Urbani et al. (1997) describen el mármol en la localidad de Mamera.

2.2.1.2 Extensión Geográfica

Afloramientos aislados en la zona de Antímamo y en Mamera, cerca de Carapa y Carapita. Forman una franja en dirección N60E, Díaz (2003). Afloramientos en San Pedro, en La Florida, continúa una franja en la Quebrada Tacagua, hacia el oeste una franja entre Mamo, Carayaca y Tarma (Talukdar & Loureiro 1982), hacia el este en Los Caracas (Castillejo y Suárez 2002). El mayor de los cuerpos de mármol de esta unidad fue cartografiado por Smith (1952) al sur de San Pedro y Lagunetas. Afloramientos se han reconocido en la zona de Morón Omaña (2002). Barboza & Rodríguez (2002), Cano & Melo (2002) y Castillo & Suárez (2002), cartografían y muestrean la distribución de esta unidad en el estado Vargas.

2.2.1.3 Contactos

Esta formación presenta contactos estructuralmente concordantes con las formaciones adyacentes: Las Brisas y Las Mercedes. En la zona de Antímamo y Mamera, los lentes de mármoles y rocas anfibolíticas, que alcanzan a veces grandes dimensiones longitudinales, se hallan embutidos en esquistos de diversos tipos, especialmente los correspondientes a la Formación Las Brisas (Cantisano, 1989).

2.2.2 Esquistos de Las Mercedes, Unidad (Mesozoico)

Aguerrevere y Zuloaga (1937) introducen el nombre de Esquistos de Las Mercedes para designar una extensa zona de afloramientos de esquisto calcáreo – grafitoso en la región de Caracas, pero luego los mismos autores (1938) lo elevan a rango formacional. Dada su monótona litología ha sido descrita en diversas localidades de la Cordillera de la Costa sin mayores cambios.

2.2.2.1 Descripción Litológica

Aguerrevere y Zuloaga (1937) la definen como esquisto principalmente carbonático, con zonas micácea. Según Wehrman (1972) y la revisión de González de Juana, Iturralde & Picard (1980) mencionan que la litología predominante consiste en esquisto cuarzo muscovítico carbonático con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes. Wehrmann (1972) menciona la presencia de conglomerado en su base, esquisto clorítico y una sección tope de filita negra. Seiders (1965) menciona además metaarenisca feldespática y cuarcífera. Urbani *et al.* (1997) estudian mineralógicamente el mármol de esta unidad en la zona de Birongo, estado Miranda, encontrando que la dolomita se encuentra en baja concentración.

2.2.2.2 Extensión Geográfica.

En toda la extensión y en los flancos del macizo central de la Cordillera de la Costa, entre Carenero, estado Miranda, hasta el estado Cojedes.

2.2.2.3 Contactos.

La mayoría de los autores hasta los años 70, han considerado el contacto entre el Esquisto Las Mercedes y Las Brisas como concordantes y del tipo sedimentario. Mientras que recientemente consideran que es tectónico conservando el paralelismo en la foliación en ambas unidades (González de Juana *et*

al. 1980). En la Colonia Tovar, Ostos (1990) señala que el contacto entre el Augengneis de Peña de Mora y el Gneis de Colonia Tovar, con el esquisto de Las Mercedes puede ser interpretado tanto como de falla normal de bajo ángulo, o como un contacto sedimentario original. El contacto entre el Esquisto Las Brisas lo interpreta como de corrimiento. Cantisano (1989) en su estudio de la zona de Mamera Dtto. Capital, indica que el contacto entre las Mercedes y Antímáno corresponde a una falla de corrimiento.

2.2.3 Esquistos de Las Brisas, Unidad (Jurásico tardío)

La primera referencia a esta unidad se debe a Aguerrevere y Zuloaga (1937), quienes la denominan Conglomerado Basal de Las Brisas y agregan una breve descripción. Dengo (1951) amplía la descripción y propone incluir en la formación, los esquistos comprendidos entre la Caliza de Zenda y la Caliza de Antímáno. Smith (1952) divide la formación en dos miembros. Sucesivamente, la formación es descrita sin mayores cambios en diversas localidades por Mc Lachlan *et. al.* (1960), Feo-Codecido (1962), Oxburgh (1965), Seiders (1965), Morgan (1969), Wehrmann (1972), González Silva (1972) y Rodríguez (1972), Talukdar y Loureiro (1982), introducen nuevos conceptos en la estratigrafía general de la Cordillera de la Costa.

2.2.3.1 Descripción Litológica

Aguerrevere & Zuloaga (1937) mencionan un metaconglomerado arcósico. Dengo (1951) observa que la unidad está constituida por esquisto cuarzo micáceo, cartografiando a parte al Mármol de Zenda y al gneis microclínico. Smith (1952) divide la formación gneis y esquisto microclínico-conglomerático, y esquisto sericítico (muscovítico). Wehrman (1972) estima un 90% de esquisto cuarzo feldespático muscovítico; el 10% restante de esquisto cuarzo feldespático.

2.2.3.2 Extensión Geográfica

A lo largo del macizo central de la cordillera de la costa, entre el cabo Codera y el estado Yaracuy.

2.2.3.3 Contactos

La Formación Las Brisas descansa sobre el Complejo Basal de Sebastopol. El contacto según la opinión generalizada es discordante. La relación con la Fase Antímamo y la Formación Las Mercedes ha sido considerada como concordante o transicional por Dengo (1951) y Wehrman (1972), entre otros, pero recientemente otros autores han considerado estos contactos como estructural, de falla (Urbani *et al.* 1989; Ostos 1990)

2.3 Marco Estructural

2.3.1 Foliación

Dengo (1951). Considera que la foliación de las rocas metamórficas en el área de Caracas; es paralela, o subparalela a los planos de estratificación original, tomando en consideración la disposición de las rocas conglomeráticas y cuarcíticas lo que corroboran Smith (1953) y Morgan (1969) en estudios posteriores en otras zonas de la Cordillera de la Costa.

Wehrman (1972), es el primero en indicar la oblicuidad entre la foliación y la estratificación original. Observa tales angularidades en afloramientos de los Esquistos Las Brisas; señala además, que el paralelismo se cumple donde hay litología competentes tal como señala Dengo (1951).

González de Juana (1980), indica que el desarrollo de la foliación paralela en las rocas de la Península de Paria y zonas aledañas de Caracas se deben a que sufrieron un intenso plegamiento isoclinal.

2.3.2 Fallas

Dengo (1953), enumera tres tipos principales de fallas, que en orden de aparición cronológica son: fallas inversas con buzamiento hacia el sur, fallas con rumbo aproximado N60W y buzamiento de ángulos medios a altos en dirección Sur y Oeste y fallas con rumbo E-W.

Ostos (1981), propone que el sistema de falla de dirección Este – Oeste sea considerado como la estructura primaria, y las de rumbo Noroeste – Suroeste con disposición en echelon, son secundarias.

Schubert (1984), propuso que las fallas de rumbo que tienen dirección Este-Oeste son de movimiento dextral, basándose en el desarrollo de una cuenca Pull – Apart.

Wehrman (1972), en la región de Guatire- Colonia Tovar menciona tres sistemas de fallas: fallas oblicuas con rumbo N50–80E, tanto de gravedad como corrimiento, siendo estas las más antiguas; fallas longitudinales de rumbo E – W, de gravedad y con movimiento posterior a lo largo del rumbo (sistema de fallas del Ávila), y fallas transversales con rumbo aproximado N60W de rasgadura con movimientos verticales siendo estas las más jóvenes.

Fanti (1980), señala tres sistemas de fallas en el área de Caracas y sus alrededores, de las cuales una presenta rumbo E–W, otro es transversal con rumbo N–S y el último sistema es oblicuo, con rumbo E–W, siendo este el más antiguo.

2.3.3 Pliegues

Dengo (1951), señala que los pliegues mayores, al Sur de la Sierra de El Ávila, son estructuras simétricas amplias, cuyos ejes tiene una dirección general N60–70E. Estos son los anticlinales de Baruta y del Junquito, estando en medio de ellos el

sinclinal de El cementerio. Considera a la Sierra de El Ávila, en conjunto, como un anticlinal modificado por el callamiento posterior, orientado N75–89W en su parte occidental.

Wehrman (1972), indica que la región está conformada por el anticlinorio de El Ávila, el cual se extiende con rumbo E–W a lo largo del macizo montañoso y los anticlinales de Baruta y del Junquito con rumbo N70E aproximadamente. Ambos presentan ejes afectados por una serie de fallas dextrales con rumbo N60W. En medio de los anticlinales se encuentra el sinclinal de El cementerio con características semejantes.

CAPITULO III

3. GEOLOGÍA LOCAL

3.1 Cuenca La Rinconada

3.1.1 Observaciones de campo

Los datos obtenidos en campo se tomaron en cortes de carretera contiguos a la zona de estudio y otros mediante remoción de suelos por máquinas de la empresa constructora Zago c.A que se encuentra en la zona de la obra (figura 2), de esta forma se consiguieron una serie de afloramientos puntuales distribuidos de forma no uniforme a lo largo de la zona de estudio.



Figura 2. a) Parte del area de estudio que muestra los cortes de carretera.
b) Remocion de suelos lo cual genera taludes artificiales utilizados para levantamientos geologicos.

A lo largo del area de estudio los afloramientos se muestran bastante conservados lo que se traduce en facilidad para determinar el tipo de roca y medir planos tanto foliaciones como de diaclasas, sin embargo tambien se observaron taludes con roca bastante saprolitizada producto de la meteorizacion. Estructuralmente hablando se observa deformacion en la roca en ciertas areas producto de enfuerzos compresivos que generaron diferentes etapas de plegamiento, mientras que cerca del 100% de los afloramientos se encuentran diaclasados (figura 3).



Figura 3. a) Roca conservada que muestra tres familias de diaclasas.
b) Roca con nivel de meteorización intenso, donde el lado izquierdo muestra una roca saproilitizada.

La litología predominante en este sector corresponde a rocas metasedimentarias las cuales competen en su mayoría, a esquistos cuarzo – micáceo, también se pueden encontrar esquistos calcáreos – micáceos y esquistos micáceos – grafitosos, los mismos presentan colores meteorizados de tonalidades marrón, gris y rojizos y colores frescos que van desde marrón , gris, blanco y anaranjado. Cabe destacar que los tonos rojos y anaranjado abundan en los afloramientos donde existe una mayor presencia de óxido de hierro. Usualmente se encontraron vetas de cuarzo y de calcita paralelas tanto a la foliación como a las discontinuidades correspondientes a las familias de diaclasas (figura 4).



Figura 4. a) Esquisto cuarzo-micáceo, con un color meteorizado marrón claro con franjas rojizas y anaranjadas, así mismo presenta dos sistemas de diaclasas. B) Vetatas de cuarzo paralelas a la familia de diaclasas.

Localmente se observaron variaciones como: lentes de mármol de variadas dimensiones que presentan color meteorizado gris y color fresco negro; Capas esporádicas de sericita con color meteorizado blanco y color fresco de tonalidades blancas y grises; Capas delgadas de grafito, filitas grafitosas y micáceas (figura 5).

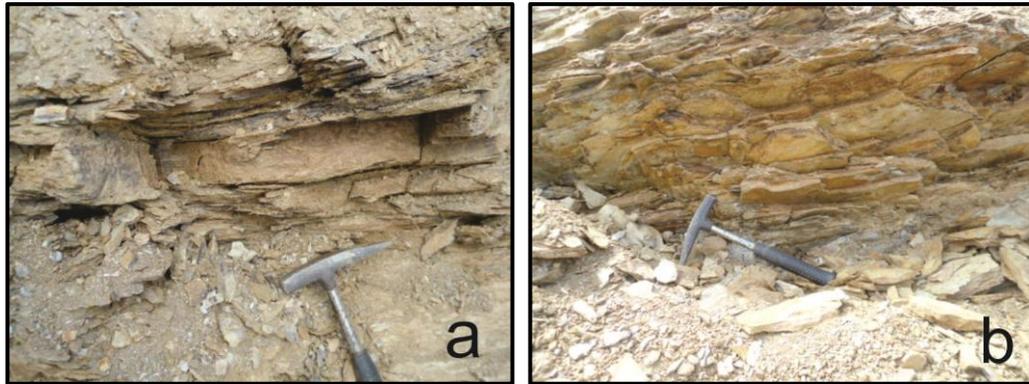


Figura 5. a) Roca con color fresco marrón claro, es fácil apreciar las capas de grafito intercaladas con esquistos y dos sistemas de diaclasas. b) Filitas micáceas con un color fresco de amarillo a anaranjado.

Aunque la presencia de esquistos es abundante, también, se encontraron de forma puntual: metaareniscas con lentes de mármol y cuarzo, ubicadas en el Km 6 de la carretera panamericana; esquistos gnéissicos microclino de grano grueso resistente a la meteorización, en el cual se pueden observar cristales de cuarzo de color negro (cuarzo ahumado), localizada en Km 8 de la carretera de la panamericana. (Figura 6)

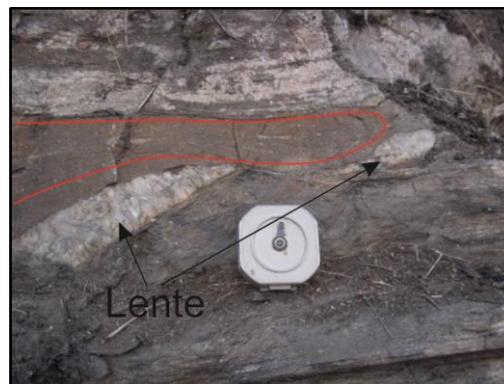


Figura 6. Metaarenisca con lente de cuarzo, se observa como los esfuerzos compresivos deformaron la roca (plegamiento en color rojo).

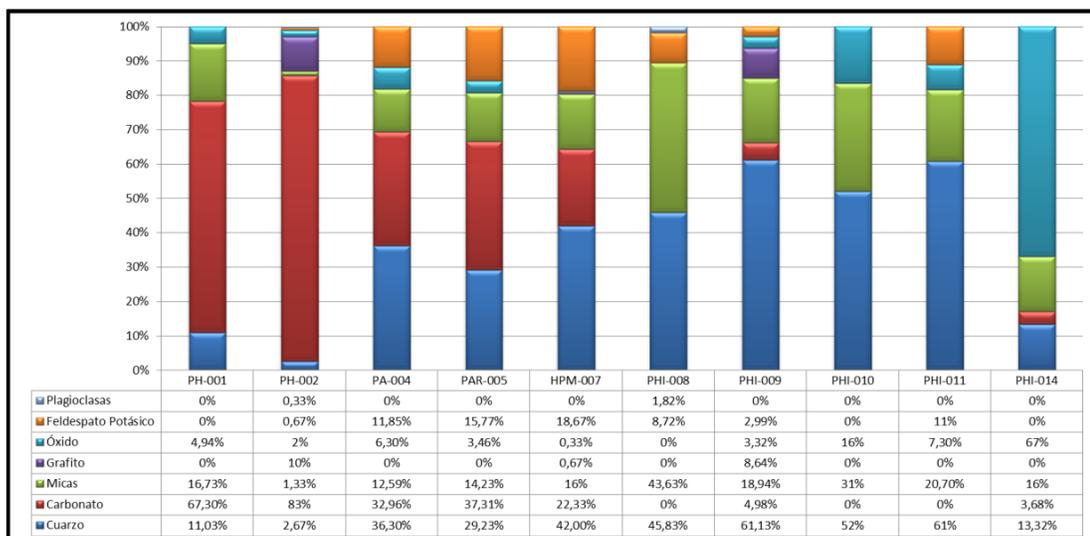
Así mismo se determinó la presencia de una intrusión de serpentinita la cual se observó en el km 3 de la carretera panamericana, la misma exhibe un color meteorizado verde oliva y un color fresco verde oscuro, la roca se encuentra diaclasada y presenta vetas calcáreas que son paralelas a una familia de diaclasas; en ciertos puntos del afloramiento fue posible observar los cristales de serpentina.

3.1.2 Contenido mineralógico

Durante las visitas al campo se recolectaron 12 muestras de roca de las cuales se obtuvieron 12 secciones finas, las cuales 2 corresponden a muestras de serpentinita y por tal motivo no están incluidas en el gráfico que se presenta a continuación.

De tal forma para este análisis se contó con 10 secciones finas las cuales al ser observadas bajo luz polarizada permitieron reconocer el contenido mineralógico que se observa en la tabla integrada (tabla 2); la misma muestra los porcentajes mineralógicos obtenidos por medio de un conteo modal. A continuación se comparan los porcentajes de cuarzo, micas, carbonatos, grafito, óxidos, feldespatos potásicos y plagioclasas de cada muestra estudiada.

Tabla 2. Tabla integrada que muestra un gráfico de barras indicando la cantidad de minerales en porcentajes que se encuentran en cada muestra.



Cabe destacar que el porcentaje de micas que muestra la tabla anteriormente expuesta corresponden a los porcentajes de moscovita, biotita, clorita y sericita; los mismos se nombran en orden de abundancia, resaltando que en un 80% corresponde a moscovita. El feldespato potásico en un 100% corresponde a ortosa. Los óxidos están constituidos por hematita y magnesita donde su abundancia es casi equivalente. Los carbonatos corresponden casi en su totalidad a calcita a excepción de la muestra PA-004 constituida por dolomita.

En la tabla 2 se observa que los minerales constantes en todas las muestras son el cuarzo, las micas y los óxidos. Los carbonatos se muestran en porcentajes altos en la mayoría de las muestras en las que están presentes, el grafito se presenta solo en dos muestras (PH-002 y PHI-009), mientras que el mineral más pobre en la gráfica corresponde a las plagioclasas el cual se muestra en solo dos secciones finas y en un porcentaje muy bajo, el resto de los minerales muestran una intermitencia más o menos constante.

El gráfico 1 muestra el porcentaje mineralógico general de la cuenca. Se observa que el mineral más abundante en la zona respecto a las muestras recolectadas corresponde al cuarzo con un 36% de abundancia, seguido por los carbonatos con un 25% y micas con 19%, mientras que el grafito, los óxidos, plagioclasas y el feldespato potásico son inferiores al 12%; esto indica que los esquistos que pudiésemos encontrar en esta cuenca estará compuestos principalmente por cuarzo y carbonatos.

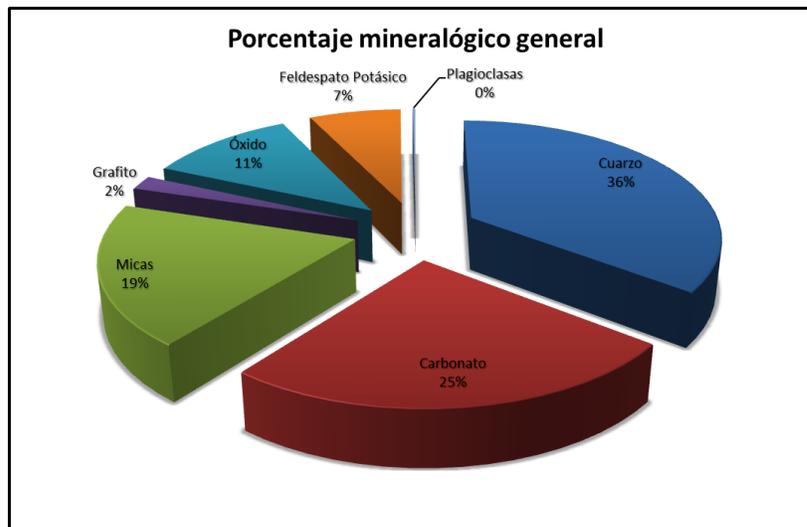


Grafico 1. Abundancia mineral en porcentaje de todas las muestras recolectadas en esta cuenca. Se aprecia que los porcentajes más altos corresponden al cuarzo y a los carbonatos

3.1.3 Meteorización

El índice de meteorización es bastante variable, yendo Grado II a IV, según *El Documento Básico de Seguridad Estructural de la edificación*, en su *Apartado de Cimientos (CTE)* de *La Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas* (ver apéndice 1). Hacia el sur en las cercanías de la estación de Metro La Rinconada se observan rocas diaclasadas pero bastante competentes de color gris claro y un color meteorizado casi inexistente anaranjado (figura 7), lo cual permite determinar un índice de meteorización de Grado II. Lo contrario ocurre al norte del hipódromo donde la roca es poco competente debido a la meteorización física y en algunos casos saprolitizada de color amarillenta en ocasiones rojiza con tonalidades anaranjadas (figura 7) causado por la meteorización química producto de la oxidación de los minerales ferrosos, esto indica un grado de meteorización IV. Por su parte más al norte lo que corresponde a la carretera panamericana se presentan afloramientos con rocas en su mayoría conservadas con algunas zonas donde el macizo rocoso se presenta un poco deleznable, los colores predominantes son pardos, amarillos, anaranjados y rojizos producto de la oxidación (figura 8). Fue frecuente encontrar cantidades considerables de sericita tanto como capas, como producto de la

meteorización química de los esquistos que presentan una mayor abundancia de micas en su composición.

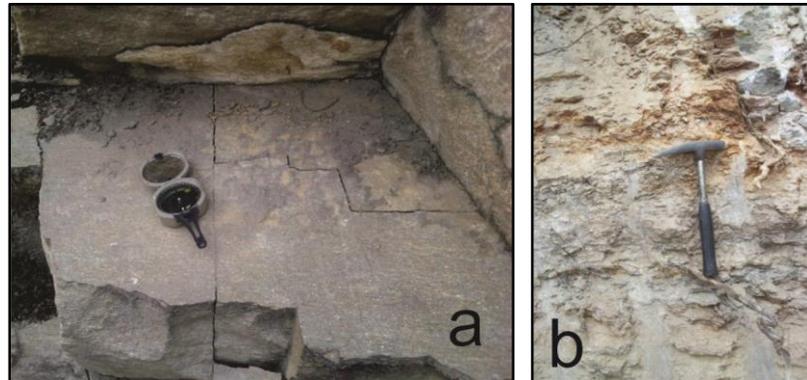


Figura 7. a) roca bastante compactada con tres familias de diaclasas poco afecta por la meteorización Grado II. b) roca saprolitizada, donde se observa un color fresco de anaranjado a gris verdoso Grado IV.



Figura 8. Afloramiento rocoso encontrado en el km 5 de la panamericana, representa uno de los pocos afloramientos que presenta meteorización marcada Grado III.

Con base en los ensayos de absorción y tomando en cuenta que para el tipo de roca presente en la cuenca un porcentaje de absorción normal es aproximadamente 4%, se pudo determinar un índice de meteorización observando la curva media exponencial que se genera del grafico 2 se determina una absorción de baja 1,24% a media 3,7%.

Cabe resaltar que el porcentaje de absorción obtenido en los ensayos de laboratorio más bajo es de 0,6 % y el mayor de 10,78%. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Valores de absorción obtenidos en laboratorio.

Muestra	Absorción
HPM-006	1,24
PHM-007	0,6
PHI-011A	1,43
PHIB	1,9
PHI-016	1,29
PCO-34	2,65
PCO-36	0,93
R-70	1,7
R-71	10,78
R-72	4,83
PA-73	1,51
PA-74	2,02



Gráfico 2. Gráfico de media exponencial, muestra una curva que va desde 1,8 % hasta 3,8% de adsorción.

En este mismo orden de ideas el estudio petrográfico permitió reconocer la presencia de magnetita y hematita (figura 9) en cantidades considerables, producto

de la oxidación química del hierro proveniente principalmente de la biotita y moscovita, igualmente se encuentran filones de clorita producto de la alteración de la biotita y zona de cristales con alteración evidente (figura 10), todo esto producto de la meteorización química.

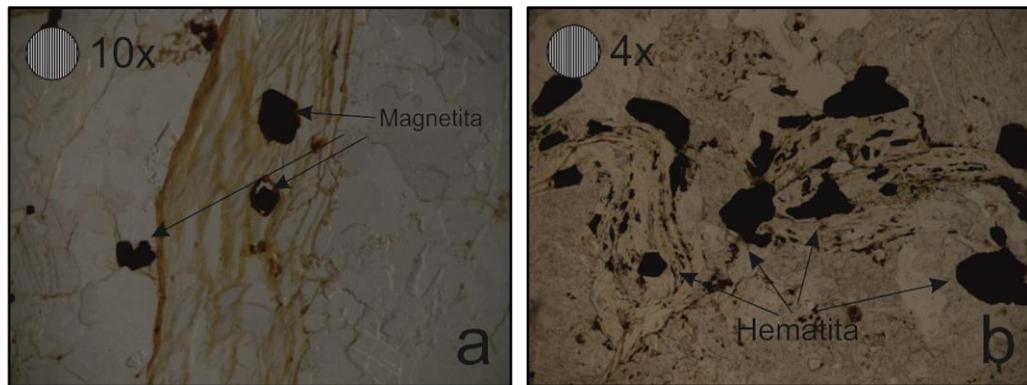


Figura 9. a) muestra PH-004, se muestra una cantidad considerable de magnetita. b) muestra PH-001 se muestra cristales de hematitas.

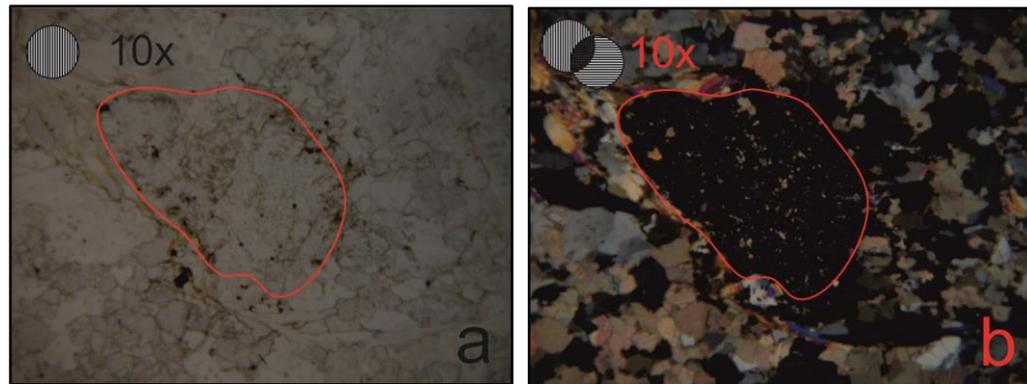


Figura 10. a) muestra PH-004, se observa con nicols paralelos sericita. b) el mismo mineral en nicols cruzados, esto producto de la alteración debido a la meteorización química.

3.1.4 Correlación entre el contenido de cuarzo, resistencia a la compresión simple y porcentaje de absorción

Haciendo uso del porcentaje de cuarzo de las muestras PHI – 002 (2,67%), HPM – 007 (42%) y PHI – 011 (61%), conjuntamente con los resultados del ensayo de compresión simple y absorción de las muestras homóloga PHI – 001 (68,9 kgf/cm²),

PHM – 007 (456,57 kgf/cm²; 0,60%) y PHI – 010 (452,24 kgf/cm²; 1,90%) se realizó el grafico 2a.

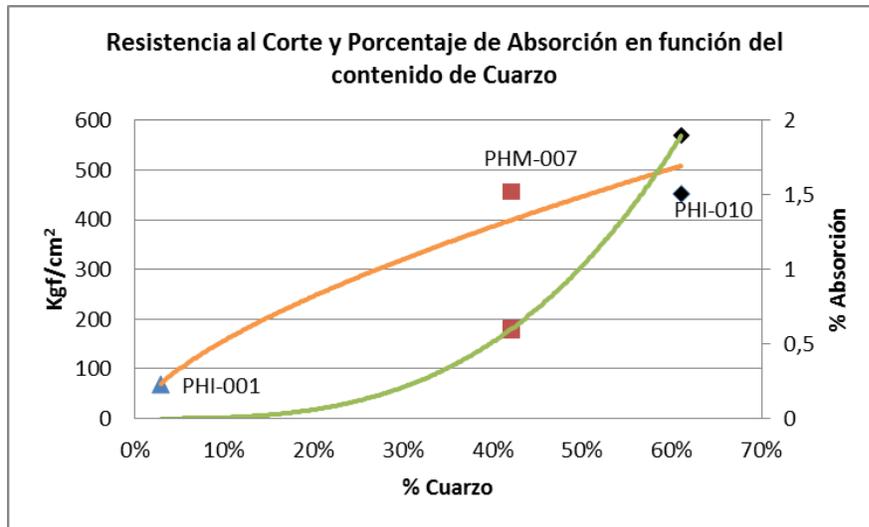


Grafico 2a. Se muestra la relación respecto al cuarzo con los resultados de los ensayos de laboratorio, la línea anaranjada muestra la tendencia potencial de la relación del cuarzo con el ensayo de compresión y la verde representa la tendencia potencial del cuarzo vs el porcentaje de absorción.

La correlación mostrada en el grafico 2a permite definir la relación directa del contenido de cuarzo en una muestra de esta cuenca respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio; se aprecia que mientras mayor es el contenido de cuarzo mayor es la resistencia de la roca a ser fractura, de igual forma sucede con el porcentaje de absorción pues a mayor contenido de cuarzo mayor es la capacidad de la roca en retener agua en los espacios porosos. Esto permite estimar que el contenido de cuarzo tiene un impacto directo en los resultados de compresión simple y porcentaje de absorción.

3.2 Cuenca Caricuao

3.2.1 Observaciones de campo

El registro de datos de campo se obtuvo mediante cortes de carretera a lo largo de la zona de Caricuao, Terrazas de Caricuao y La Haciendita, encontrándose una serie de afloramientos naturales distribuidos de forma heterogénea, los cuales en su

mayoría se encontraban poco conservados producto de la meteorización (figura 11), sin embargo fue posible la obtención de muestras para posteriores ensayos, reconocimiento del tipo de roca y medición planos de discontinuidad. Estructuralmente es una zona que presenta un plegamiento bastante marcado observable en gran parte de los afloramientos encontrados y donde al menos dos (2) familias de diaclasas son recurrentes.

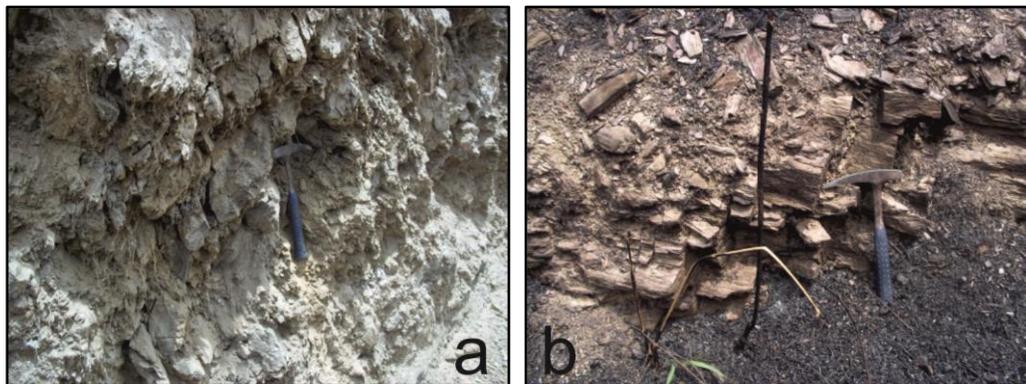


Figura 11. a) condición de afloramiento desfavorable, presenta un grado de meteorización IV. b) diaclasa observadas en la zona de estudio en un esquistos cuarzo-micáceo- calcáreo

Se identifica una roca metamórfica metasedimentaria descrita como esquistos cuarzo- micáceo en su mayoría, en ocasiones filitas, esquistos calcáreo-micáceo con foliación marcada y también esquistos intercalados con filitas (figura 12), capas delgadas de mármol negro y algunos niveles de grafito y sericita (figura 13). El color meteorizado varía entre marrón oscuro, negro, amarillo, anaranjado y gris, mientras que el color fresco en su mayoría es amarillo, anaranjado y marrón claro, la sericita presenta un color blancuzco (figura 13).

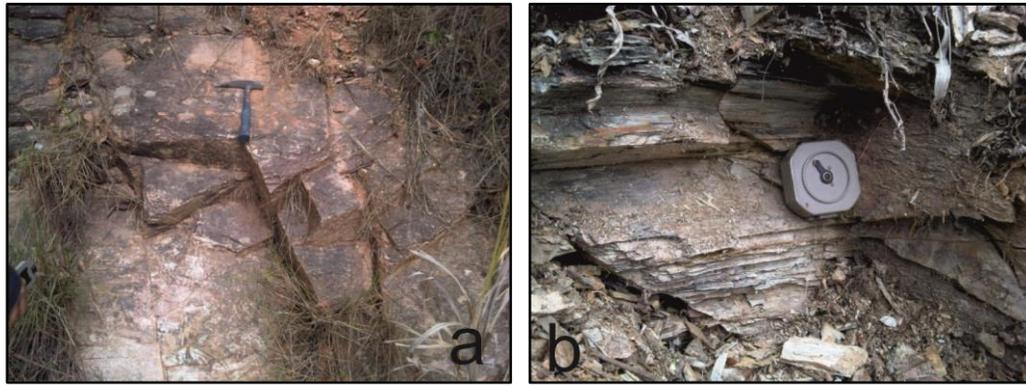


Figura 12. a) Esquisto cuarzo-micáceo, presenta un color meteorizado de anaranjado a rojizo con zonas negras, es posible observar 3 familias de diaclasas. b) filita grafitosa, se aprecian los planos de foliación.

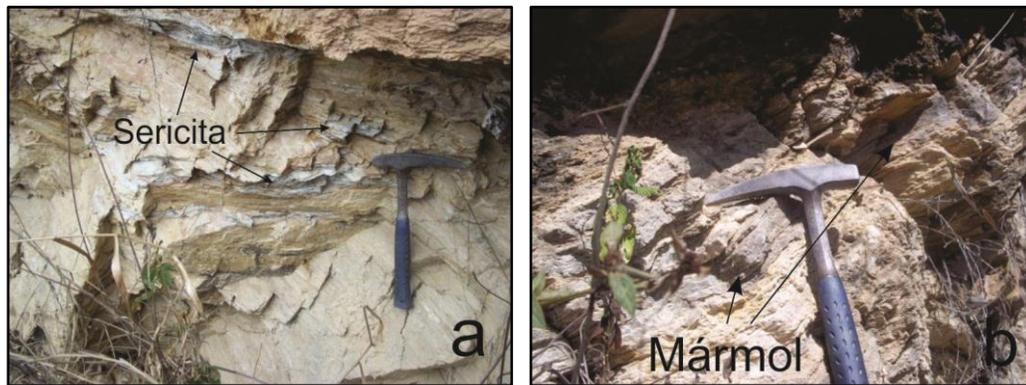


Figura 13. a) se observa una filita intercalada con capas de sericita, presenta un color meteorizado amarillo para la filita y gris para la sericita. b) intercalacion de esquisto con marmol negro.

Por último se observaron vetas de cuarzo (figura 14a) paralelas en su mayoría a la foliación y algunas vetas de calcita (figura 14b) paralela a la foliación y a las discontinuidades del tipo diaclasas. Se describieron algunos puntos de serpentinita correspondientes posiblemente a una intrusión.

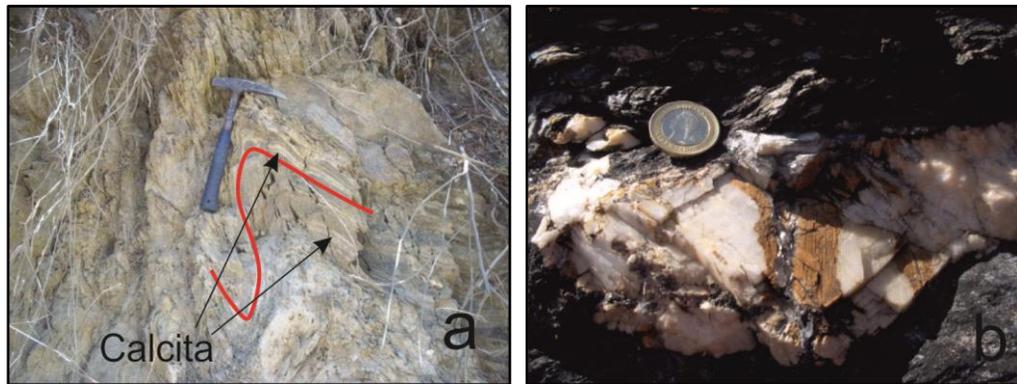


Figura 14. a) se muestra pequeñas vetas de calcita paralelas a la foliación, así mismo se observa el plegamiento presente en la zona. b) veta de calcita, donde se puede observar sus planos de clivaje.

3.2.2 Contenido mineralógico

En campo se recolectaron ocho (8) muestras de mano para la elaboración de ocho (8) secciones finas, de las mismas solo una (1) corresponde a una roca metamórfica compuesta principalmente por serpentinas por lo cual no se incluye en las tablas y gráficos en esta zona de estudio, de tal forma el análisis se realiza de siete (7) secciones finas. Con el análisis petrográfico se pudieron determinar los porcentajes minerales que se muestra en la tabla integrada 4 la cual permite comparar los niveles porcentuales de los minerales presentes en cada muestra como lo son cuarzo, carbonatos (calcita), micas (moscovita, biotita y clorita, donde 80% corresponde a moscovita), grafito, óxidos (magnetita y hematita, con porcentajes divididos) y feldespato potásico (ortosa).

De acuerdo al grafico 3, se puede observar que las micas y los óxidos son minerales iterativos en todas las muestras con apariciones más o menos constantes en cuanto a porcentajes por sección fina, el cuarzo y carbonato se presenta en grandes cantidades pero no se observa en todas las muestras estudiadas pertenecientes a esta zona, las plagioclasas son totalmente escasas, mientras que los demás

minerales, feldespato potásico, óxido y grafito, se observan de forma no uniforme y en menor cantidad que los anteriores.

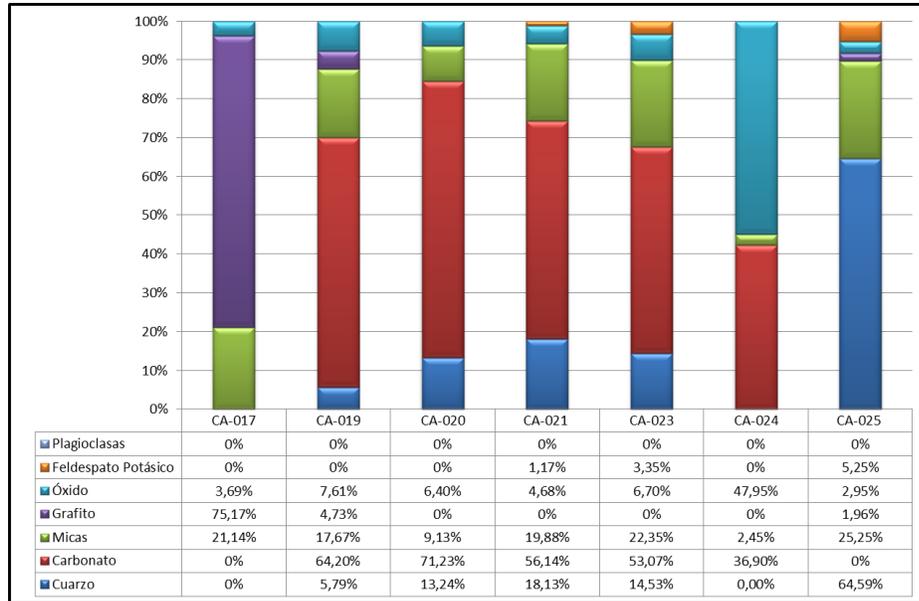


Tabla 4. Tabla integrada que muestra la presencia cuantitativa porcentual de cada mineral en las diferentes muestras.

De forma general, los niveles porcentuales mineralógicos que presenta esta cuenca se muestran en orden de abundancia; 41% está constituido por carbonatos, seguido de cuarzo y micas con un 17%, en porcentajes menores al 15% se encuentra el grafito, óxidos y feldespatos.

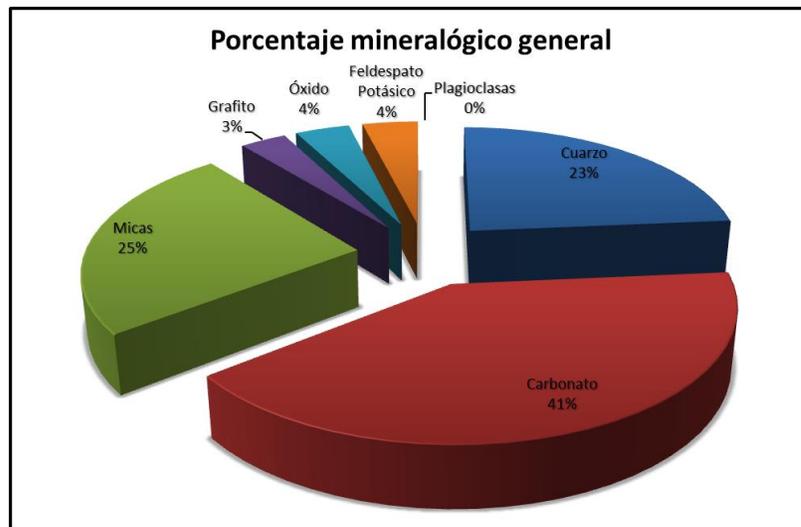


Grafico 3. Se muestra la cantidad total de cada mineral en la zona en porcentajes. Los porcentajes mayores corresponden a los carbonatos, micas y cuarzo.

3.2.3 Meteorización

La roca presente en esta área muestra una meteorización Grado IV, según *El Documento Básico de Seguridad Estructural de la edificación*, en su *Apartado de Cimientos (CTE)* de *La Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas* (ver apéndice 1), tomando en cuenta las características visuales observadas en campo, el estudio petrográfico de secciones finas y los resultados de ensayos de absorción. Este grado de meteorización es producto de una composición entre la meteorización mecánica y química. Las características visuales muestran una roca poco competente, deleznable en la mayoría de los casos (figura 15), los colores predominantes van desde rojizos, anaranjados, pardos y amarillentos gracias a la oxidación del hierro contenido en los minerales que componen las rocas aflorantes en esta zona, así mismo se observó capas intermitentes de sericita intercaladas con los esquistos presentes en la zona.

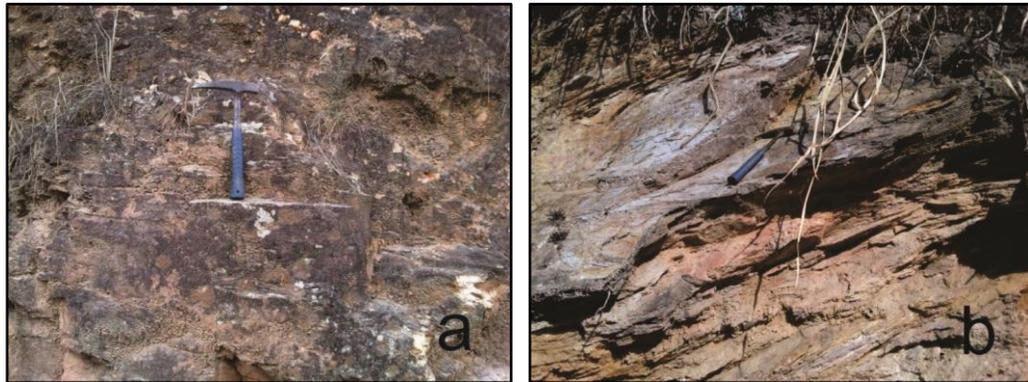


Figura 15. a) condición general de afloramiento, el mismo muestra una roca meteorizada Grado IV. b) roca que presenta un color meteorizado marrón y un color fresco entre amarillo, anaranjado y rojizo Grado IV.

La descripción óptica mediante el estudio de secciones finas bajo luz polarizada pone en evidencia la meteorización Grado IV con presencia de cantidades importantes de cristales de hematita y magnetita, así mismo se observan agregados de sericita y se determinan cloritas producto de la alteración de la biotita (figura 16).

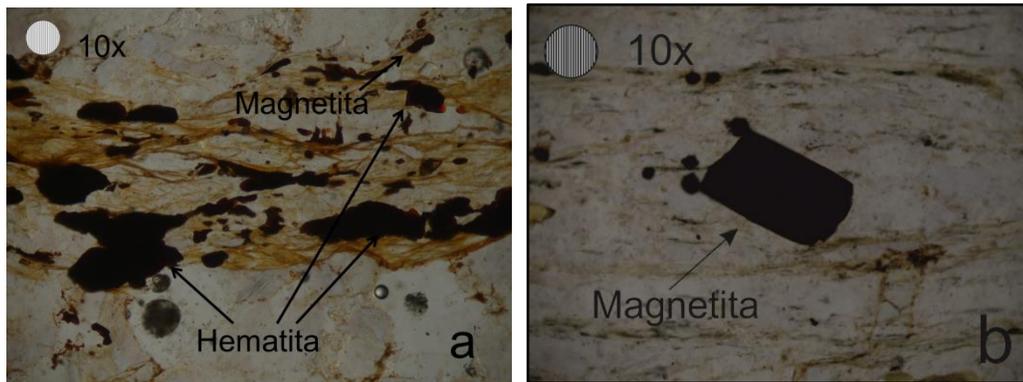


Figura 16. a) Muestra CA-021 cristales de hematita y magnetita b) muestra CA-025 cristal de magnetita, se encuentra rodeado por bandas de clorita producto de la alteración por meteorización química de la biotita, aún se pueden observar los vestigios de biotita.

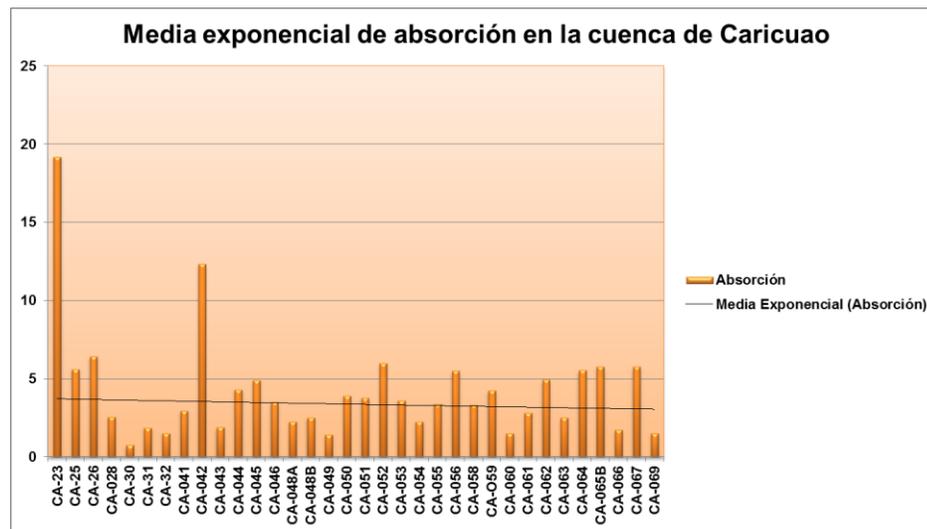
En este mismo orden de ideas y tomando en cuenta los porcentajes de absorción se estima que esta cuenca presenta un grado de meteorización IV (ver gráfica 4),

debido a que la media está alrededor de los 3,38 %. Cabe resaltar que los porcentajes más bajos obtenidos en los ensayos son 0,76% y 1,87%, que indican un grado de meteorización más bajo, es decir, una roca más sana. Los porcentajes de absorción mayores están entre 19,21% y 12,35%, que indica un grado de meteorización aguda, pero puntual (ver tabla 5)

Tabla 5. Porcentajes obtenidos en los ensayos de absorción realizados a las muestras obtenidas en campo

Muestra	Absorción (%)
CA-23	19,21
CA-25	5,62
CA-26	6,45
CA-028	2,57
CA-30	0,76
CA-31	1,87
CA-32	1,52
CA-041	2,95
CA-042	12,35
CA-043	1,9
CA-044	4,3
CA-045	4,92
CA-046	3,51
CA-048A	2,26
CA-048B	2,53
CA-049	1,44
CA-050	3,92

Muestra	Absorción (%)
CA-051	3,79
CA-052	5,98
CA-053	3,62
CA-054	2,27
CA-055	3,38
CA-056	5,5
CA-058	3,34
CA-059	4,24
CA-060	1,49
CA-061	2,83
CA-062	4,93
CA-063	2,5
CA-064	5,54
CA-065B	5,77
CA-066	1,72
CA-067	5,76
CA-069	1,53



Gráfica 4. Valores de absorción en porcentaje de las diferentes muestras tomadas en campo.

3.2.4 Correlación entre el contenido de cuarzo, resistencia a la compresión simple y porcentaje de absorción

Haciendo uso del porcentaje de cuarzo de las muestras CA – 020 (13,24%) y CA – 021 (18,13%) conjuntamente con los resultados del ensayo de compresión simple y absorción de las muestras homóloga CA – 040 (134,4 kgf/cm²; 2,95%) y CA – 043 (215,55 kgf/cm²; 1,90%) se realizó el grafico 4a.

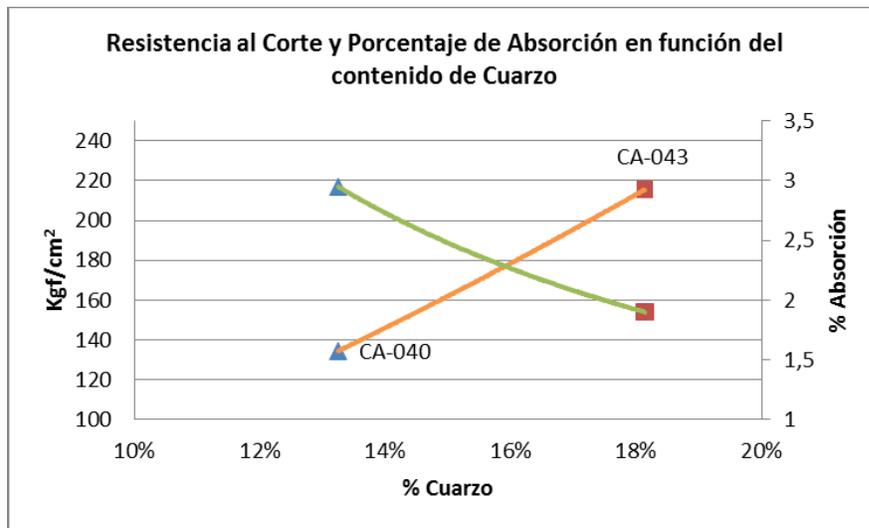


Gráfico 4a. Se muestra la relación respecto al cuarzo con los resultados de los ensayos de laboratorio, la línea anaranjada muestra la tendencia potencial de la relación del cuarzo con el ensayo de compresión y la verde representa la tendencia potencial del cuarzo vs el porcentaje de absorción.

El gráfico 4a permite definir la relación directa del contenido de cuarzo en una muestra de esta cuenca respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio; se puede apreciar que a mayor contenido de cuarzo mayor es la resistencia de la roca a ser fracturada, caso contrario sucede con el porcentaje de absorción pues a mayor contenido de cuarzo menor es la capacidad de la roca en retener agua en los espacios porosos. Cabe destacar que esta cuenca difiere de la anterior en la relación cuarzo – absorción ya que en la primera cuenca se observó una relación proporcional y esta presenta una relación inversamente proporcional, ambas referidas al contenido de cuarzo.

3.3 Cuenca antímano

3.3.1 Observaciones de campo

La información de campo se obtuvo de cortes de carretera ubicados a lo largo de la autopista Francisco Fajardo, donde se pudieron localizar una serie de afloramientos periódicos que permitieron la descripción de la roca in situ y la toma de muestras para ensayos de laboratorio y, de igual, forma para la realización de secciones finas. En general los taludes muestran una roca muy competente poco afectada por la meteorización, este estado permitió medir planos tanto de foliación como de discontinuidades fácilmente, así mismo el estado conservador de la roca permitió una mejor apreciación de los efectos de los esfuerzos compresivos representados por plegamientos (figura 17).



Figura 17. a) Afloramiento que muestra una roca bastante compacta y escasamente afectada por la meteorización. b) Plegamiento de la zona, la roca también presenta vetas de cuarzo.

Por tanto se estableció una roca metamórfica caracterizada por la preponderancia de minerales laminares (esquistos), en su mayoría cuarzo-micáceo-grafitoso y en menor cantidad esquistos calcáreo-micáceos en algunos casos grafitosos. Se pudo observar la presencia de cristales de pirita en ciertos puntos de la zona de estudio, también se observaron de forma puntual algunas capas de filita grafitosas micáceas (ver figura 18).

Para esta área el color meteorizado presente esta entre tonalidades de marrón, gris y negro y el color fresco principalmente gris y beige. Se encontró gran cantidad de cuarzo de forma lenticular y en vetas, así mismo algunas vetas de calcita, y niveles de óxido de hierro (figura 19).



Figura 18. a) Muestra CA-017, filita grafitosa, se pueden observar zonas sin minerales debido a la pérdida de los mismos por acción meteórica.

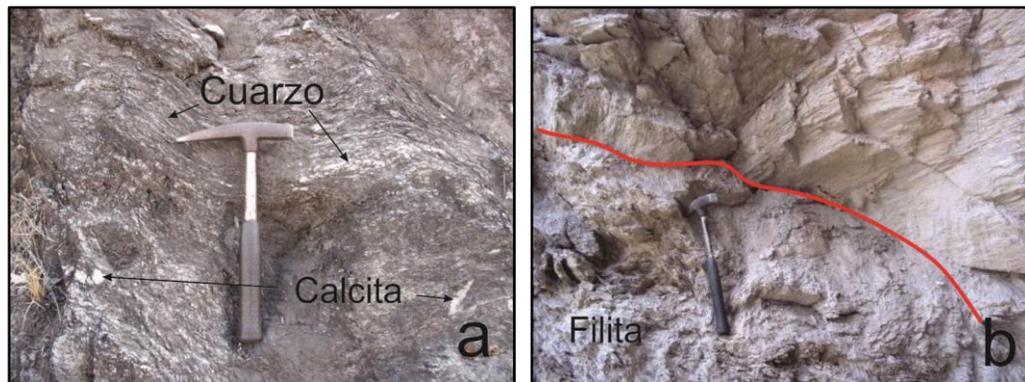


Figura 19. a) Roca plegada con lentes y vetas de cuarzo y calcita mayormente paralelos a la foliación. b) Contacto litológico entre esquistos cuarzo – micáceos (arriba) y filitas grafitosas (abajo), se puede apreciar las discontinuidades presentes en el afloramiento.

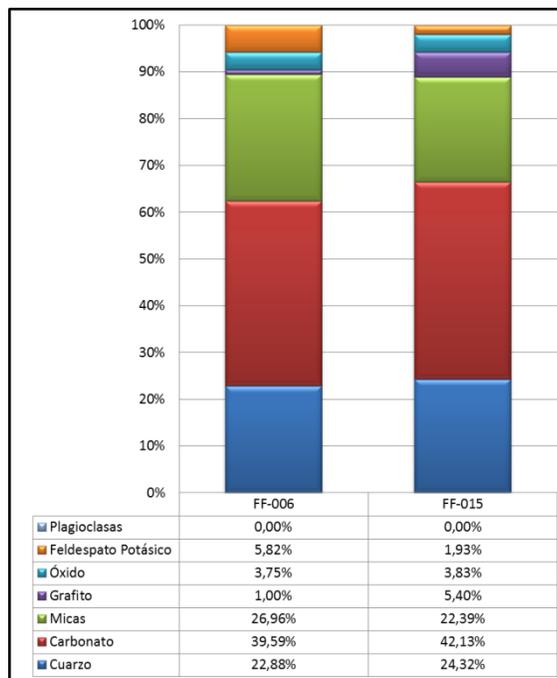
3.3.2 Contenido mineralógico

Durante el levantamiento de campo, en esta zona, se pudieron obtener dos (2) muestras de mano, debido a las condiciones de la roca y a la periodicidad que mostraban los afloramientos, para la elaboración de secciones finas; las mismas al ser analizadas petrográficamente permitieron calcular los porcentajes mineralógicos

que componen la roca (tabla 6), esto con el fin de comparar los niveles porcentuales de cuarzo, carbonatos, micas (en orden de abundancia, moscovita, biotita y clorita), grafito, feldespato potásico (Ortosa), óxidos (magnetita y en pequeñas proporciones hematita) y plagioclasas.

La tabla integrada (tabla 6) permite comparar los niveles porcentuales entre las dos secciones finas; se observa que el contenido mineralógico es homogéneo en ambas muestras, los minerales mayoritarios son carbonato, cuarzo y micas, ninguno sobrepasa un 50%, y los minerales restantes grafito, óxidos y feldespato potásico son menor al 10%, en ninguna de las muestras se observó la presencia de cristales de plagioclasas.

Tabla 6. Tabla integrada que muestra mediante barras los porcentajes de minerales por muestra.



En el gráfico 6 muestra los porcentajes total de minerales pertenecientes a la zona de estudio, es se observa fácilmente que los mayoritarios corresponden a

carbonatos, micas y cuarzo, en ese orden: 41%, 25% y 23%, los demás minerales presentan porcentajes menos significativos, porcentajes menores al 5%.

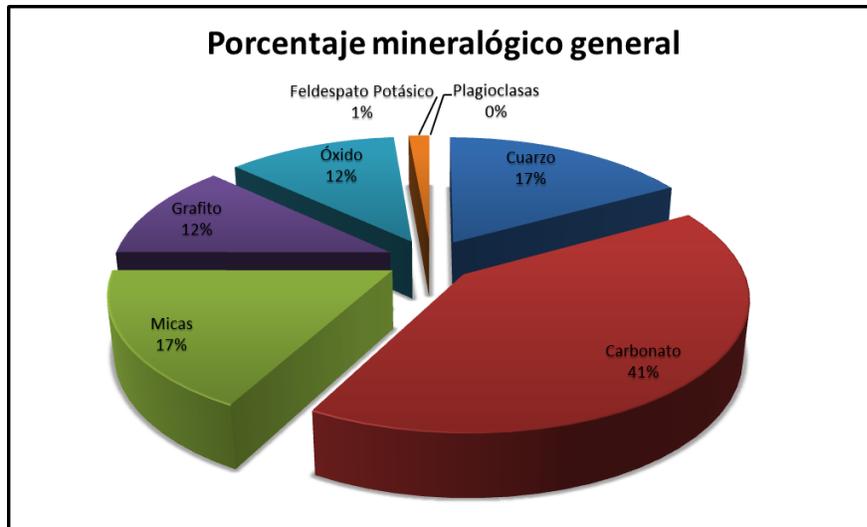


Grafico 5. Distribución global porcentual de minerales, donde los carbonatos presentan un mayor porcentaje de abundancia.

3.3.3 Meteorización

En general, la cuenca presenta una meteorización Grado II, según *El Documento Básico de Seguridad Estructural de la edificación*, en su *Apartado de Cimentos (CTE)* de *La Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas* (ver apéndice 1). Esto se evidencia en gran parte de los afloramientos visitados, los mismos muestran una roca bastante competente de color gris a beige, así mismo y analizando los ensayos de absorción, los porcentajes de son bastante bajos para el tipo de roca en estudio, donde el mayor porcentaje está en 1,9 % como se observa en el gráfico 6 y tabla 7.



Figura 20. a) afloramiento con Grado de meteorización III, aun se pueden medir los planos de discontinuidad sin embargo la roca esta parcialmente meteorizada. b) afloramiento con Grado de meteorización II

Tabla 7. Valores de absorción expresados porcentualmente.

Muestra	Absorción
FF-003	1,9
FF-004	0,61
FF-005	0,81

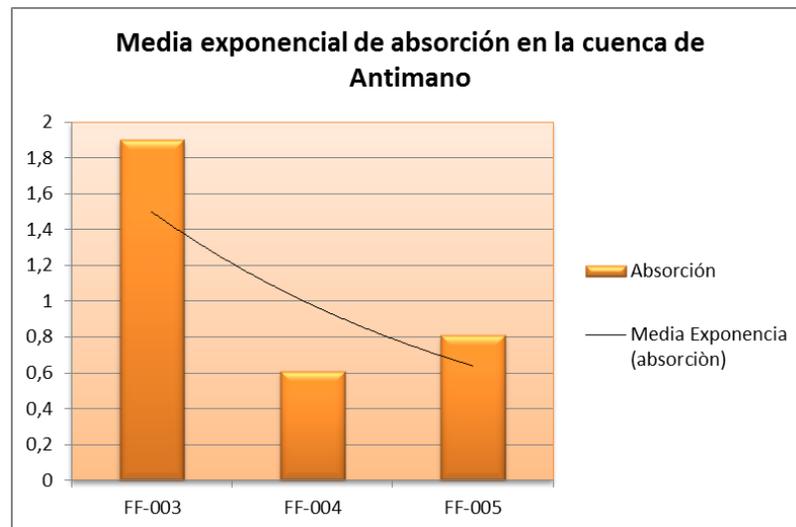


Grafico 6. Media exponencial de la distribución de porcentajes de absorción en esta zona de estudio

El estudio de secciones finas bajo luz polarizada permitió observar una cantidad bastante significativa de cristales de magnetita (figura 20) con caras bien definidas, y algunos cristales de pirita.

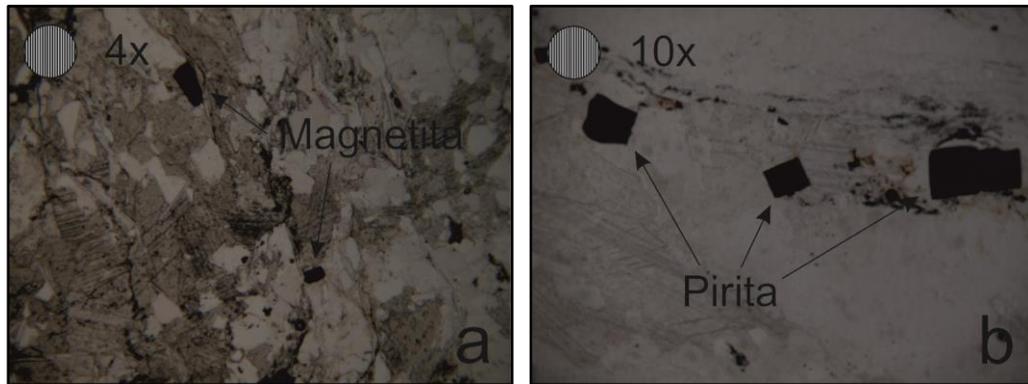


Figura 21. a) muestra AFF-006, cristales de magnetita con caras bien definidas. b) muestra AFF-015, cristales de Pirita

3.3.4 Correlación entre el contenido de cuarzo y resistencia a la compresión simple

Haciendo uso del porcentaje de cuarzo de las muestras AFF – 006 (22,88%) y AFF – 015 (24,32%) conjuntamente con los resultados del ensayo de compresión simple de las muestras homóloga AFF – 004 (323,29 kgf/cm²) y AFF – 018 (148,67 kgf/cm²) se realizó el grafico 6a.

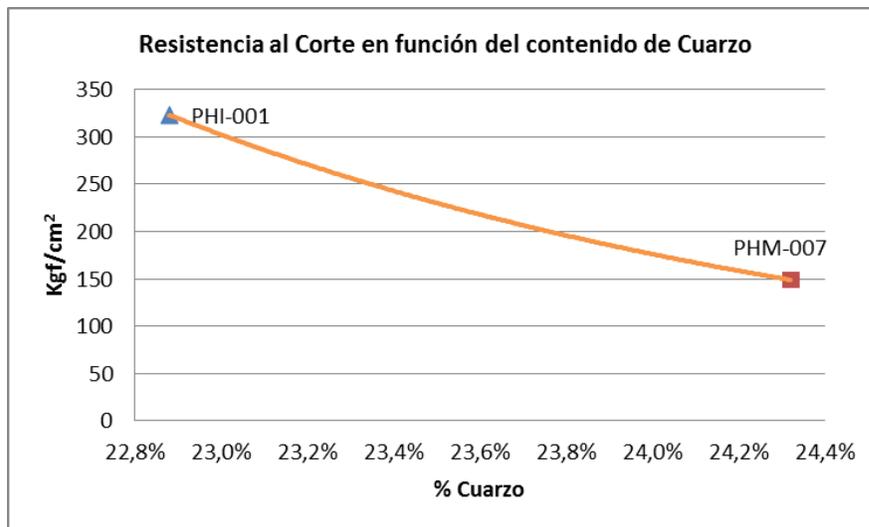


Grafico 6a. Se muestra la relación respecto al cuarzo con los resultados de los ensayos de laboratorio, la línea anaranjada muestra la tendencia potencial de la relación del cuarzo con el ensayo de compresión.

En el grafico 6a se puede observar la relación directa del contenido de cuarzo en una muestra de esta cuenca respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio; se

puede apreciarse que a mayor contenido de cuarzo menor es la resistencia de la roca a ser fracturada, caso que difiere con el resto de las cuencas estudiadas anteriormente debido posiblemente a que el contenido de cuarzo no varía en gran proporción.

3.4 Geomorfología

El análisis geomorfológico se realizó en su primera fase mediante la interpretación de la misión aérea 0304193 a escala 1:24000, números 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167 y 168, y de la carta topográfica digital del año 2012 (base topográfica LiDAR). Esta integración dio como resultado el establecimiento de 2 unidades geomorfológicas principales: Unidad de Relieve Alto y Unidad de Relieve Bajo

Gracias a la interacción de los agentes naturales, como la geodinámica externa, litología y la meteorización, se tienen expresiones en el relieve que se puede observar en el campo del área de estudio. Básicamente se establecen estas unidades por el contraste de elevaciones, figura 21.

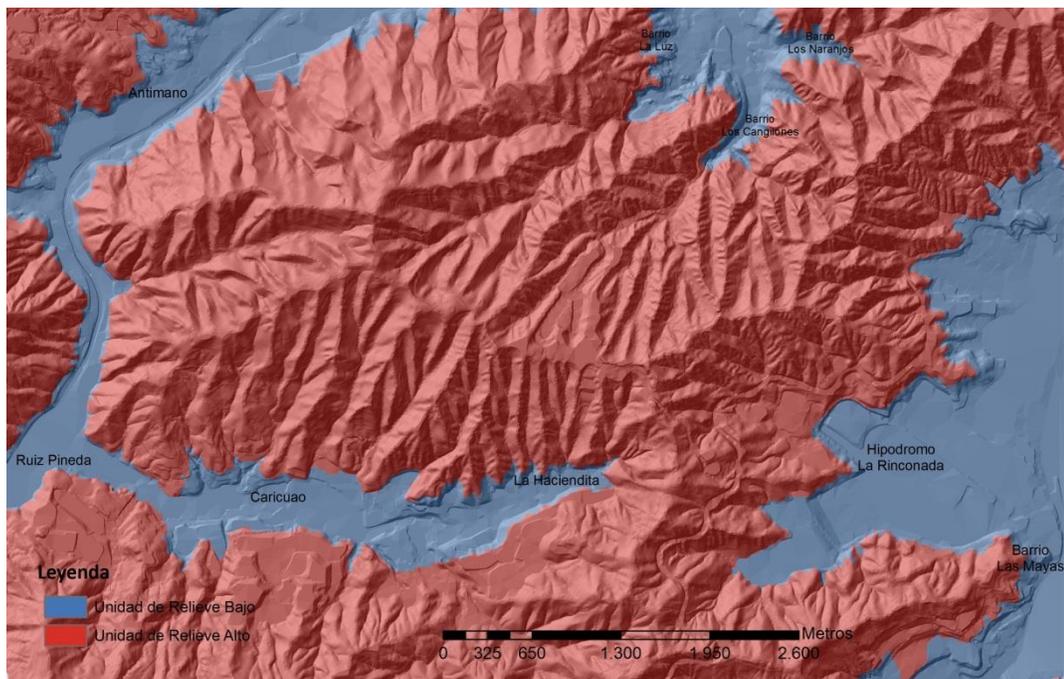


Figura 22. Mapa de Sombras o Hillshade combinado con una red irregular de triángulos (TIN) modificado para mostrar la división por relieve de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio.

3.4.1 Unidades

3.4.1.1 Unidad de Relieve Alto

Se encuentra cubriendo aproximadamente el 80% del área de estudio con alturas que van desde los 925m hasta 1420m siendo esta ultima la cota más alta, se trata principalmente de una serie de filas interconectadas y bisectadas por un drenaje principal, esta zona está constituida por una vegetación tupida, generalmente por matorrales. Las líneas de cresta presentan una geometría pseudoparalela y siguen una trayectoria sinuosa. De acuerdo a estas características la unidad I presenta las siguientes tipificaciones:

3.4.1.1.1 Fila curvada

Se ubica básicamente desde la parte central hasta el noreste (figura 22a), con alturas que van desde los 950m en la parte oeste hasta 1420 en la zona central. Se encuentra limitada por las comunidades de Caricuao al sur, Antímamo al oeste, la Rinconada al este y al norte Los Mangos. Dicha forma topográfica presenta laderas asimétricas con pendientes entre 15° y 45° ubicadas principalmente al oeste de la estructura, sin embargo se pueden apreciar ciertos sectores con laderas cuyas pendientes son $> 45^\circ$ y $< 5^\circ$ (figura 22b). Presenta drenajes adaptados geoméricamente paralelos en casi toda la topoforma, aunque en algunos casos se tiende a comportarse como un drenaje dendrítico.

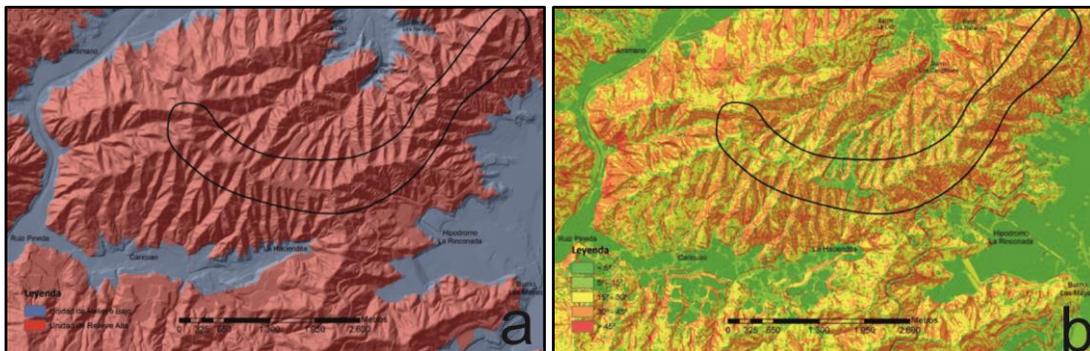


Figura 23. a) Ubicación de la fila curvada. b) Sector donde se muestran las variaciones de las pendientes, los colores más oscuros indican una pendiente más pronunciada

3.4.1.1.2 Filas alargadas

Se pueden distinguir tres tipificaciones de estas topoformas, una en la parte noroeste de mayor extensión areal, limitado al norte con la población de Antímamo (figura 23a), con línea de cresta algo curvada y alturas que van desde los 925m hasta los 1275m, las laderas son asimétricas cóncavas y con pendientes más pronunciadas en el oeste que van de 30° a 45° hasta llegar a ser mayor a 45°, las pendientes más bajas se ubican al norte, como se observa en la figura 23b.

La siguiente tipificación se ubica al centro sur de la hoja y forma una especie de divisoria de aguas entre la zona de La Haciendita y el Hipódromo de la Rinconada con una línea de cresta rectilínea (figura 23a), con cotas que van desde los 1020m hasta los 1250m, con laderas suaves y simétricas, y pendientes cóncavas las cuales son más pronunciadas al oeste (figura 23).

Por último la tipificación que se encuentra ubicada al sur – este donde se encuentra ubicado el sector de Las Mayas (figura 23a), la misma se intercepta con la fila descrita anteriormente, presenta puntos de altura que van desde 999m hasta los 1200 metros, con línea de cresta rectilínea, las laderas son asimétricas, con pendientes poco pronunciadas, entre 15° y 30°. En general se encuentra bastante drenada con una red de afluentes que se adaptan a la topografía del terreno, con geometría del tipo sub – paralelos y en menos cantidad dendríticos (figura 23).

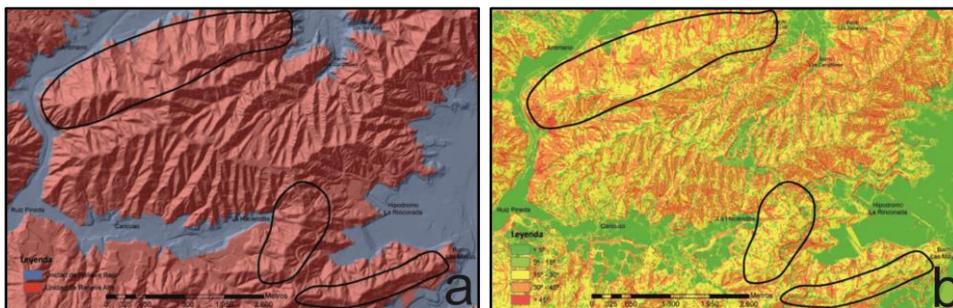


Figura 24. a) Ubicación espacial de las filas alargadas. b) Sector donde se muestran las variaciones de las pendientes.

3.4.1.1.3 Colinas alargadas

Está ubicada en la parte Nor – central de la figura 24a limitando con las comunidades de Los Mangos y Paraparo, con alturas que van desde los 975m hasta los 1300m, presentan líneas de crestas rectilíneas con laderas cóncavas simétricas suaves y pendientes generalmente entre 30° y 45° (figura 24b). El drenaje presente es adaptado a las topoformas, con geometría del tipo dendrítico que se vuelve sub – paralelo en la ladera norte.

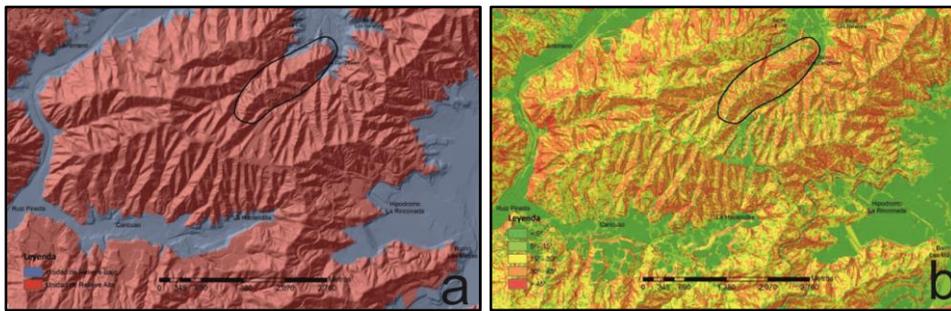


Figura 25. a) Ubicación de la colina alargada. b) Sector donde se muestran las variaciones de las pendientes.

3.4.1.2 Unidad de Relieve Bajo

Esta unidad está representada por los valles encontrados en la zona de estudio, abarca poca extensión areal, su expresión es una franja curveada de unos 300m de ancho aproximadamente que va desde el noroeste hasta la zona sur central y al sureste del área de estudio. Con puntos de cota que van desde 912m hasta 1014m y se tipifican de la siguiente manera

3.4.1.2.1 Valles intramontinos

Se pueden distinguir tres (3) tipificaciones de estas topoformas, la primera se encuentra ubicada al sur de la hoja, con dirección este-oeste, específicamente en la comunidad de Caricuaio, la expresión define un valle amplio en forma de U, con alturas que no sobre pasan los 1020m. Las laderas que rodean esta topoforma son suaves y cóncavas con pendientes entre 15° y 30° , el agua que drena por los

afluentes de dichas laderas es recogida por la quebrada Caricuaao que es el drenaje principal en este sector, el cual presenta una geometría transicional, el mismo tiende aproximarse a la ladera norte que lo flanquea (figura 26 a y b)

El segundo valle intramontino se encuentra al oeste de la carta con una dirección norte – sur, específicamente en las cercanías de la comunidad de Antímamo, el mismo presenta puntos de cota que no sobre pasan los 918m. Es un valle estrecho en forma de V con laderas asimétricas, las laderas que se encuentran al este presentan pendientes más pronunciadas, mientras que las que están al oeste son más suaves (figura 25b) y el cauce tiende a aproximarse a estas. Presenta un drenaje desadaptado, Rio Guaire, que ha formado una garganta, el mismo presenta una geometría regular y es el drenaje principal colecta los fluidos que vienen de la quebrada Caricuaao (figura 26).

El tercer valle intramontino se encuentra ubicado al norte de la figura 26 presenta una dirección preferencial norte – sur, específicamente en las inmediaciones de las comunidades de La Luz, Los Cangilones y los Naranjos; este valle es el menor en cuanto a extensión areal, el mismo presenta cotas que no sobrepasan 950m. Es un valle amplio en forma de U con laderas asimétricas, las que se encuentran al este son más pronunciadas con pendientes mayores a los 30° y geoméricamente cóncavas, por su parte, las ubicadas al oeste son suaves con pendientes entre 15° y 30° y geoméricamente hablando convexas, con aproximadamente 635m de ancho

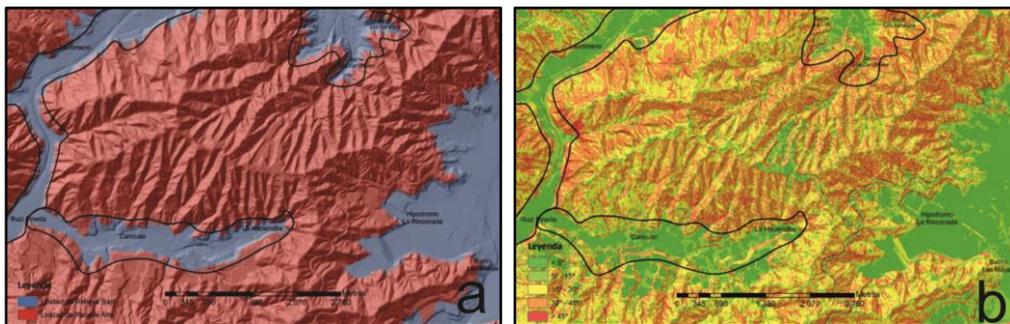


Figura 26. a) Ubicación de los valles intramontinos. b) Sector donde se muestran las variaciones de las pendientes en estos valles.

3.4.1.2.2 Valle amplio

Se ubica al este en la figura 27 y comprende la localidad de La Rinconada más específicamente el sector correspondiente al Hipódromo, el Poliedro de Caracas y las zonas norte adyacentes; las alturas están comprendidas entre los 912m y 995m. Esta expresión corresponde a un valle amplio con algunas irregularidades o montículos que presentan alturas de no más de 1000m y que por lo general son rellenos alóctonos generados por la acción del hombre en la topografía. Las laderas que lo rodean a este valle son laderas suaves con pendientes que no sobre pasan los 45° grados. El drenaje principal es adaptado está constituido por el Rio Valle el cual presenta una geometría rectilínea.



Figura 27. a) Ubicación del valle amplio. b) Sector donde se muestran las variaciones de las pendientes cercanas al valle.

3.5 Marco Estructural Local

La zona de estudio está enmarcada dentro del sistema montañoso del caribe, la misma presenta gran influencia tectónica ya que las fallas de Boconó, San Sebastián y el Pilar ejercen los principales esfuerzos tectónicos en la zona. Para definir los eventos estructurales que afectaron el área de estudio se definieron un conjunto de elementos estructurales tales como foliaciones, pliegues, fallas y familias de diaclasas.

Se lograron caracterizar localmente estructuras originadas por esfuerzos compresivos en un régimen dúctil, pliegues, con ejes de inmersión aproximado al sur. De igual forma se logró identificar e inducir deformaciones de regímenes frágiles, fallas, a través de datos tomados directamente en campo y a partir de estructuras planares interpretadas en fotografías aéreas y haciendo uso del software ArcGIS 9.3.

3.5.1 Foliación

Representa la estructura, en algunos casos planar, más común. La misma se encuentra deformada debido a diversos eventos tectónicos que ha sufrido el área de estudio (figura 28), en los esquistos encontrados a lo largo de toda el área de estudio la foliación está definida por la orientación de los minerales micáceos. Debido a que en ciertas áreas la roca se encuentran fuertemente deformada no existe un patrón de foliación único, por esta razón en las rocas de menor granulometría y mayor cantidad de minerales micáceos hay mayor variación en la orientación de la foliación, caso contrario ocurre en las rocas donde la granulometría es más grande y los minerales micáceos más escasos, sin embargo la tendencia mayoritaria de los mismo esta unos 79° al este con buzamiento al norte (figura 29),



Figura 28. Variación en los planos de foliación. Afloramiento del punto 103, Caricuaao.

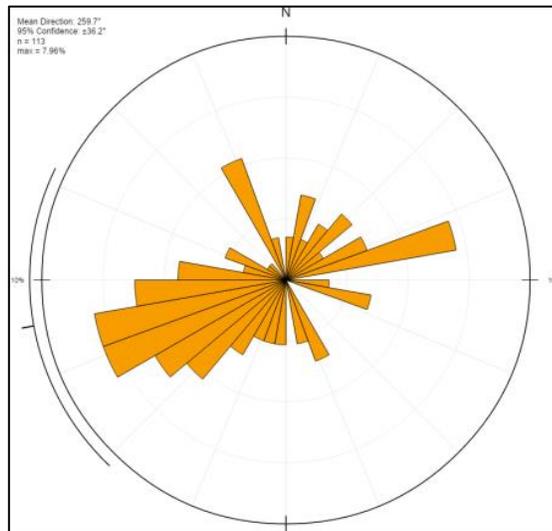


Figura 29. Roseta que representa la tendencia del rumbo de los diferentes planos de foliaciones

3.5.2 Pliegues

Se evidencia al menos tres (3) eventos en regímenes dúctiles que deformaron las rocas presentes en la zona de estudio p1, p2 y p3 (figura 30a). La generación del primer evento (p1) está caracterizado por presentar pliegues isoclinales con planos axiales pseudoparalelos a la foliación, su escala en la menor y abarca zonas puntuales a lo largo del área estudiada.

A continuación la generación del segundo evento está caracterizado por bascular los pliegas generados en la primera fase haciendo que los mismos sean comprimidos y plegados nuevamente (figura 30b).

En este mismo orden de ideas, la tercera fase se caracteriza por generar plegamientos regionales haciendo que la zona está envuelta en un pliegue mayor a los que se puedan observar en campo, por lo que se necesitó tanto de la interpretación de las orientaciones de las foliaciones como del análisis y procesamiento de datos en el programa ArcGIS 9.3.

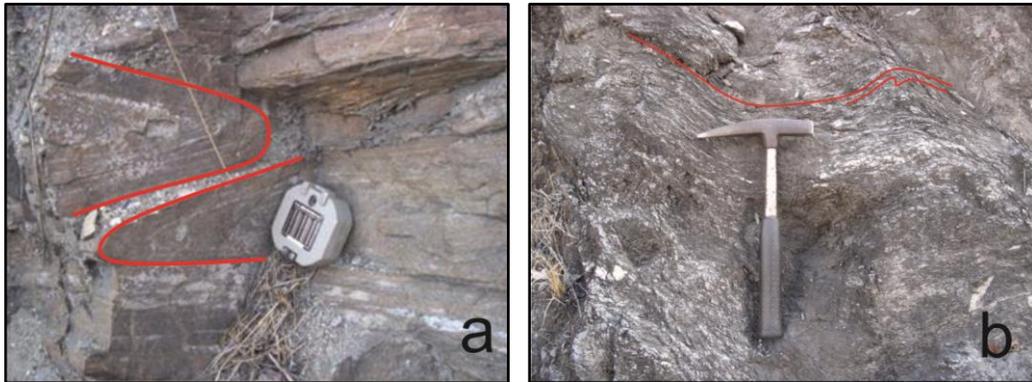


Figura 30. a) Pliegues isoclinales b) Pliegues de pliegues, segunda fase de deformación.

Esta última expresión estructural está definida como un sinclinorio, es decir una asociación de pliegues yuxtapuestos que en conjunto dibujan una deformación negativa, lo cual quiere decir que la forma que presenta es cóncava o de sinclinal, el mismo se encuentra ubicado al Nor – oeste y Nor – este de la figura 31, y se trata de un pliegue producto de una deformación elástica que pliega los pliegues anteriores formando un nuevo plegamiento sin superar el límite elástico, de tal forma que aunque se formó un nuevo pliegue los pliegues que se habían formado anteriormente quedan más plegados.

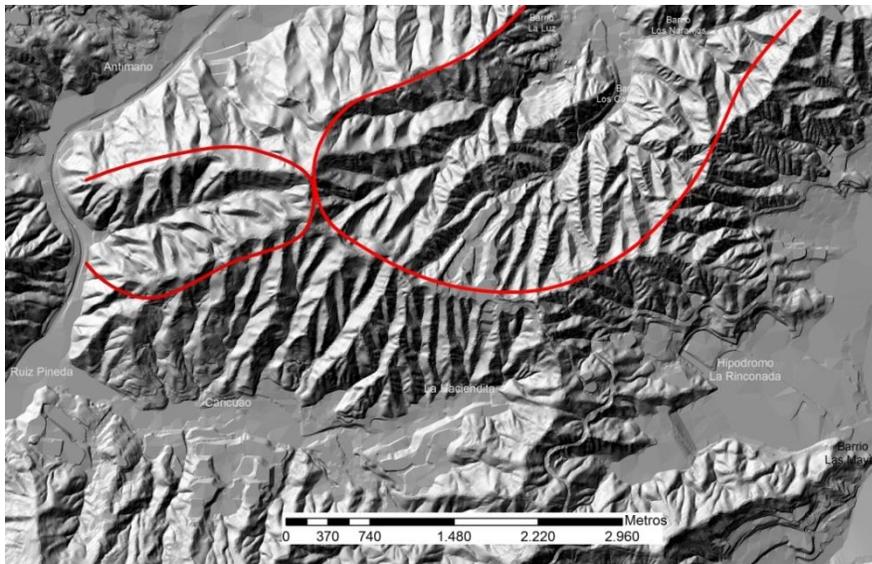


Figura 31. Hillshade o mapa de Sombras, muestra la expresión en las topografías.

3.5.3 Fallas

En campo se pudo identificar dos (2) fallas locales; ambas deformaciones en regímenes frágiles representan fallas locales. La primera fue interpretada en La Rinconada, en las inmediaciones del Hipódromo de La Rinconada (figura 32a), se puede observar el residuo de un espejo de falla que gracias a la acción meteórica no está conservada; debido a esto no se pudo definir el buzamiento de la falla y solo se aproximó el rumbo, unos N73E.

La siguiente expresión estructural se encuentra en la carretera Panamericana, específicamente al rededor del km 8, cuya expresión superficial se encuentra moldeada por la vegetación, debido a esto no fue posible medir planos con exactitud aunque se pudo medir un plano proyectado N45W67S (figura 32b).

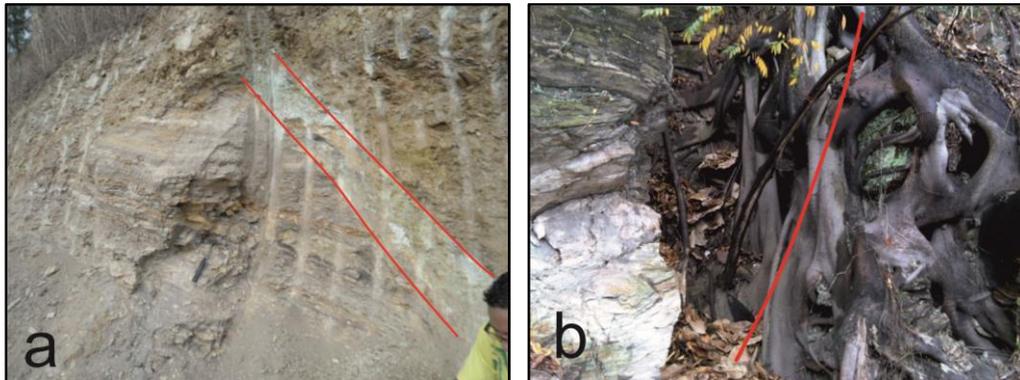


Figura 32. a) falla interpretada en las cercanías del Hipódromo de La Rinconada, se puede observar el espejo de falla. b) interpretación de una falla inducida en el km 8 de la Panamericana.

En la interpretación de las fotografías aéreas, mapa topográfico digital y Hillshade se logró identificar dos (2) fallas. La primera falla ubicada en el área de Caricuao, específicamente desde el oeste donde se encuentra la Urb. Ruiz Pineda pasando por Caricuao, La Haciendita y terminando al este de La Rinconada. La misma pone en contacto de manera estructural a los Esquistos de las Brisas con los Esquistos de las

Mercedes y corresponde en gran parte a una falla de corrimiento definida en el proyecto CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA a escala 1:25.000 hoja 6847-III-NO, versión noviembre 2008 a cargo del Prof. Franco Urbani. Cabe resaltar que dicha falla no fue respaldada por datos de campo y por tal motivo se interpreta como una Falla de Corrimiento Inducida.

De igual forma se logró analizar una falla con rumbo N32W que se aproxima a la falla descrita en el km 8 de la panamericana pero con una diferencia angular debido, posiblemente, a las condiciones del afloramiento. Esta falla coincide en dirección con una falla cartografiada en el proyecto CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA, sin embargo, la misma se encuentra desplazada aproximadamente un kilómetro hacia el norte.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Geología

4.1.1 Geología de Campo

En la etapa de evaluación de campo de los afloramientos encontrados a lo largo del área de estudio, se tomaron datos de planos de foliaciones y discontinuidades además de muestras de mano para la elaboración de secciones finas y muestras más grandes para ser ensayadas en el laboratorio por compresión simple y absorción. Se lograron definir y categorizar el tipo de roca aflorante conjuntamente con la primera descripción categórica de la roca, del macizo rocoso en general y de las orientaciones de los lentes y vetas presentes. A continuación se muestra una tabla resumen de los puntos evaluados en campo.

Tabla 7a. Tabla resumen que muestra los puntos evaluados en campo, planos de debilidad, muestreo y una breve descripción del afloramiento.

Punto	Planos Foliación	Familia de Diaclasas	Muestras para petrografías	Muestras para laboratorio	Tipo de roca
1					Serpentinita de composición frágil, con vetas de cuarzo.
2	N65W10N	D1:N80E75N D2:N70E60S	PA-003	PA-004	Serpentinita más competente que la anterior, se encuentra bastante diaclasada.
3	N80W35N	D1:N5E87S			Esquisto micáceo con presencia de sericita y grafito, se observan lentes de mármol. El afloramiento está bastante meteorizado y plegado.
4	N80W30N	D1:N7E87S			Esquisto micáceo, con lentes de sericita y vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
5	N76W25N				Filitas micáceas con capas de sericita y vetas de cuarzo. El afloramiento es deleznable.
6	N70E17S	D1:N32E68N D2:N85W65N			Esquisto micáceo, con lentes de mármol, se tienen vetas de cuarzo paralelas a la foliación y de calcita paralelas y perpendiculares a la foliación

7	N7E30N				Intercalación de esquisto con sericita y presencia de vetas de cuarzo y calcita paralelas a la foliación y de calcita perpendiculares a ella.
8	N15E40S				Esquisto calcáreo intercalado con sericita y grafito, se tiene presencia de vetas de calcita paralelas a la foliación.
9	N43E32S	D1:N25E87N D2:N28W85N D3:N30W77N			Esquisto calcáreo, con capas de sericita y veta de calcita paralelas a la foliación, así mismo se determina la presencia de metaareniscas. El afloramiento se encuentra plegado.
10	N13E25S				Metaarenisca con lentes de mármol bien definidos, afloramiento bastante compactado. Se tiene capa delgada de grafito.
11	N15E20S	D1:N14W80N D2:N9E89N D3:N65E90S			Metarenisca con presencia de grafito
11'	N50E19N	D1:N5W86S D2:N75W87S		PA-074	Esquisto- cuarzo -micáceo muy competente.
12	N80E27N				Esquisto cuarzo-micáceo con lentes de mármol, grafito y vetas de calcita.
13	N75E50N				Esquisto micáceo, con lentes de mármol y vetas de calcita se encuentra bastante plegado.
14	N25W10N	D1:N26W86N D2:N58W84N		PA-075	Intercalación de filitas grafitosas con esquistos- cuarzo -micáceo-. Se encuentra plegado.
15	N70E45N				Esquisto micáceo y en menor cantidad esquisto grafitoso. Se tienen la presencia de vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
16	N71E31N				Esquisto micáceo, con capa de esquisto grafitoso y presencia de sericita y vetas de cuarzo. Se tiene plegamiento y meteorización.
17	N70E20N				Esquisto micáceo, se tienen capas de grafito y sericita. Es bastante deleznable.
18	N73E15N	D1:N54W70S			Esquisto- cuarzo -micáceo-, con vetas de cuarzo paralelas a la foliación, el afloramiento se encuentra plegado y ya no se observan lentes de mármol.
19	N79W34S	D1:N23W88N			Esquisto-cuarzo-micáceo.
20	N50E26N	D1:N43W70N D2:N83W53S		PA-004	Esquisto- cuarzo -micáceo-, se encuentran bien compactados, no se presenta plegado, pero sí muy diaclasado.

21	N49E31S	D1:N15W54N			Esquisto- cuarzo -micáceo- abigarrado. Presenta vetas de cuarzo.
22	N20E25N	D1: N20E79N D2: N75E79N	PAR-005		Esquisto micáceo abigarrado, con lente de gneis de aproximadamente 2m. Se tiene la presencia de vetas de cuarzo.
23	N60E42N (esquisto) N55E29N (lente)	D1: N05E66S (esquisto) D2: N89E74S (esquisto)			Esquisto micáceo abigarrado compactado, con lentes de gneis de aproximadamente 2m, se observan vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
24	N66E42N	D1: N10E78N D2: N70E48N			Esquisto micáceo abigarrado compactado, con lentes de gneis de aproximadamente 2m, se observan vetas de cuarzo paralelas a la foliación y gran presencia de óxido de hierro.
25					Relleno
26	N60E35N	D1:N30W85N D2: N50E32N		PA-073	Esquisto- cuarzo -micáceo-, con presencia de óxido de hierro.
27	N88E40N				Esquisto cuarzo-calcáreo-micáceo, con vetas de cuarzo y lentes de mármol.
27'	N88E40N		PA-001		Esquisto cuarzo-calcáreo, con vetas de cuarzo y lentes de mármol.
28	N35E24N	D1: N55E75N D2: N55W88S			Intercalación de esquisto micáceo, esquisto grafitoso y filitas con presencia de sericita.
29	N35E30N	D1: N80E67N	PH-002	PH-001	Esquisto micáceo con lentes de mármol de variadas dimensiones.
30	N80E35S	D1: N15W87N			Esquisto micáceo con vetas de cuarzo.
32	N85W18N	D1: N10W87S D2: N80E70N		PHM-006	Esquisto-cuarzo- grafitoso-micáceo, con vetas de cuarzo y niveles considerables de óxido de hierro.
33	N45E45N	D1: N45W90		PHM-007	Intercalación de esquisto-cuarzo-grafitoso-micáceo con esquisto cuarzo-micáceo.
34	N82W30N	D1: N25W87N D2: N80E65S	PHM-007	PHM-007	Esquisto cuarzo-micáceo-grafitoso, presenta niveles de óxido de hierro.
35		D1: N5E78N	PHI-013		Esquisto-cuarzo- micáceo-grafitoso con presencia de vetas de cuarzo. En la parte superior se determina relleno compuesto por fragmentos de roca de roca y serpentinita.
36	N12W12N	D1: N43W75S			Esquisto- cuarzo -micáceo- -grafitoso saprolitizado, en la parte superior se observa relleno.

37	N75E4N	D1: N3E64S	PHI-008		Esquisto-cuarzo- micáceo con presencia de óxido de hierro.
38			PHI-012		Serpentinita con alto nivel de meteorización
39					Relleno
40					Esquisto-cuarzo- micáceo-grafitoso con nivel de oxidación.
41					Relleno
42					Relleno
43	N27W55S	D1: N74E80N D2: N15W73N			Esquisto-cuarzo -micáceo -grafitoso con presencia de óxido de hierro.
44	N30E28N	D1: N43W78S D2: N30E28N	PHI-009		Esquisto- cuarzo -micáceo-grafitoso con niveles de grafito y óxido de hierro, se observan lentes de cuarzo y esta plegado.
45	N40E50N	D1: N20W90 D2: N56E55S	PHI-010		Intercalación de filitas grafitosas con esquisto -cuarzo-micáceo-grafitoso.
46	N70E46N	D1: N40W80S D2: N60E45S		PHI-009	Intercalación de filita grafitosas con esquisto-cuarzo- micáceo-grafitoso, se observan lentes de cuarzo, sericita y óxido de hierro.
47	N10E45S	D1:N70W75N D2: N50E80S			Esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso saprolitizado presenta vetas de cuarzo y óxido de hierro.
48					Relleno
49	N30E30N	D1: N15E58N			Esquisto-cuarzo micáceo -grafitoso, con presencia de vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
50	N70E20N	D1:N15W85N D2: N80E50S		PHI-011	Esquisto-cuarzo- micáceo -grafitoso, con presencia de vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
51	N70E20N	D1:N15W85N D2: N80E50S			Intercalación de filitas grafitosas con esquisto-cuarzo- micáceos -grafitoso y vetas de cuarzo paralelas y perpendiculares a la foliación.
52	N75E10N	D1: N5E80N D2: N80W60S	PHI-011	PHI-010	Intercalación de filitas grafitosas con esquisto -cuarzo -micáceo -grafitoso, presencia de óxido de hierro.
53					Relleno
54	N85W22N	D1: N10E10S D2: N47W77S			Esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso, presenta vetas de cuarzo y óxido de hierro.

55	N25W25S	D1: N5W86S			Esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso saprolitizado, presenta óxido de hierro y vetas de cuarzo paralelas a una familia de diaclasas.
56	N25W15N	D1: N10E85S		PHI-017	Esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso saprolitizado, presenta niveles de oxidación.
57	N90E3N	D1: N35W78N D2: N64W89S		PHI-016	Esquisto cuarzo-micáceo, con vetas de cuarzo.
58					Relleno compuesto por 10% fragmentos de roca y matriz arcillosa arenosa.
59					Material poco compactado con clastos que van desde 5cm hasta 15cm. Se tiene 70% arena, 20% arcilla y 10% fragmento de roca
60	N63E35N	D1: N5W90			Esquisto saprolitizado con lentes de mármol de 20cm X 19cm, presenta niveles de óxido de hierro se observan vetas de cuarzo.
62	N47E10S	D1: N35W70N D2: N53E73S	PHI-014		Esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso presenta niveles de oxidación.
63	N45E5S	D1: N30W75N D2: N55E75S			Esquisto-micáceo-grafitoso presenta niveles de óxido de hierro.
64	N80W11S	D1: N4W75S D2: N75E65N	PCO-018	PCO-034	Esquisto-cuarzo-micáceo con vetas de cuarzo y óxido de hierro.
65	N78E20S	D1: N6W73S D2: N86E90		PCO-036	Esquisto-cuarzo-micáceo.
66	N75W15S	D1: N60E70S D2: N85E90		PCO-035	Esquisto-cuarzo-micáceo con vetas de cuarzo.
67				PCO-037	Esquisto- cuarzo-micáceo.
68	N72E20S	D1: N70W53S D2: N40E88S	AFF-015	AFF-018	Esquisto-cuarzo-grafitoso-micáceo es calcáreo, tiene presencia de pirita y vetas de cuarzo.
69	N71E25S				Esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso con presencia de lentes de cuarzo, se encuentra plegado.
70	N70E40S	D1: N35W85S D2: N25E80S		AFF-019	Esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso, presenta lentes de cuarzo y esta plegado.
71	N25W30N	D1: N70W75N		AFF-020	Esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso, con lentes de cuarzo y niveles de oxidación.
72	N30E25N	D1: N65E70S D2: N35W87S			Intercalación de esquisto-cuarzo-grafitoso-micáceo y filita micáceo se tienen lentes de cuarzo.

73	N20E55S	D1: N50E85N D2: N30W90		AFF-021	Esquisto-cuarzo-micácea-grafitoso presenta lentes de cuarzo.
74				AFF-022	Muestreo
76	N70E7N	D1: N25W80S		AFF-003	Esquisto-calcáreo-micácea, presenta vetas de cuarzo y falla local.
77	N50W22N	D1: N40W89S D2: N30E87S D3: N55W67N	AFF-006	AFF-004 AFF-005	Esquisto-cuarzo-micácea-grafitoso con vetas de cuarzo es una roca competente.
78					Relleno
79	N66W12N	D1: N22E85S			Esquisto-micácea-calcáreo-grafitoso con vetas de calcita
80	N73E50S	D1: N15E55S D2: N45W89N		CA-023	Esquisto-micáceo-grafitoso con presencia de óxido de hierro y vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
81	N25W15N	D1: N65E70S D2: N35W87S		CA-024	Esquisto-micáceo-grafitoso presenta gran cantidad de óxido de hierro.
82	N60E5N	D1: N33W87N D2: N54E80S		CA-025	Esquisto-micáceo-grafitoso-cuarzoso, presenta vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
83	N10W3N	D1: N10W3N D2: N13E90		CA-026	Esquisto-cuarzo-micáceo con presencia de vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
84	N30E35S	D1: N85W75N D2: N40E70S D3: N3E65N		CA-027	Esquisto-cuarzo-micáceo con presencia de óxido de hierro.
85	N76E25S	D1: N75E80S			Esquisto-cuarzo-micáceo, con presencia de óxido de hierro.
86	N55E45W	D1: N80W70S	CA-010	CA-28	Serpentinita meteorizada, se presenta serpentina en algunos puntos.
87	N70E20S	D1: N40W80N D2: N50E60S	CA-017	CA-029	Esquisto-micáceo-grafitoso.
88				CA-030	Muestreo
89	N83E53N	D1: N35W80N D2: N67E60S			Intercalación de mármol con esquistos-micáceo-calcáreo, se observa la presencia de vetas de cuarzo.
90	N15E13N	D1: N35W87N D2: N65E73S		CA-031	Esquisto- cuarzo- micáceo.

91				CA-032	Muestreo
92				CA-033	Muestreo
93	N15W13S	D1: N70W87S			Esquisto-micáceo-grafitoso-calcáreo, presenta vetas de cuarzo paralelas a la foliación y se encuentra plegado.
94	N20W28S	D1: N45E65S D2: N35W70N	CA-019		Intercalación de Esquisto-cuarzo-micácea-grafitoso con mármol, se encuentra plegado.
95				CA-038	Muestreo
96	N47E23N	D1: N65E83S D2: N35E67N			Esquisto-cuarzo-micáceo, presenta vetas de cuarzo y esta saprolitizado.
97	N45E25N	D1: N20W70N D2: N55E55S			Esquisto-cuarzo-micáceo presenta vetas de cuarzo y lentes de mármol de aproximadamente 0,5cm de espesor.
98	N10W18S	D1: N20W80N			Esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso, presenta vetas de cuarzo y sericita.
99				CA-039	Muestreo
100	N50E45N	D1: N45W86S D2: N40E50S	CA-020	CA-040 CA-41	Intercalación de esquisto-cuarzo-micáceo-grafitoso el cual presenta niveles de oxidación y mármol, se observan vetas de cuarzo. Plegado.
101	N65E15N	D1: N80E65S D2: N20W85N		CA-042	Esquisto-cuarzo-micáceo con sericita.
102	N55E25S	D1: N25W83S D2: N65E70S	CA-021	CA-043	Esquisto-cuarzo-calcáreo-micáceo muy compactado, presenta vetas de cuarzo.
103	N55E52N	D1: N40W80S D2: N60W32S			Esquisto-cuarzo-micácea, se encuentra levemente plegado.
104	N35E65N	D1: N60E53S D2: N31W87S			Esquisto-cuarzo-micácea, se encuentra muy plegados.
105	N85E40N	D1: N40W60N D2: N75E83S		CA-046	Esquisto-cuarzo-micácea, con presencia de vetas de cuarzo.
106	N75E25N	D1: N80E48N D2: N15W60S		CA-047	Esquisto-cuarzo-micáceo presencia de óxido de hierro y vetas de cuarzo.

107	N15W15S	D1: N25W83N		CA-O48B CA-O49	Esquisto-micácea
108				CA-048A	Muestreo
109				CA-050	Muestreo
110	N85E56N	D1: N10W78N D2: N10W78N		CA-051	Esquisto-cuarzo-micáceo, presenta vetas de cuarzo perpendiculares a la foliación.
111	N88W5S	D1: N25E78N		CA-052	Filitas micáceas-grafitosas de color fresco gris y color meteorizado rojizo.
112				CA-053	Muestreo
113	N43W45N	D1: N30W90 D2: N73E60S		CA-054 CA-055	Intercalación de filita micácea con esquisto-cuarzo-micáceo, con presencia de gran cantidad de vetas de cuarzo
114	N55E45N	D1: N50E45S D2: N33W78N		CA-056	Esquisto-cuarzo-micáceo, presenta óxido de hierro y vetas de cuarzo.
115	N76W17N	D1: N66E65S D2: N70W75S			Esquisto-cuarzo-micáceo de color fresco amarillo claro, con presencia de óxido de hierro.
116	N40E21S	D1: N22W77S D2: N86W84S		CA-057	Intercalación de esquisto-cuarzo-micáceo con filitas grafitosas.
117	N20E12N	D1: N24W73S D2: N65E90		CA-058	Esquisto-cuarzo-micáceo.
118	N10E64S	D1: N55W60S D2: N66E23N		CA-059	Filitas micáceas con sericita, presenta niveles de óxido de hierro y vetas de cuarzo perpendicular a la foliación.
119				CA-060	Muestreo
120	N10E17N	D1: N15W80S D2: N75E75S	CA-022	CA-061	Serpentina muy meteorizada, con presencia de óxido de hierro.
121	N60E76S (esquisto) N32E58S (filita)	D1: N30W70N (esquisto) D2: N65W66S (filita)		CA-062	Esquisto micáceo muy deleznable. Se encuentra plegado, se observa un contacto litológico con una filita micácea.
122	N74E10N	D1: N75W65S D2: N49E63S			Esquisto-cuarzo-micáceo con niveles de oxidación que lo convierten en abigarrado.

123	N79W35S	D1: N65W54N D2: N14W74S		CA-063	Esquisto-cuarzo-micáceo, con presencia de óxido de hierro y niveles de grafito.
124	N30E52S	D1: N21W84S D2: N50E82N			Esquisto-micáceo con presencia de óxido de hierro.
125	N25W8S	D1: N72E85S D2: N5W60N			Esquisto-micácea.
126	N35E45S	D1: N70W87S		CA-064	Esquisto-cuarzo-micácea, con presencia de óxido de hierro.
127					Relleno
128	N77E67S	D1: N28W90 D2: N55E44S		CA-065A	Esquisto-micácea con niveles de grafito.
129	N65E56S	D1: N50E55N		CA-065B	Esquisto- cuarzo -micácea con niveles de Oxido de hierro y vetas de cuarzo paralelas a las diaclasas y a la foliación, se encuentra plegado.
130				CA-066	Muestreo
131	N73E35S	D1: N30W80S D2: N70E90	CA-023		Esquisto-micácea-calcáreo con vetas de calcita paralelas a la foliación, presenta óxido de hierro.
132	N61W34N	D1: N45W81N	CA-024		Intercalación de esquisto-micáceo-calcárea con mármol, presenta vetas de calcita paralelas a la foliación
133				CA-067	Muestreo
134	N22W9N	D1: N48W81S D2: N55E75S		CA-068	Esquisto- cuarzo -micácea presenta niveles de oxidación.
135	N10E30N	D1: N46W73S D2: N43W72S	CA-025		Intercalación de filitas grafitosas-micáceas con esquisto- cuarzo -micáceo con presencia de óxido.
136	N25W40N	D1: N10W70S			Esquisto-micácea-calcáreo con presencia de óxido de hierro.
137				CA-069	esquisto-micáceo-calcáreo
138	N80E21N	D1: N75E90 D2: N10W76S			Esquisto-micácea-cuarzoso muy saprolitizado con caolinita.

139	N10E10N	D1: N75W85N D2: N35W76S		R-070	Esquisto-cuarzo-micáceo con niveles de oxidación, presenta vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
140	N84E40N	D1: N12W64S D2: N86W89N		R-071	Esquisto-cuarzoso-micáceo, con vetas de cuarzo paralelas a la foliación.
141	N60E37N	D1: N27W87S D2: N82E82N		R-072	Intercalación de filitas-micáceo-grafitosas y esquisto-cuarzo-micáceo.

4.1.2 Estudio Petrográfico

Las muestras para ser analizadas bajo luz polarizada se recogieron a lo largo del área de estudio en sitios específicos (ver mapa Geológico), se recogieron un total de veintiséis (26) muestras de mano para ser cortadas (taquitos) y posteriormente realizar una sección fina o delgada para su análisis bajo el microscopio. En el proceso de corte solo veinticinco (25) rocas resistieron el embate de la tronzadora y fueron a veinticinco (25) secciones finas a las que se les realizó el estudio petrográfico. Cabe resaltar que las abreviaciones utilizadas a lo largo de este análisis fueron tomadas del *IUGS Subcomission on the Systematics of Metamorphic Rocks. web versión 01-02-2007*.



Figura 33. Distribución de secciones finas conjuntamente con sus respectivas muestra de mano.

Muestra PH-001

Roca metamórfica foliada donde se puede apreciar en nicoles paralelos (N//) abundancia en cristales de óxido de hierro distribuidos a lo largo de bandas lepidoblásticas de cristales de biotitas, las mismas corresponden a cristales de hematita producto de la alteración por meteorización química de la roca, se pueden observar una gran cantidad de cristales de colores grisáceos a lo largo de la muestra que no se pueden diferenciar en N//. Al cruzar los nicoles, nicoles cruzados (NX), se despliegan una gama de colores que permiten diferenciar los cristales presentes, se observan que las zonas que corresponden a los cristales grisáceos en N// ahora presentan colores característicos y es posible observar dos direcciones de clivaje de las cuales en cierto granos, el mismo, se presenta en franjas, estos corresponden a cristales de calcita. En comparación, los cristales de cuarzo son escasos y solo están presentes en ciertas zonas. En los cristales de biotita se pueden observar la alteración de la misma a clorita, cloritización, presente colores azules de segundo orden y se encuentran en los bordes de las bandas lepidoblásticas anteriormente mencionadas.

Tabla 8. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos.

Minerales	Conteo Modal
Calcita	67,3%
Biotita	9,03%
Clorita	4,12%
Moscovita	3,58%
Cuarzo	11,03%
Óxidos	4,94%
Total	100%

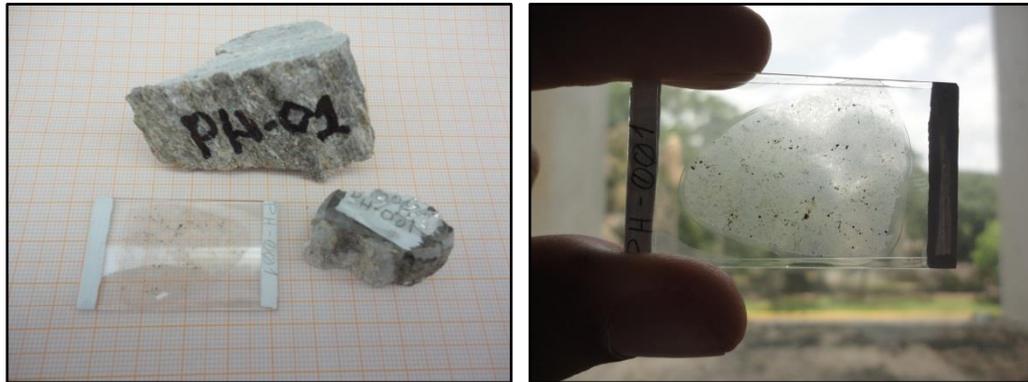


Figura 34. Muestra PH-001. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

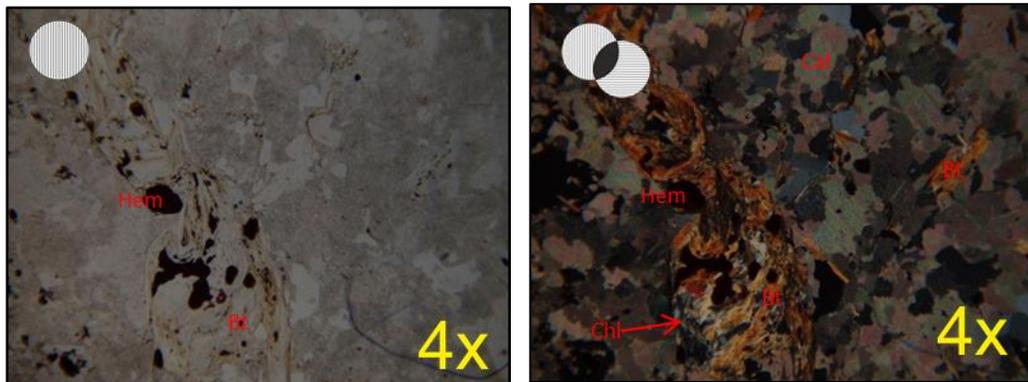


Figura 35. A la izquierda se observan cristales de óxido de hierro. A la derecha, la misma zona en NX, exhibe gran abundancia de cristales de calcita y la cloritización de la banda lepidoblásticas de biotita.

Muestra PH-002

Roca metamórfica la cual exhibe con N// cristales de óxido de hierro de color rojizo tratándose en este caso de hematita y zonas de color negro a gris de cristales de grafito que se distinguen mejor bajo luz reflejada. El resto de la muestra consta de cristales incoloros. En NX se pueden observar cristales de cuarzo bien definidos con extinción nula y ondulatoria, cristales de ortosa, microclino que presenta maclado tipo tartán y bandas lepidoblasticas de moscovita de las cuales pocos cristales presentan una (1) dirección de clivaje. No son comunes los cristales de Plagioclasas sin embargo los que pudieron ser identificados se clasificaron por sus ángulos de

extinción como: Anortita ($\alpha_1=33^\circ$ y $\alpha_2=38^\circ$) y Bytownita ($\alpha_1=46^\circ$ y $\alpha_2=27^\circ$). De acuerdo a esto se trata de un Esquisto calcáreo-grafitoso-cuarzoso

Tabla 9. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Moscovita	1,33%
Calcita	83%
Cuarzo	2,67%
Ortosa	0,32%
Microclino	0,35%
Plagioclasas	0,33%
Grafito	10%
Oxido	2%
Total	100%

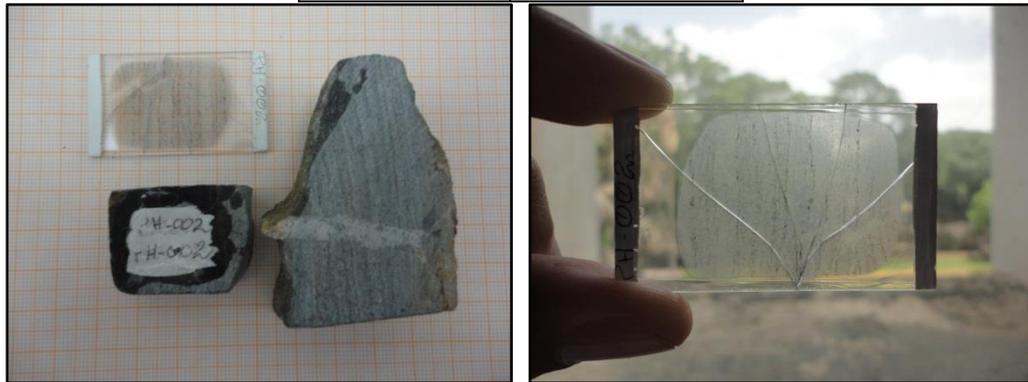


Figura 36. Muestra PH-002. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

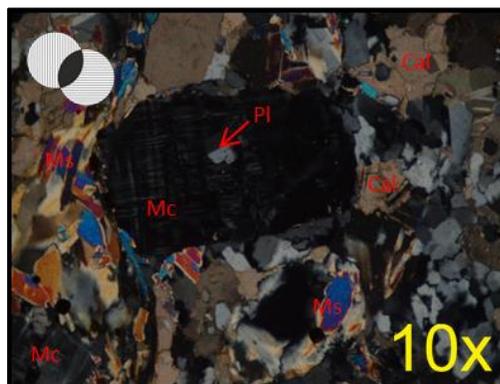


Figura 37. En NX, se observa un cristal de microclino que posee una plagioclasa incrustada, el mismo está rodeado por cristales de cuarzo, moscovita y calcita.

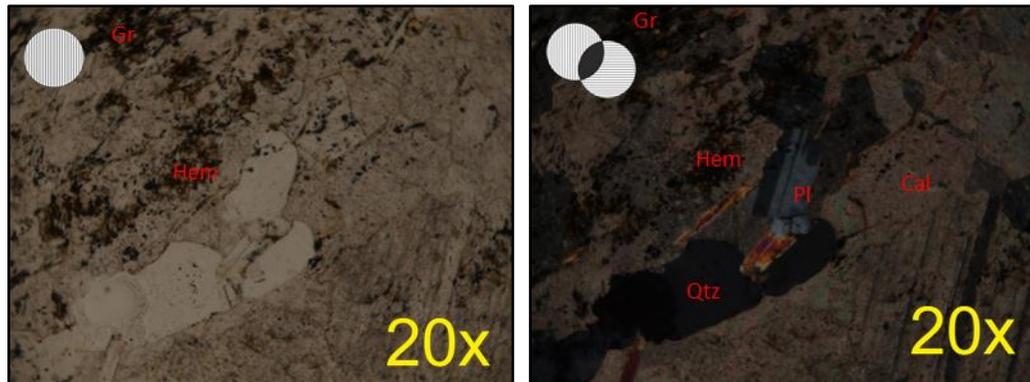


Figura 38. A la izquierda en N// se observa restos de óxido de hierro y cantidades de grafito. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo plagioclasas, cuarzos, cristales alargados de moscovita todo rodeado de cristales de calcita.

Muestra PA-003

Roca metamórfica no foliada de color verde, presenta gran cantidad de cristales de serpentinas, en N// la muestra es parcialmente incolora, con rastros de colores verdes, al usar los NX se aprecia una muestra oscura de colores verdes oscuros y algunos matices de marrón que presentan iridiscencia. Debido a la condiciones de los cristales de serpentinas en la muestra, solo se pudo identificar cuatro (4) cristales de olivino parcialmente serpentinizado, se pueden apreciar una textura en mallado o de Vitral. También se pudo identificar algunas bandas de crisotilo con extinción ondulatoria y vetas de calcita que según el estudio petrográfico, son posteriores a la formación de la roca. El resto de sección fina muestra cristales diminutos a los que son imposibles su identificación por medio del estudio a través del microscopio de luz polarizada. Cabe resaltar que motivado a la que la roca ya se define como una Serpentinita no se realizó conteo alguno de minerales aunque se estimó porcentualmente el contenido de óxidos presentes respecto al resto de minerales que componen la roca; óxidos: 2%.



Figura 39. Muestra PA-003. A la izquierda se observa con escala el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

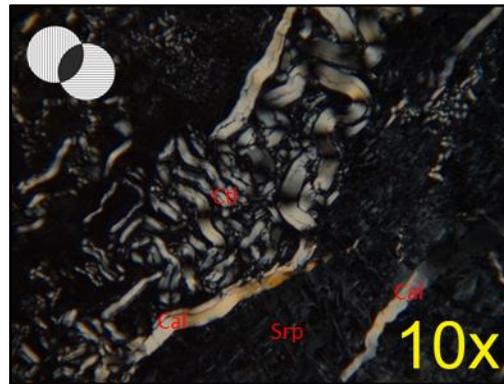


Figura 40. Bandas iridiscentes de calcita, también se observa una aglomeración de bandas de crisotilo.

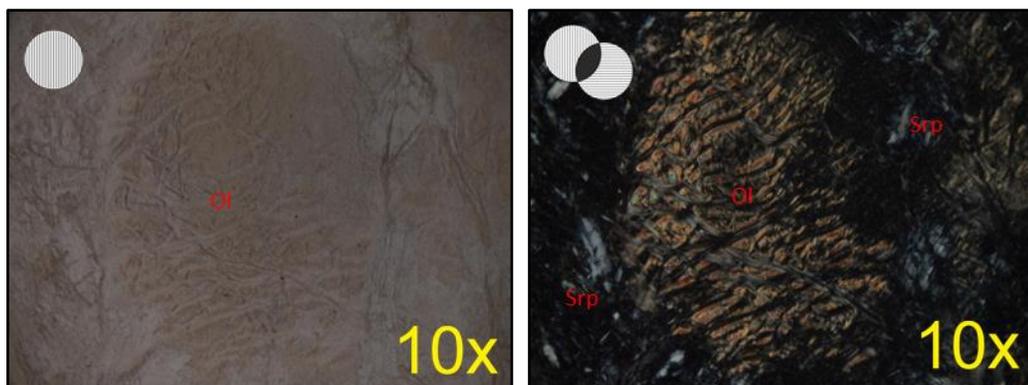


Figura 41. A la izquierda cristal de olivino parcialmente alterado, solo se puede observar el relieve del cristal respecto a la muestra, a la derecha misma zona que muestra el cristal de olivino con textura vitral.

Muestra PA-004

Roca metamórfica que muestra con N// óxidos de hierro de color negro a rojizo que por asociación mineral se trata de magnetita y hematita respectivamente, se observan zonas de un color marrón muy tenue y el resto de la muestra incolora. Con NX se aprecian cristales con maclado tipo tartán correspondientes a cristales de microclinos de tamaños considerables, rodeados por minerales alargados y de alta birrefringencia correspondientes a micas, moscovita; cristales de dolomita de color marrón que presentan su clivaje característico en bandas, cuarzo de color gris y gris oscuro con una extinción en su mayoría ondulatoria, también fue posible observar en menor cantidad ortosa y sericita. De acuerdo a esto se tiene que la muestra corresponde a un esquisto cuarzo – calcáreo – feldespático.

Tabla 10. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Moscovita	8,95%
Sericita	3,64%
Cuarzo	36,3%
Óxidos	6,3%
Dolomita	32,96%
Ortosa	5,1%
Microclino	6,75
Total	100%



Figura 42. Muestra PA-004. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

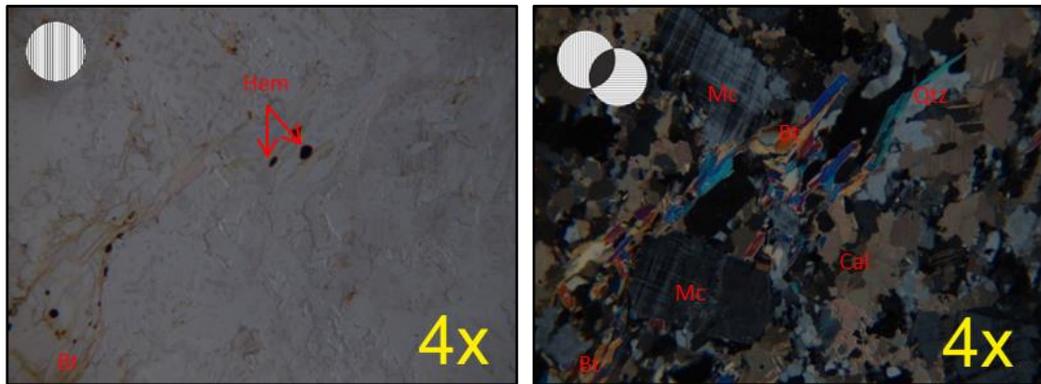


Figura 43. A la izquierda en N// se observa restos de óxido de hierro y algunos cristales en este caso de hematita. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo cristales de microclino de tamaños considerables rodeados de cristales más pequeños de cuarzo, ortosa, calcita y micas.

Muestra PAR-005

Roca metamórfica que en N// muestra cristales de color marrón muy tenue, con zonas donde se presentan cristales de óxido de hierro, el resto de la muestra presenta minerales incoloros, al cruzar los nicoles se puede identificar la presencia de microclino con maclado tipo tartán, rodeado por cristales más pequeños de cuarzo, ortosa y dolomita, también se identificaron zonas con la presencia de sericita. El tipo de muestra es un esquisto calcáreo-cuarzo-micáceo.

Tabla 11. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Moscovita	8,28%
Sericita	5,98%
Cuarzo	29,23%
Óxidos	3,46%
Calcita	37,31%
Microclino	15,77%
Total	100%



Figura 44. Muestra PAR-005. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

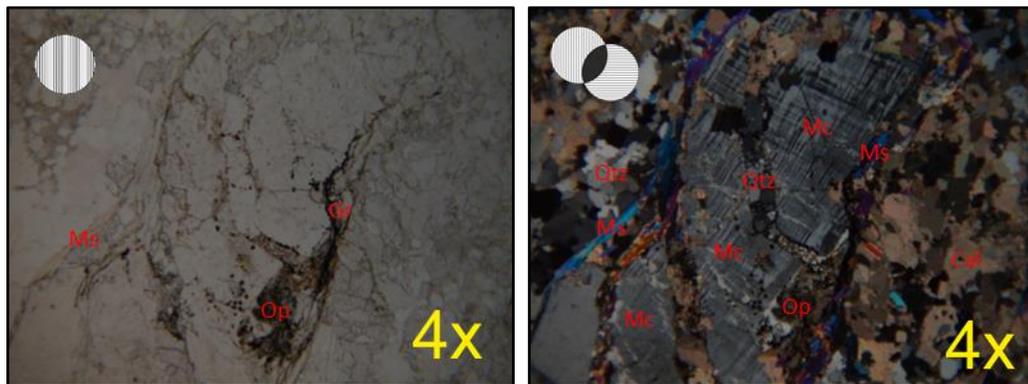


Figura 45. A la izquierda en N// se observa restos de óxido de hierro, de grafito y zonas de color marrón muy claro e incoloras y algunos cristales muy pequeños de óxido de hierro. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo un cristal de microclino de tamaño considerable, intersectado por cristales de cuarzo, calcita y micas.

Muestra AFF-006

Roca metamórfica foliada que en N// muestra cristales incoloros y zonas de color marrón tenue, con zonas de color beige muy tenue y algunos cristales de óxidos de hierro. Con NX se muestran las zonas incoloras ocupadas por cristales de cuarzo de extinción ondulatorio y poco con extinción ondulatoria. Se pueden observar cristales de moscovita que presentan una dirección de clivaje y colores de birrefringencia

altos, verdes y azules de tercer orden. Las zonas marrones son cristales de calcita las cuales presentan 2 direcciones de clivaje y algunos cristales presentan una franja iridiscente tanto en N// como en NX. Los cristales de cuarzo se encuentran alineados en bandas y comparten espacio con cristales de ortosa.

Tabla 12. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Calcita	39,6%
Moscovita	26,96%
Cuarzo	22,87%
Ortosa	6,82%
Óxidos	3,75%
Total	100%



Figura 46. Muestra AFF-006. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

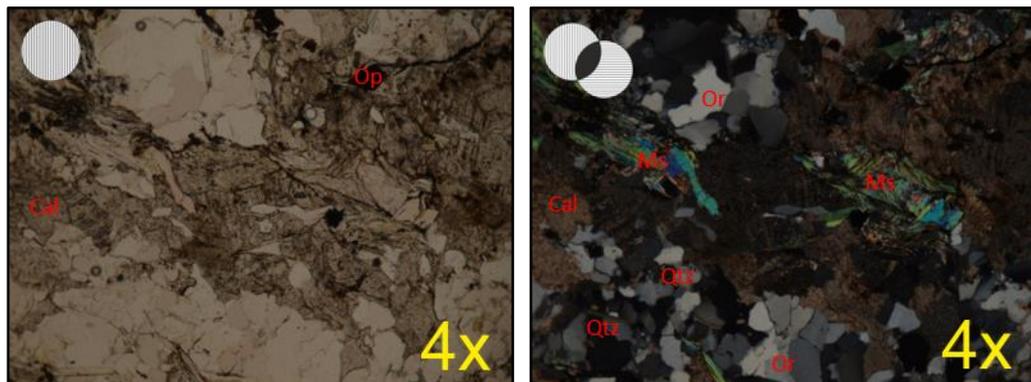


Figura 47. A la izquierda en N// se observan zonas de color marrón y beige con relieve que permiten distinguir algunos cristales. A la derecha se observa la misma zona en NX donde resaltan los cristales de moscovita y se distinguen los de cuarzo y ortosa.

Muestra HPM-007

Roca metamórfica que exhibe en N// una serie de franjas de color gris a negro producto de la presencia de cristales de grafito, cristales euhedrales correspondientes a óxido de hierro, el resto de la muestra presenta minerales incoloros, al cruzar los nicoles se identifican cristales con extinción ondulatoria correspondiente a cuarzo los cuales cuentan con extinción paralela; existen cristales con extinción paralela y figura de interferencia biaxial correspondientes a ortosa, así mismo aunque no son abundantes se encuentran cristales maclados correspondientes a plagioclasas, de acuerdo al ángulo de extinción se identifica bytownita, los cristales presentan tamaños que están entre 0,5mm y 0,3mm. Así mismo se observan cristales con maclado tipo tartán, correspondientes a microclino. El tipo de roca se definió como a esquistos cuarzo-micáceo- feldespático.

Tabla 13. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Calcita	22,33%
Moscovita	16%
Cuarzo	42%%
Ortosa	14,11%%
Microclino	4,56%
Óxidos	0,33%
Grafito	0,67%
Total	100%



Figura 48. Muestra HPM-007. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

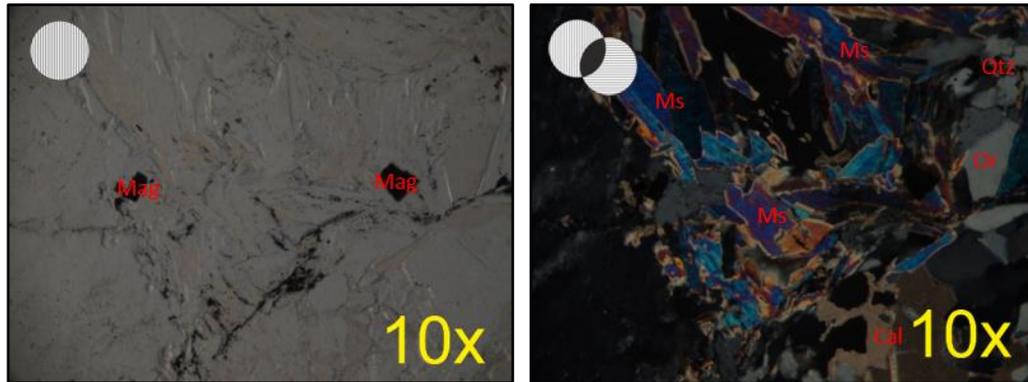


Figura 49. A la izquierda en N// se observan cristales de magnetita, rodeados por minerales incoloros y de color marrón, así mismo es posible apreciar bandas de cristales de grafito. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo cristales de color gris correspondientes a cuarzo y ortosa, cristales de calcita que exhiben sus tres direcciones de clivaje y cristales alargados y de alta birrefringencia indicando la presencia de micas

Muestra PHI-008

Roca metamórfica foliada donde se observan bandas lepidoblásticas de micas que marcan la foliación a la roca, la muestra cuenta con presencia de clorita producto de la alteración de las biotitas. Aunque no son abundantes, las plagioclasas están macladas y tienden al mismo tamaño de grano que los cristales de cuarzo y feldespatos, aproximadamente entre 0,5mm y 0,3mm. Las plagioclasas presentan ángulos de extinción de cada par de maclas de $\alpha_1=46^\circ$ y $\alpha_2=27^\circ$ que corresponde a Anortita₇₇ o Bytownita. En conclusión es un esquistos cuarzo – micáceo – feldespático.

Tabla 14. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Biotita	25,81%
Clorita	10,20%
Moscovita	7,62%
Cuarzo	45,83%
Ortosa	8,72%
Plagioclasas	1,82%
Total	100%



Figura 50. Muestra PHI-008. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina y taquito para mayor apreciación de la muestra.

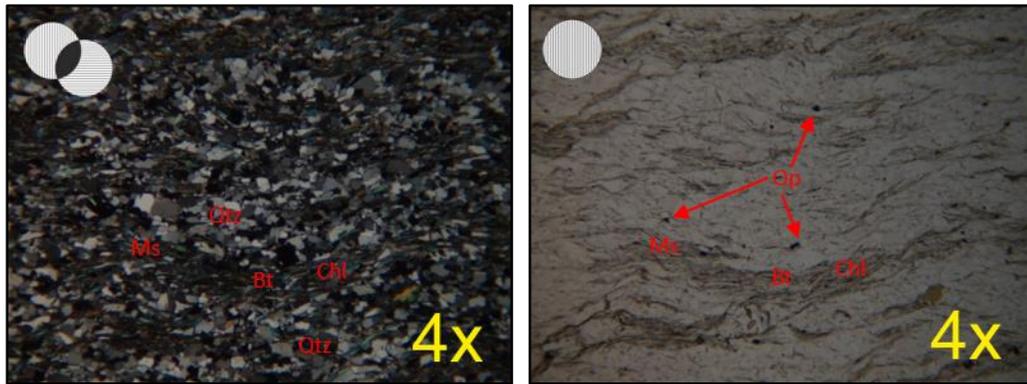


Figura 51. A la izquierda, en NX, se observan los minerales presentes en la roca. A la derecha se observa la misma zona en Nicols paralelos N// donde se puede apreciar la foliación característica de los esquistos presentada principalmente por los cristales de biotita, moscovita y clorita

Muestra PHI-009

Roca metamórfica que muestra con N// franjas de color negro a gris correspondiente a grafito acompañado de cristales de óxido de hierro, en este caso por asociación mineral, magnetita y hematita, así mismo se observan zonas de color marrón tenue y verdes pleocroicas correspondientes a clorita derivada de la alteración de las biotitas, el resto de la muestra presenta espacios incoloros. Al cruzar los nicols se tienen cristales de cuarzo en aproximadamente 60% de la muestra los mismos se muestran con extinción ondulatoria en su mayoría, cristales

similares con extinción paralela y figura de interferencia biaxial corresponden a ortosa, así mismo se exhiben cristales con 3 direcciones de clivaje los cuales se tratan de calcita, finalmente los tamaños de grano de los cristales de cuarzo y ortosa están entre 0,5mm - 0,8mm. El tipo de roca corresponde a esquistos cuarzo – micáceo – grafitoso.

Tabla 15. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Biotita	10,93%
Clorita	4,87%
Moscovita	3,14%
Cuarzo	61,13%
Calcita	4,98%
Ortosa	2,99%
Grafito	8,64%
Oxido	3,32%
Total	100%

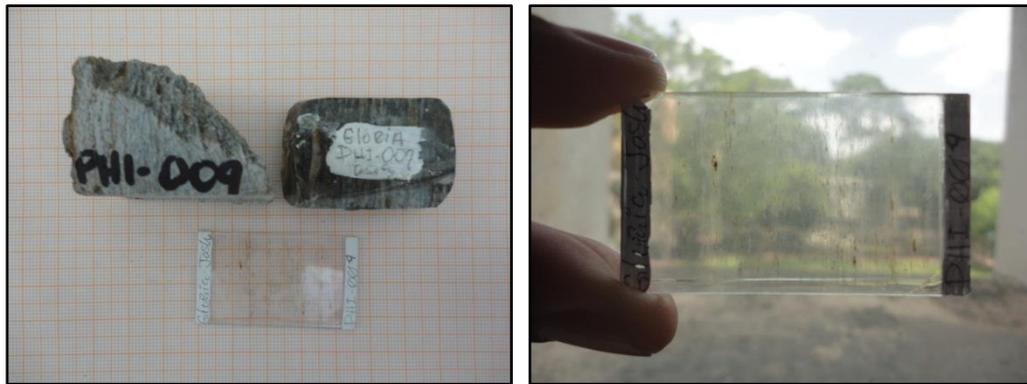


Figura 52. Muestra PHI-009. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

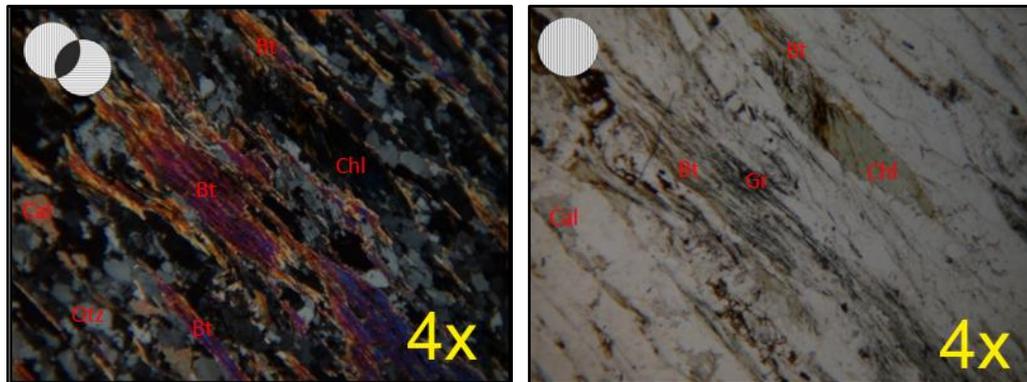


Figura 53. A la izquierda en NX, se observan los minerales presentes en la roca con los colores de interferencia característicos de la biotita y clorita, acompañados de cristales de cuarzo, ortosa y calcita. A la derecha en N// se observa la misma zona que exhibe óxido de hierro, y evidencia de clorita.

Muestra PHI-010

Roca metamórfica foliada, en N// se observan bandas de cristales de minerales micáceos paralelas entre sí que mantienen el aproximadamente el mismo espesor, también se pueden apreciar cristales opacos de óxidos de hierro provenientes de la oxidación de las biotitas. En NX se aprecia mejor que todos los cristales están orientados en el sentido de la foliación, se observan bandas de cloritas debido a la meteorización de la biotita y cristales de cuarzo a lo largo de toda la muestra. Se pudieron observar minerales accesorios, restos de cristales de hornblenda y cristales de apatito, los cuales presentan un porcentaje mínimo en la muestra luego de ser realizado el conteo modal, esta muestra corresponde a un esquisto cuarzo-micáceo con foliación bien marcada

Tabla 16. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Biotita	17,89%
Clorita	13,25%
Cuarzo	51,57%
Óxidos	16,26%
Apatito	0,69%
Hornblenda	0,34%
Total	100%

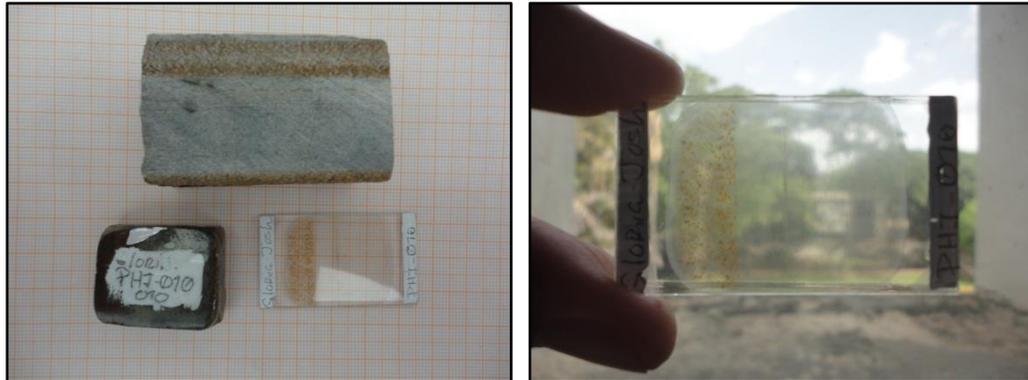


Figura 54. Muestra PHI-010. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

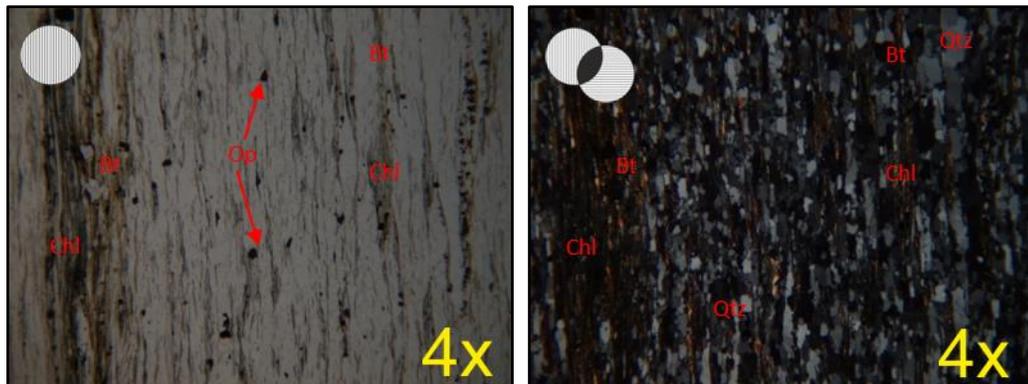


Figura 55. A la izquierda NX, a la derecha N// zona de la sección fina donde se puede apreciar la foliación marcada y los cristales orientado además de los óxidos que acompañan a las biotitas.

Muestra CA-010

Roca metamórfica no foliada de color verduzco. En N// la roca es incolora con vestigios de colores verdes opacos tenues se pueden apreciar en NX los diferentes cristales que componen la roca. Los cristales de calcita y dolomita presentan clivaje en 2 direcciones, los cristales de dolomita presenta un franja iridiscente. La disposición de los cristales hace pensar que corresponde a una roca Serpentinítica calcárea.



Figura 56. Muestra CA-010. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

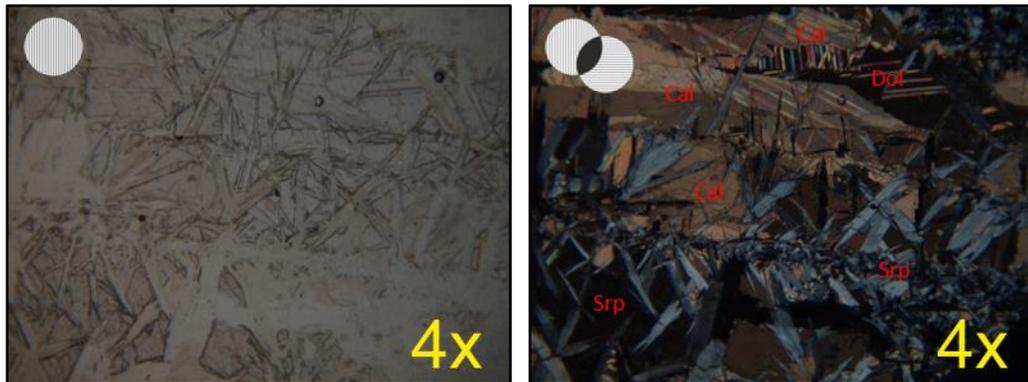


Figura 57. A la izquierda N// se muestran cristales de incoloros que se diferencian por el contraste en relieve, se pueden observar zonas de color beige muy tenue. A la derecha en NX se observa el contraste entre los colores de interferencia de los minerales, teniendo una matriz de clorita y cristales de dimensiones considerables de calcita y dolomita.

Muestra PHI-011

Roca metamórfica que exhibe con N// cristales de grafito que se observan de color negro a gris y algunas zonas con franjas de marrón a verde correspondientes a biotita y de la alteración de estas a clorita, en estos cristales de micas es fácil observar micropliegues. Al cruzar los nicoles se muestran cristales alargados y de birrefringencia alta correspondientes a moscovita, de esta misma forma se pueden observar cristales con extinción ondulatoria y figura de interferencia uniaxial en este

caso se trata de cuarzo y los de figura de interferencia biaxial ortosa. De acuerdo a esto se tiene un esquisto-cuarzo – micáceo – feldespático.

Tabla 17. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Biotita	8,27%
Moscovita	4,84%
Clorita	7,85%
Grafito	5,78%
Cuarzo	54,88%
Óxidos	7,35%
Ortosa	11,03%
Total	100%



Figura 58. Muestra PHI-011. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

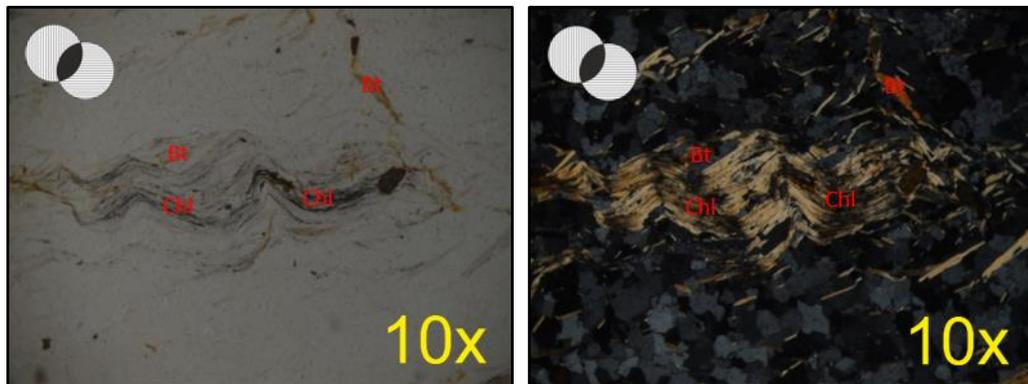


Figura 59. A la izquierda en N// se observa restos de óxido de hierro y franjas de biotita cloritizada las cuales muestran la foliación de la roca y un micropliegue. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo gran cantidad de micas rodeadas por cuarzo y ortosa.

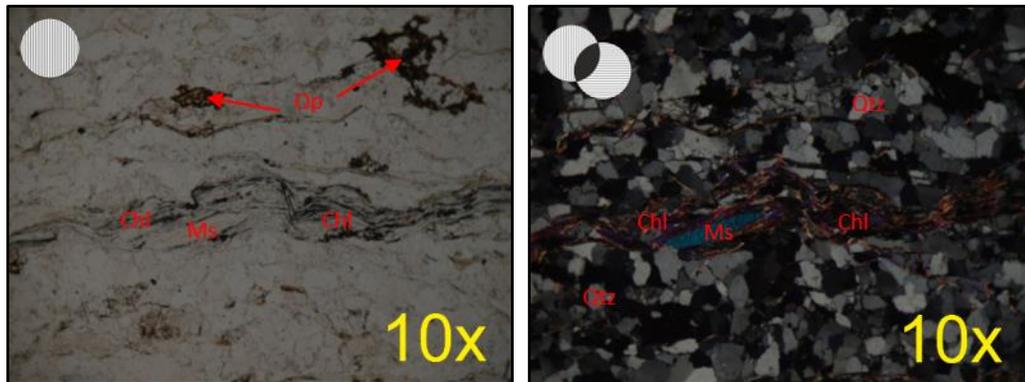


Figura 60. A la izquierda en N// se observa restos de óxido de hierro y franjas de grafito las cuales muestran la foliación de la roca y un micropliegue. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo gran cantidad de micas rodeadas por cuarzo y ortosa.

Muestra PHI-012

Serpentinita formada en su mayoría por cristales muy pequeños de Antigorita y Lizardita sin hacer distinción, se observan vetas de Crisolito a lo largo de la sección fina, debido a la meteorización la oxidación de la muestra deja rasgos de vetas en la misma.



Figura 61. Muestra PHI-012. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

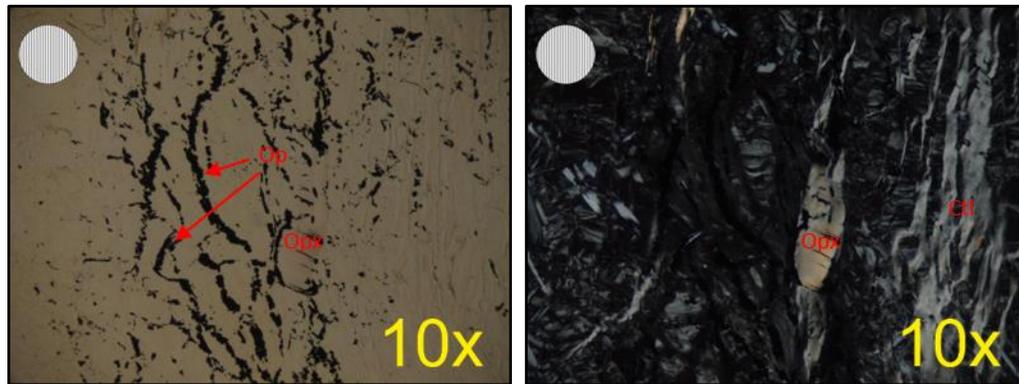


Figura 62. A la izquierda N//, a la derecha NX se puede observar el rastro que deja el oxido en la imagen de la izquierda. A la derecha se observa un cristal de ortopiroxeno que debido a lo meteorizada de la muestra no se pudo distinguir, además se pueden distinguir bandas de crisotilo

Muestra PHI-013

Roca metamórfica no foliada constituida casi en su totalidad por micro-cristales de clorita, se exhiben franjas de crisotilo y cristales de óxido de hierro de color negro en este caso se trata de magnetita y cromita por asociación mineral.

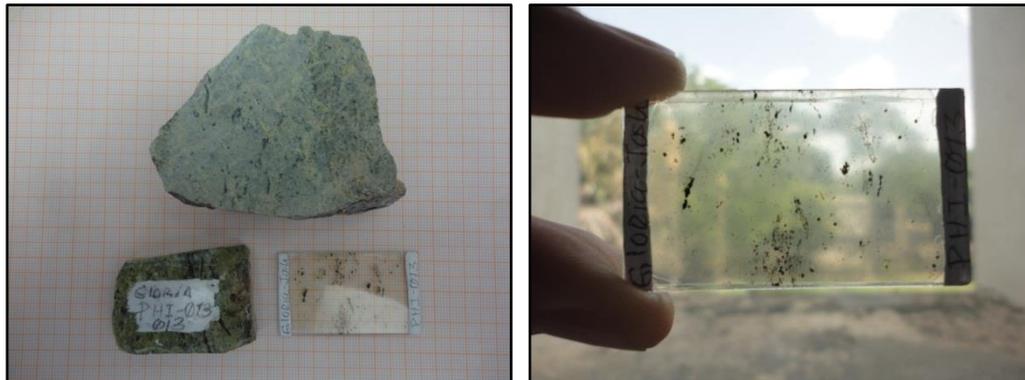


Figura 63. Muestra PH-013. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

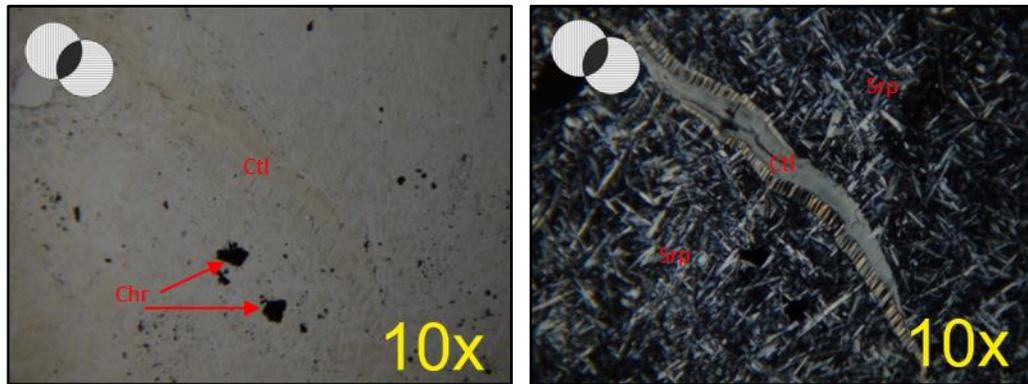


Figura 64. A la izquierda N// se observan zonas con cristales de óxido de hierro rodeados por zonas incoloras y de color marrón y verde muy claros. A la izquierda NX, es posible observar gran cantidad de cristales de clorita con una franja de crisotilo.

Muestra PHI-014

Roca metamórfica foliada, en N// la muestra es incolora con secciones de minerales color rojizo, de igual forma se observan bandas de un color marrón claro que posee pleocroísmo. En NX se observan que las bandas corresponden a minerales micáceos, biotitas, las cuales permiten la esquistosidad de la muestra, se observan calcitas en abundancia de las cuales solo un puñado posee maclas.

Tabla 18. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Biotita	16%
Cuarzo	13,33%
Óxidos	67%
Calcita	3,67%
Total	100%



Figura 65. Muestra PHI-014. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

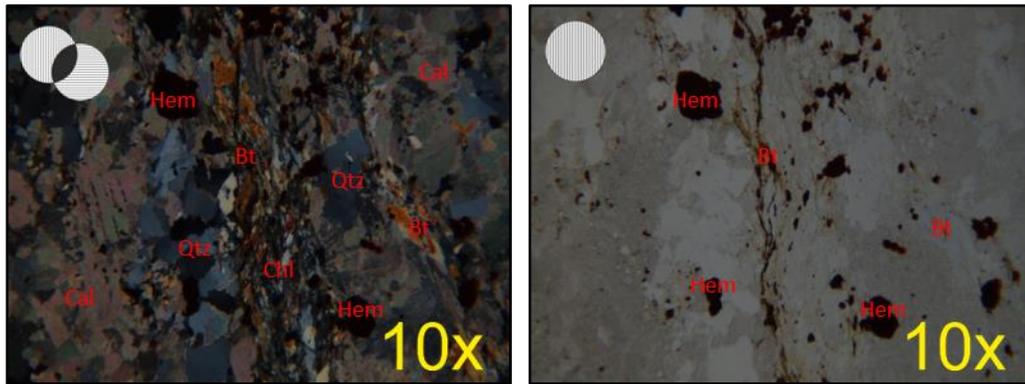


Figura 66. A la izquierda NX; a la derecha N// se observa las bandas de color marrón que corresponden a biotitas y los cristales de calcita y cuarzo adyacentes a las mismas, se pueden observar óxidos de hierro derivados de la alteración meteórica de la biotita.

Muestra AFF-015

Roca metamórfica foliada, con N// exhibe ciertas franjas de grafito de color negro a gris y cristales de óxido de hierro de color negro correspondientes a magnetita, algunos cristales euhedrales opacos bajo luz reflectada corresponden a cristales de pirita, los mismos sobre zonas de color marrón muy claro e incoloro, al cruzar los nicols se identifica la presencia de calcita que muestra sus tres direcciones de clivaje en gran cantidad, acompañado de cristales de cuarzo, ortosa y cristales

alargados en este caso de moscovita. El tipo de roca corresponde de acuerdo al estudio petrográfico a esquisto calcáreo-cuarzo-micáceo.

Tabla 19. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Moscovita	22,39%
Feldespatos-k	1,93%
Calcita	42,1%
Cuarzo	24,32%
Oxido	3,86%
Grafito	5,40%
Total	100%



Figura 67. Muestra AFF-015. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

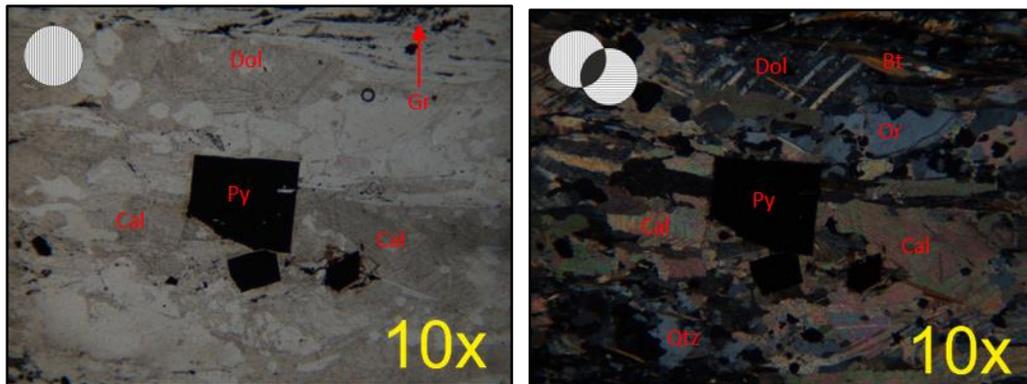


Figura 68. A la izquierda en N// se observa cristales considerables de Pirita, así mismo se aparecía en la parte superior franjas de grafito indicando la foliación de la roca, los mismos se encuentran rodeados de mineral de color marrón muy claro con 2 direcciones de clivaje que al cruzar los nicoles se

identifica como calcita y presentan franjas iridiscente. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo cuarzo, ortosa, calcita y micas.

Muestra CA-017

Roca metamórfica foliada, la muestra presenta colores negros y grises en N// con bandas de color anaranjado, las zonas negras – grisáceas poseen pleocroísmo al igual que las de color anaranjando; se pueden observar vestigios de algún mineral existente pero que debido a la meteorización ya no se encuentra en la muestra. También la muestra presenta óxidos de color negro los cuales están fragmentados; en NX la muestra se vuelve más oscura y se pueden apreciar granos muy pequeños de micas de aproximadamente 0.1mm. Según el estudio petrográfico esta muestra es una Filita grafitosa – micácea

Tabla 20. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Biotita	11,6%
Moscovita	9,54%
Grafito	75,17%
Oxido	3,69%
Total	100%



Figura 69. Muestra CA-017. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano, el taquito y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

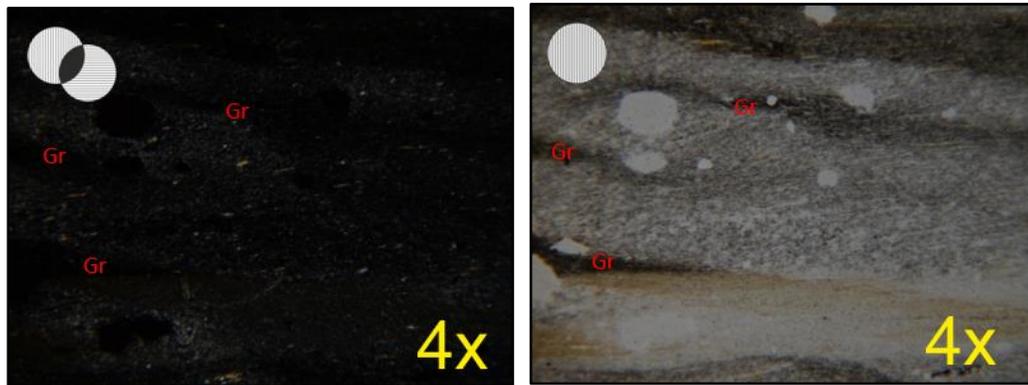


Figura 70. A la izquierda NX la muestra es oscura y se pueden identificar algunos cristales de micas muy pequeños; a la derecha N// misma zona que muestra las franjas de color grisáceo y anaranjado.

Muestra CA-019

Roca metamórfica que exhibe con N// en general un color marrón muy tenue acompañado de cristales de color rojizo y negro correspondientes a hematitas y magnetitas respectivamente, así mismo algunos cristales alargados algo pleocroicos correspondientes a biotitas y se observan espacios incoloros, con ciertas franjas negras correspondientes a grafito. Al cruzar los nicols se identifica que el 64% de la muestra se trata de calcita a la cual es posible observarle solo 2 direcciones de clivaje, se determinaron minerales alargados con birrefringencia alta correspondiente a moscovita, así mismo se observan minerales con extinción ondulatoria tratándose de cuarzo con un tamaño de grano menor a 0,22mm observado con objetivo de 10X. De acuerdo a tales características se trata de un esquisto calcáreo – micáceo – cuarzoso.

Tabla 21. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Biotita	9,07%
Moscovita	8,57%
Calcita	64,21%
Cuarzo	5,79%
Oxido	7,63%
Grafito	4,73%
Total	100%



Figura 71. Muestra CA-019. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

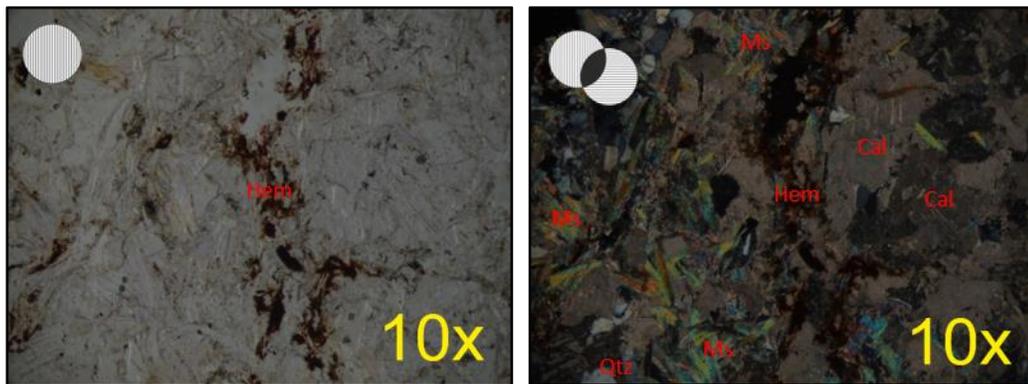


Figura 72. A la izquierda en N// se observa restos de óxido de hierro, rodeado por minerales incoloros y de color marrón muy tenue. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo gran cantidad de micas rodeadas por cuarzo, ortosa y calcita.

Muestra CA-020

Roca metamórfica no foliada, muestra incolora en N// con algunas zonas rojizas que corresponden a óxidos y otras de colores anaranjados que presenta pleocroísmo correspondiéndose a cristales de biotita. Debido a la condición de sección fina se pueden observar en NX colores de interferencia altos, de segundo orden, y en N// se observan las maclas correspondientes a los cristales de calcita, algunos presentan franjas iridiscentes. La muestra posee cristales de cuarzo moderadamente grandes, de entre 1 – 2mm. De acuerdo a tales características se trata de un Mármol.

Tabla 22. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Biotita	2,76%
Moscovita	6,37%
Calcita	71,23%
Cuarzo	13,24%
Oxido	6,4%
Total	100%



Figura 73. Muestra CA-020. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

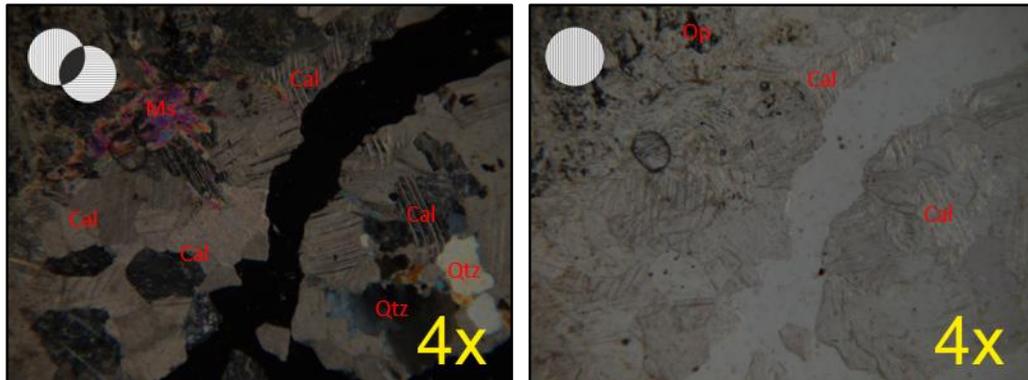


Figura 74. A la izquierda en NX se observa que la muestra está constituida por calcita principalmente y se pueden observar algunos cristales de cuarzo que, debido a la condición de muestra, presenta colores diferentes a los grises habituales de primer orden. A la derecha en N// misma zona, se pueden distinguir los cristales por la diferencia entre relieves, es posible observar franjas iridiscentes en los cristales de calcita.

Muestra CA-021

Roca metamórfica que con nicoles paralelos se muestra con un color marrón tenue en su mayoría con zonas incoloras y otras de color negro y rojizo correspondiente a cristales tanto de magnetita y hematita respectivamente, y ciertas franjas lepidoblasticas pleocroicas de botitas y alteración de la misma a clorita, al cruzar los nicoles se identifican cristales de cuarzo y ortosa los mismos se diferencian de acuerdo a la figura de interferencia, se observan cristales con 2 direcciones de clivaje correspondientes a calcita, de esta forma los cristales alargados de birrefringencia alta se tratan de micas en este caso moscovita.

Tabla 23. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Moscovita	3,82%
Biotita	9,78%
Clorita	6,28%
Cuarzo	18,13%
Calcita	56,14
Ortosa	1,17%
Oxido	4,68%
Total	100%



Figura 75. Muestra CA-021. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

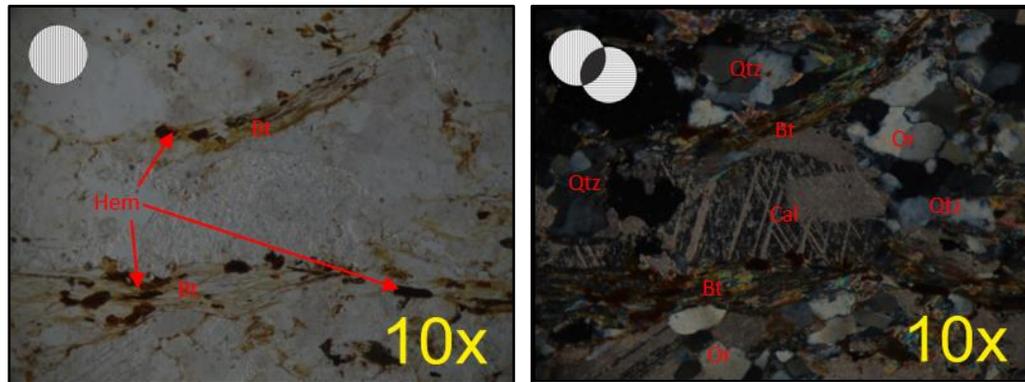


Figura 76. A la izquierda en N// se observa restos de óxido de hierro, rodeado por minerales incoloros y de color marrón muy tenue. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo gran cantidad de micas rodeadas por cuarzo, ortosa y calcita.

Muestra CA-022

Roca metamórfica no foliada de color verde, en N// exhibe colores amarillentos y verdes tenues solo son posible observar cristales opacos, óxidos de hierro, y algunas zonas de cristales anaranjados que poseen una 1 dirección de clivaje. Al cruzar los nicols se muestran cristales con tonalidades azules y amarillos de 2do orden correspondientes a una gran cantidad de cristales de clorita y en menor proporción biotita respectivamente. La muestra no presenta ninguna otra condición resaltante. De acuerdo a tales características se trata de una Serpentinita.

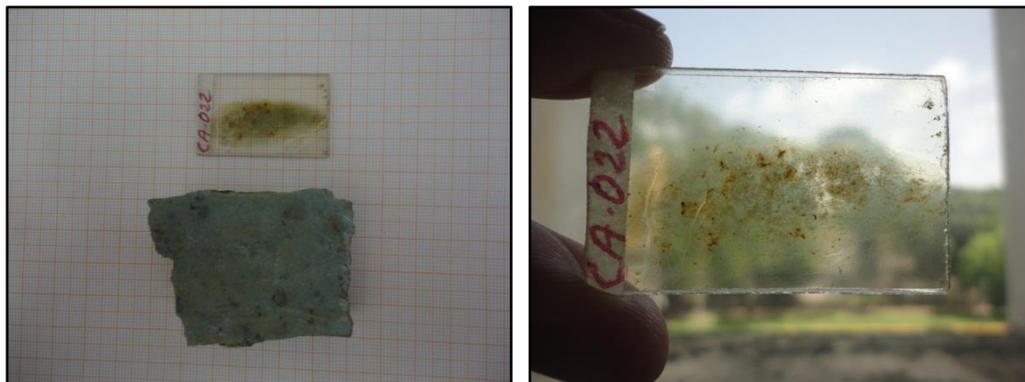


Figura 77. Muestra CA-022. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

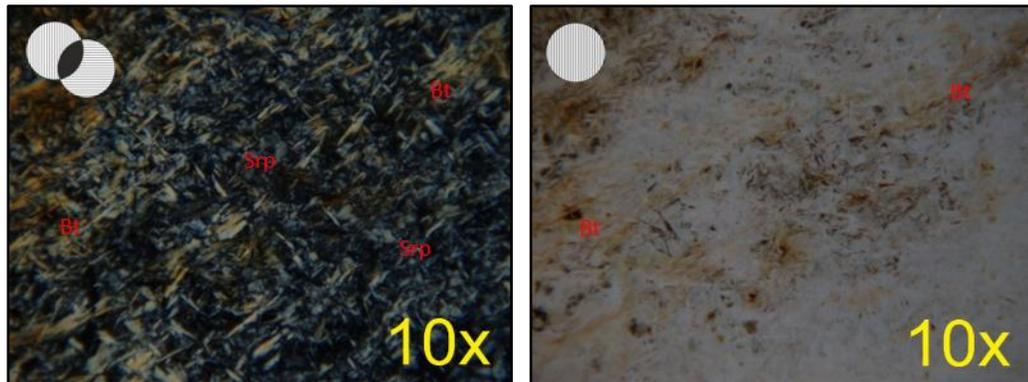


Figura 78. A la izquierda en NX se observan los colores de segundo orden de los minerales que constituyen la muestra. A la derecha, misma zona con N//

Muestra CA-023

Roca metamórfica foliada, con N// muestra espacios de marrón muy tenue, rodeado en su mayoría por minerales incoloros con cristales de hematita y magnetita. Al cruzar los nicoles, se observa que aproximadamente un 53% corresponde a cristales de calcita acompañados de cuarzo y feldespato potásico en este caso ortosa, solo en un 3%, y micas principalmente moscovitas. De acuerdo a lo anterior se trata de un esquisto calcáreo – micáceo – cuarzoso.

Tabla 24. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Moscovita	22,35%
Calcita	53,07%
Cuarzo	14,53%
Feldespato K	3,35%
Oxido	6,70%
Total	100%



Figura 79. Muestra CA-023. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

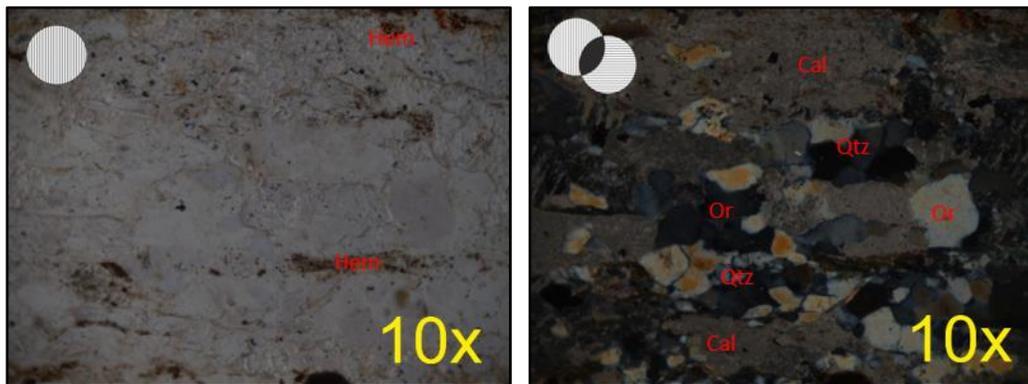


Figura 80. A la izquierda en N// se observa restos de óxido de hierro, rodeado por minerales incoloros y de color marrón muy tenue. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo gran cantidad de micas rodeadas por cuarzo, ortosa y calcita.

Muestra CA-024

Roca metamórfica no foliada, la misma se encuentra sumamente alterada, oxidada en casi su totalidad; debido a la condición de la muestra solo se pueden distinguir cristales de cuarzo y calcita los cuales se encuentran en vetas a lo largo de toda la sección fina, de igual forma los cristales de biotitas son distinguibles pero son muy pequeños de aproximadamente 0.01mm. De acuerdo a tales características se trata de un Mármol.

Tabla 25. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Biotita	2,45%
Calcita	36,9%
Cuarzo	12,7%
Oxido	47,95%
Total	100%



Figura 81. Muestra CA-024. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

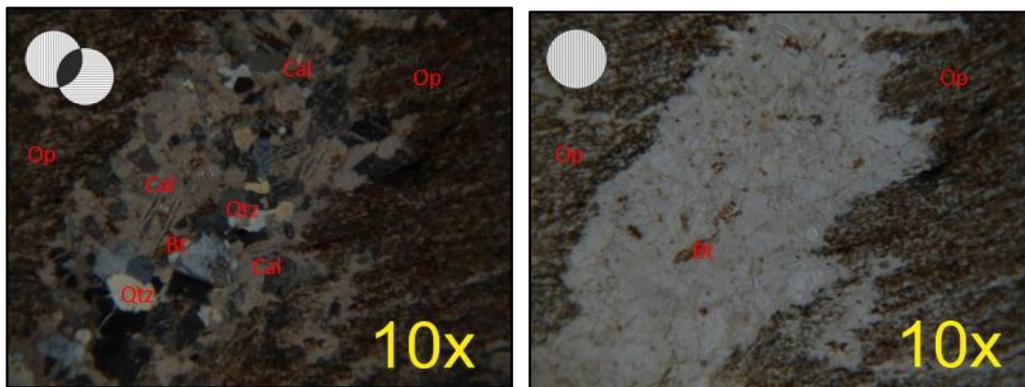


Figura 82. A la izquierda en NX se observa la disposición de los cristales en una veta, debido a la condición de la muestra los cristales de cuarzo presentan colores diferentes al gris de primer orden, sin embargo son reconocibles. A la derecha, misma zona en N// los óxidos son reconocibles.

Muestra CA-025

Roca metamórfica que exhibe con N// zonas con franjas de color negro que permiten observar la foliación de la muestra gracias a la presencia de grafito, cristales de óxido de hierro correspondientes a magnetitas y hematitas, así mismo, se tiene zonas de color marrón y verde pleocroicas, correspondiente a clorita producto de la alteración de la biotita, el resto de la muestra es incolora, sin embargo, al cruzar los nicoles se observan cristales de cuarzo con figura de interferencia uniaxial y extinción ondulatoria, y ortosas con figura de interferencia biaxial entre estos se tienen cristales alargados de moscovita. De esta forma se trata de un Esquisto cuarzo – micáceo – feldespático.

Tabla 26. Porcentaje total de minerales presentes en la muestra después de realizar el conteo modal con 300 puntos

Minerales	Conteo Modal
Moscovita	11,57%
Biotita	7,56%
Clorita	6,12%
Cuarzo	64,59%
Ortosa	5,25%
Grafito	1,96%
Oxido	2,95%
Total	100%



Figura 83. Muestra CA-025. A la izquierda se observa con escala la muestra de mano y la sección fina. A la derecha sección fina a contra luz.

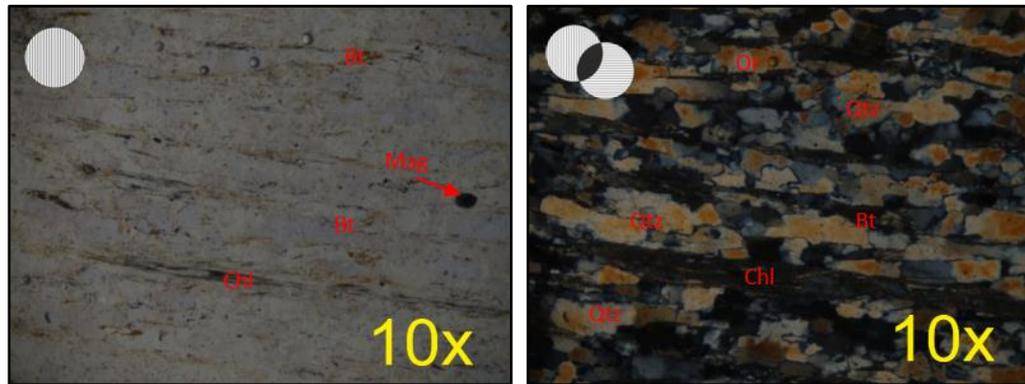


Figura 84. A la izquierda en N// se observa restos de óxido de hierro, rodeado por minerales incoloros y ciertas zonas con grafito. A la derecha, se observa la misma zona en NX, exhibiendo gran cantidad de cuarzo y algunas ortosas.

4.2 Clasificación Geomecánica

4.2.1 Clasificación del macizo rocoso según Bieniawski (1989).

A esta clasificación también se le conoce con el nombre de clasificación geomecánica RMR (ROCK MASS RATING), la cual constituye un sistema de clasificación de macizo rocoso que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros de diseño y de sostenimiento de obras civiles. El parámetro que define la clasificación es el denominado índice RMR, que indica la calidad del macizo rocoso a partir de lo siguiente:

1. Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.
2. RQD. Grado de fracturación del macizo rocoso.
3. Separación entre diaclasas.
4. Estado de las discontinuidades de acuerdo a:
 - Longitud de la discontinuidad.
 - Abertura de la discontinuidad.
 - Rugosidad.
 - Relleno de la discontinuidad.
 - Alteración de la roca.
5. Hidrología, en el macizo rocoso el agua tiene gran influencia sobre su comportamiento.

Para obtener el índice RMR de acuerdo a las 5 características mencionadas anteriormente se utiliza las tablas de puntuación según Bieniawski (1989) como lo son la tabla 27A de Parámetros de clasificación geomecánica RMR, donde se muestra la puntuación de las diferentes variables, lo cual da como resultado un valor de RMR comprendido entre 0 y 100 que permite clasificar la roca de acuerdo a la tabla 27B de Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR.

Tabla 27. Parámetros de clasificación geomecánica RMR, según Bieniawski (1989)

1	Resistencia de la roca intacta a la Compresión Simple (MPa)	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1
	Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%		
	Puntuación	20	17	13	6	3		
3	Separación de diaclasas	> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	0,06-0,2 m	< 0,06 m		
	Puntuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m	
		Puntuación	6	4	2	1	0	
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	> 5 mm	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm	
		Puntuación	6	4	2	2	0	
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta	
		Puntuación	6	5	3	1	0	
5	Hydrogeología	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
	Puntuación	15	10	7	4	0		

Tabla 27a. Calidad del macizo rocoso en relación al índice RMR

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

Según lo expuesto anteriormente y los datos obtenidos en las visitas al campo se generaron la secuencia de tablas comprendidas entre 27-232, las mismas a su vez permiten general el grafico 7 de RMR, el cual nos muestra que el 93% de la roca pertenece a la clase III Media que de acuerdo a la tabla X tiene una cohesión comprendida entre 2-3 Kg/cm² y un ángulo de rozamiento entre 25° - 35° y solo un 7% de la roca pertenece a la clase II Buena que según la tabla X presenta una cohesión de 3 - 4 Kg/cm² y ángulo de rozamiento de 35° - 45°, mientras que no se tiene la presencia de clase I, IV y V.

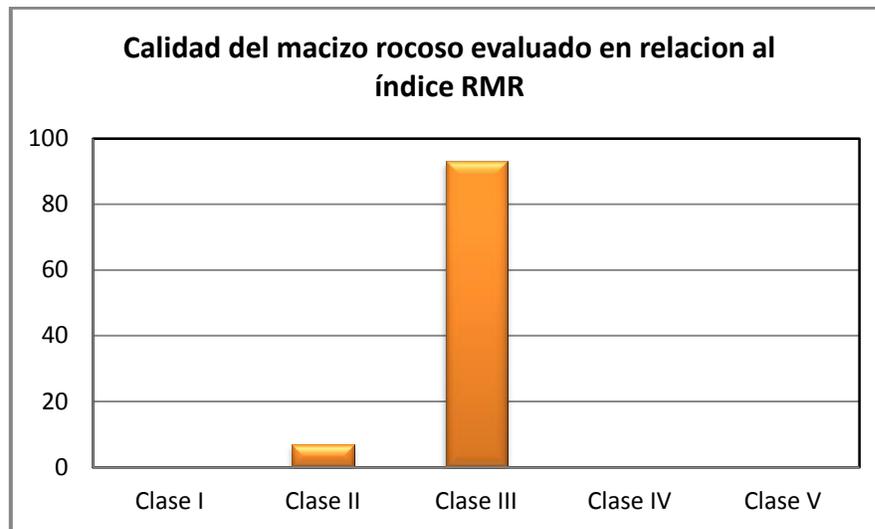


Grafico 7: porcentaje de calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR

A continuación se muestran las tablas que se obtuvieron a partir de los datos recolectados en campo, las mismas están puntualizadas.

Pto 2

Tabla 27b. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	20cm	14cm	8
Long. Discontinuidad:	14cm	20cm	6
Abertura (mm):	1mm	2mm	1
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Inalterada	Inalterada	6
Total (RMR)			55

Nota: ver resultado de compresión simple PA-002 en el apéndice 2.

Tabla 28. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 3

Tabla 29. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	22cm	10
Long. Discontinuidad:	40cm	6
Abertura (mm):	3mm	1
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		56

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 30. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 4

Tabla 31. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	17cm	8
Long. Discontinuidad:	5cm	6
Abertura (mm):	1mm	3
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)		54

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 32. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 6

Tabla 33. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	4cm	7cm	8
Long. Discontinuidad:	7cm	4cm	6
Abertura (mm):	<1mm	Nada	5
Rugosidad:	Rugosa	Muy rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			56

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 34. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 9

Tabla 35. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	11cm	18cm	8
Long. Discontinuidad:	18cm	25cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Ligeramente rug.	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			59

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 36. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 11

Tabla 37. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	15cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	17cm	6
Abertura (mm):	2mm	Nada	1
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 38. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 – 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 11'

Tabla 39. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación entre diaclasas	8cm	8cm	8
Long. Discontinuidad:	8cm	8cm	6
Abertura (mm):	2mm	1mm	1
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 50. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 13

Tabla 51. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	15cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	17cm	6
Abertura (mm):	2mm	Nada	1
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 52. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 14

Tabla 53. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	23%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	25cm	22cm	10
Long. Discontinuidad:	22cm	25cm	6
Abertura (mm):	2mm	2mm	1
Rugosidad:	Rugosa	Ligeramente rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 54. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 18

Tabla 55. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-24 Mpa	4
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas	15cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	6
Abertura (mm):	1mm	3
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)		56

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 56. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 19

Tabla 57. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas	14 cm	8
Long. Discontinuidad:	9cm	6
Abertura (mm):	<1mm	6
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)		57

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 58. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 20

Tabla 59. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	11cm	38 cm	10
Long. Discontinuidad:	18cm	20cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			61

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 60. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
II	Bueno	80 - 61	3 - 4 Kg/cm ²	35° - 45°

Pto 21

Tabla 61. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	19cm	8
Long. Discontinuidad:	8cm	6
Abertura (mm):	3mm	1
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Relleno duro <5mm	4
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		53

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 62. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 22

Tabla 63. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	19cm	18	10
Long. Discontinuidad:	18cm	15	6
Abertura (mm):	1mm	Nada	5
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Ligeramente rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			59

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 64. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 – 41	2 - 3 Kg/cm ²	25º - 35º

Pto 23

Tabla 65. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	30cm	27cm	10
Long. Discontinuidad:	27cm	30cm	6
Abertura (mm):	Nada	<1mm	5
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Ligeramente rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			60

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 – 41	2 - 3 Kg/cm ²	25º - 35º

Pto 24

Tabla 66. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-50 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	27cm	10cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	31cm	6
Abertura (mm):	2mm	Nada	1
Rugosidad:	suave	Rugosa	1
Tipo de Relleno:	Relleno Blando <5mm	Nada	2
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			46

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 – 41	2 - 3 Kg/cm ²	25º - 35º

Pto 26

Tabla 67. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	9cm	20cm	6
Long. Discontinuidad:	14cm	8cm	6
Abertura (mm):	Nada	<1mm	5
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Ligeramente rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			54

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 – 41	2 - 3 Kg/cm ²	25º - 35º

Pto 28

Tabla 68. Clasificación de Bieniawski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	5cm	12cm	8
Long. Discontinuidad:	12cm	5cm	6
Abertura (mm):	0,1mm	0,1mm	3
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Muy rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 69. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 30

Tabla 70. Clasificación de Bieniawski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	6cm	8
Long. Discontinuidad:	4cm	6
Abertura (mm):	nada	6
Rugosidad:	Ligeramente alt.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Muy alterada	6
Total (RMR)		58

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 71. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 32

Tabla 72 .Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	23cm	45cm	10
Long. Discontinuidad:	45cm	23cm	6
Abertura (mm):	0,1mm	Nada	3
Rugosidad:	Rugosa	Muy rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	inalterada	inalterada	6
Total (RMR)			61

Nota: ver resultado de compresión simple PHM-006 en el apéndice 2.

Tabla 73. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
II	Bueno	80-61	3 - 4 Kg/cm ²	35º - 45º

Pto 33

Tabla 74. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	55cm	61cm	10
Long. Discontinuidad:	61cm	55cm	6
Abertura (mm):	0,5mm	0,4mm	3
Rugosidad:	Rugosa	Muy rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	inalterada	inalterada	6
Total (RMR)			61

Nota: ver resultado de compresión simple HPM-007 en el apéndice 2.

Tabla 75. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
II	Bueno	80-61	3 - 4 Kg/cm ²	35º - 45º

Pto 35

Tabla 76. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	20cm	8
Long. Discontinuidad:	29cm	6
Abertura (mm):	0,9mm	3
Rugosidad:	Suave	0
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)		49

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 77. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 36

Tabla 78. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	20cm	8
Long. Discontinuidad:	22cm	6
Abertura (mm):	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Nada	6
Alteración:	Descompuesta	0
Total (RMR)		54

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 79. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 37

Tabla 80 .Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	7cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	6
Abertura (mm):	Nada	6
Rugosidad:	Ondulada	1
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		55

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 81. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25º - 35º

Pto 43

Tabla 82 .Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	7cm	6cm	8
Long. Discontinuidad:	6cm	7cm	6
Abertura (mm):	Nada	0,1mm	3
Rugosidad:	Rugosa	Ligeramente Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 83. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25º - 35º

Pto 44

Tabla 84. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	30cm	10
Long. Discontinuidad:	34,5cm	6
Abertura (mm):	0,1mm-1,0mm	3
Rugosidad:	Ligeramente Rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Muy alterada	1
Total (RMR)		52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 85. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 45

Tabla 86 . Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	20cm	8
Long. Discontinuidad:	28cm	6
Abertura (mm):	0,1mm-1,0mm	3
Rugosidad:	Ligeramente Rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)		52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 87. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 46

Tabla 88 . Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	7cm	8
Long. Discontinuidad:	13cm	6
Abertura (mm):	2mm	1
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		54

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 89. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25º - 35º

Pto 47

Tabla 90 .Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	10cm	17cm	8
Long. Discontinuidad:	17cm	10cm	6
Abertura (mm):	<1mm	<1mm	5
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Muy alterada	Muy alterada	1
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 91. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25º - 35º

Pto 49

Tabla 92 .Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	10 cm	8
Long. Discontinuidad:	15cm	6
Abertura (mm):	5mm	1
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Relleno Blando<5mm	2
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		54

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 93. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 50

Tabla 94 .Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	6cm	10cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	6cm	6
Abertura (mm):	<1mm	<1mm	5
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			56

Nota: ver resultado de compresión simple PHI-011 en el apéndice 2.

Tabla 95. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 51

Tabla 96. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	6cm	5cm	8
Long. Discontinuidad:	5cm	6cm	6
Abertura (mm):	3mm	Nada	1
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Relleno duro < 5mm	Ninguno	2
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 97. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 – 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 52

Tabla 98 .Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	8cm	25cm	8
Long. Discontinuidad:	25cm	8cm	6
Abertura (mm):	1mm	2mm	1
Rugosidad:	Ligeramente	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 99. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 54

Tabla 100 .Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	15cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	15cm	6
Abertura (mm):	1mm-2mm	<1mm	1
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			50

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 101. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 55

Tabla 102 .Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	15cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	15cm	6
Abertura (mm):	1mm-2mm	<1mm	1
Rugosidad:	Ligeramente	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			50

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 103. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 56

Tabla 104. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	5cm	5
Long. Discontinuidad:	10cm	6
Abertura (mm):	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente alt.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Descompuesta	0
Total (RMR)		49

Nota: ver resultado de compresión simple PHI-017 en el apéndice 2.

Tabla 105. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 57

Tabla 106. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	22cm	18cm	8
Long. Discontinuidad:	18cm	22cm	6
Abertura (mm):	>9mm	<1mm	0
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			47

Nota: ver resultado de compresión simple PHI-016 en el apéndice 2.

Tabla 107. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 60

Tabla 108. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	6cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	6
Abertura (mm):	1mm-2mm	1
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Relleno Blando<5mm	2
Alteración:	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)		48

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 109. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 61

Tabla 110. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	20cm	45cm	10
Long. Discontinuidad:	45cm	20cm	6
Abertura (mm):	<1mm	<1mm	6
Rugosidad:	Ligeramente alt.	Suave	0
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			56

Nota: ver resultado de compresión simple PHI-015 en el apéndice 2.

Tabla 111. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 62

Tabla 112. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	15cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	15cm	6
Abertura (mm):	1mm-2mm	<1mm	1
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			50

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 113. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 63

Tabla 114 .Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	8cm	10cm	6
Long. Discontinuidad:	10cm	8cm	6
Abertura (mm):	1mm	nada	3
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			54

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 115. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 64

Tabla 116. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	25cm	40cm	10
Long. Discontinuidad:	40cm	25cm	1
Abertura (mm):	<1mm	Nada	5
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Muy rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	3
Total (RMR)			53

Tabla 117. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 65

Tabla 118. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	20cm	30cm	10
Long. Discontinuidad:	30cm	20cm	6
Abertura (mm):	3mm	Nada	1
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Muy rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			54

Nota: ver resultado de compresión simple PCO-036 en el apéndice 2.

Tabla 119. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 66

Tabla 120. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	25cm	40cm	10
Long. Discontinuidad:	40cm	25cm	6
Abertura (mm):	<1mm	Nada	5
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Muy rugosa	5
Tipo de Relleno:	Nada	Nada	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			60

Nota: ver resultado de compresión simple PCO-035 en el apéndice 2.

Tabla 121. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 68

Tabla 122. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	90cm	300cm	20
Long. Discontinuidad:	300cm	90cm	4
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Inalterada	Inalterada	6
Total (RMR)			68

Nota: ver resultado de compresión simple AFF-018 en el apéndice 2.

Tabla 123. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
II	buena	80-61	3 - 4 Kg/cm ²	35° - 45°

Pto 70

Tabla 124. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	46cm	85cm	10
Long. Discontinuidad:	85cm	46cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Inalterado	inalterada	6
Total (RMR)			62

Nota: ver resultado de compresión simple AFF-019 en el apéndice 2.

Tabla 125. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
II	buena	80-61	3 - 4 Kg/cm ²	35° - 45°

Pto 71

Tabla 126. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	30cm	10
Long. Discontinuidad:	70cm	6
Abertura (mm):	Nada	6
Rugosidad:	Muy rugosa	6
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)		60

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 127. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 72

Tabla 128. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	seco		15
Separación de diaclasas:	15cm	22cm	8
Long. Discontinuidad:	22cm	15cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			59

Nota: ver resultado de compresión simple AFF-019 en el apéndice 2.

Tabla 129. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 73

Tabla 130. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-50 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	17cm	10cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	17cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			59

Nota: ver resultado de compresión simple AFF-021 en el apéndice 2.

Tabla 131. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 76

Tabla 132. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	20cm	32cm	10
Long. Discontinuidad:	32cm	20cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			63

Nota: ver resultado de compresión simple AFF-003 en el apéndice 2.

Tabla 133. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
II	Buena	80 - 61	3- 4 Kg/cm ²	35° - 45°

Pto 77

Tabla 134. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Ma		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	47cm	80cm	10
Long. Discontinuidad:	80cm	47cm	6
Abertura (mm):	2mm	2mm	1
Rugosidad:	Rugosa	Muy rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			58

Nota: ver resultado de compresión simple AFF-004 en el apéndice 2.

Tabla 135. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 80

Tabla 136 .Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	30cm	15cm	8
Long. Discontinuidad:	15cm	30cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente Alt.	Ligeramente Alt.	5
Total (RMR)			59

Nota: ver resultado de compresión simple CA-023 en el apéndice 2.

Tabla 137. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 81

Tabla 138 .Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	<25%		3
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	10cm	15cm	8
Long. Discontinuidad:	15cm	10cm	6
Abertura (mm):	1mm	2mm	1
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Relleno Blando <5mm	Relleno Blando <5mm	2
Alteración:	Descompuesta	Descompuesta	0
Total (RMR)			42

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 139. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 82

Tabla 140 .Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	12cm	27cm	8
Long. Discontinuidad:	27cm	12cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	Muy rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			59

Nota: ver resultado de compresión simple CA-025 en el apéndice 2.

Tabla 141. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 83

Tabla 142 .Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	45cm	65cm	10
Long. Discontinuidad:	65cm	45cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Ligeramente rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Muy alterada	Muy alterada	1
Total (RMR)			55

Nota: ver resultado de compresión simple CA-026 en el apéndice 2.

Tabla 143. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 84

Tabla 144. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	D ₃	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-50 Mpa			2
RQD:	25%-50%			6
Hidrogeología:	Seco			15
Separación de diaclasas:	20cm	18cm	30cm	8
Long. Discontinuidad:	37cm	24cm	19cm	6
Abertura (mm):	Nada	1mm	Nada	3
Rugosidad:	Ligeramente Rug.	Ligeramente Rug.	Ligeramente Rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)				54

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 145. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 85

Tabla 146. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-50 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	5cm	5
Long. Discontinuidad:	10cm	6
Abertura (mm):	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		56

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 147. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 86

Tabla 148. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D1	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-50 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	7cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	6
Abertura (mm):	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Nada	6
Alteración:	Muy Alterada	1
Total (RMR)		55

Nota: ver resultado de compresión simple CA-028 en el apéndice 2.

Tabla 149. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 87

Tabla 150. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-50 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	10cm	15cm	8
Long. Discontinuidad:	15cm	10cm	6
Abertura (mm):	<1mm	Nada	5
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			58

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 151. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 89

Tabla 152. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	20cm	40cm	10
Long. Discontinuidad:	40cm	20cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			59

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 153. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 90

Tabla 154. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	10cm	38cm	8
Long. Discontinuidad:	38cm	10cm	6
Abertura (mm):	<1mm	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			57

Nota: ver resultado de compresión simple CA-031 en el apéndice 2.

Tabla 155. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 93

Tabla 156. Clasificación de Bienawiski

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	10cm	8
Long. Discontinuidad:	30cm	6
Abertura (mm):	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		59

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 157. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 94

Tabla 158. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	4cm	60cm	8
Long. Discontinuidad:	60cm	4cm	6
Abertura (mm):	Nada	<1mm	5
Rugosidad:	Rugosa	Muy rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			58

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 159. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 96

Tabla 160. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	5-1 Mpa		1
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	15cm	10cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	15cm	6
Abertura (mm):	<1mm	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Relleno Blando<5mm	Ninguno	2
Alteración:	Muy alterado	Muy alterado	1
Total (RMR)			50

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 161. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 97

Tabla 162. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	5-1 Mpa		1
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	20cm	60cm	10
Long. Discontinuidad:	60cm	20cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			58

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 163. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 98

Tabla 164. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	5-1 Mpa	1
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	7cm	8
Long. Discontinuidad:	15cm	6
Abertura (mm):	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Muy alterada	1
Total (RMR)		52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 165. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 100

Tabla 166. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	10cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	10cm	6
Abertura (mm):	<1mm	1mm	3
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Relleno Blando<5mm	Blando<5mm	4
Alteración:	Muy Alterado	Muy Alteración	1
Total (RMR)			48

Nota: ver resultado de compresión simple CA-040 en el apéndice 2.

Tabla 167. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 101

Tabla 168. Clasificación de Bieniawski

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	<1		0
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	25cm	35cm	10
Long. Discontinuidad:	35cm	25cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	suave	1
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			55

Nota: ver resultado de compresión simple CA-042 en el apéndice 2.

Tabla 169. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 102

Tabla 170. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 (Mpa)		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	20cm	30cm	10
Long. Discontinuidad:	30cm	20cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	Muy rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			61

Nota: ver resultado de compresión simple CA-043 en el apéndice 2.

Tabla 171. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
II	Buena	80- 61	3- 4 Kg/cm ²	35° - 45°

Pto 103

Tabla 172. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 (Mpa)		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	15cm	14cm	8
Long. Discontinuidad:	15cm	15cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	suave	Ligeramente rugosa	1
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			55

Nota: ver resultado de compresión simple CA-044 Y CA-045 en el apéndice 2.

Tabla 173. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 104

Tabla 174. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	15cm	25cm	8
Long. Discontinuidad:	25cm	15cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			57

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 175. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 105

Tabla 176. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 (Mpa)		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	seco		15
Separación de diaclasas	27cm	30cm	10
Long. Discontinuidad:	30cm	27cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			59

Nota: ver resultado de compresión simple CA-046 en el apéndice 2.

Tabla 177. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 106

Tabla 178. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 (Mpa)		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	25cm	10cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	25cm	6
Abertura (mm):	Nada	1cm	0
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Ligeramente rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			51

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 179. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 107

Tabla 180. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 (Mpa)	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	13cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	6
Abertura (mm):	2mm	1
Rugosidad:	Ligeramente rug.	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		54

Nota: ver resultado de compresión simple CA-48B Y CA-049 en el apéndice 2.

Tabla 181. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 110

Tabla 182. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5(Mpa)		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	15cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	15cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			57

Nota: ver resultado de compresión simple CA-051 en el apéndice 2.

Tabla 183. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 111

Tabla 184. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 (Mpa)	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	seco	15
Separación de diaclasas:	16cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	6
Abertura (mm):	>1mm	3
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Muy Alterada	1
Total (RMR)		52

Nota: ver resultado de compresión simple CA-052 en el apéndice 2.

Tabla 185. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 113

Tabla 186. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 (Mpa)		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	3cm	8cm	5
Long. Discontinuidad:	8cm	3cm	6
Abertura (mm):	1 cm	>1mm	0
Rugosidad:	Ligeramente rug.	Ligeramente Rug.	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt	Moderadamente alt	3
Total (RMR)			48

Nota: ver resultado de compresión simple CA-054 Y CA-055 en el apéndice 2.

Tabla 187. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 114

Tabla 188. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 (Mpa)	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	12cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	6
Abertura (mm):	2mm	1
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)		52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 189. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto115

Tabla 190. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	14cm	10cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	14cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Ligeramente Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			57

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 191. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 116

Tabla 192. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	20cm	15cm	8
Long. Discontinuidad:	15cm	20cm	6
Abertura (mm):	2mm	Nada	1
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Ligeramente Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Relleno Blando<5mm	Ninguno	4
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			50

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 193. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 117

Tabla 194. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 (Mpa)		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	11cm	10cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	11cm	6
Abertura (mm):	3mm	2mm	1
Rugosidad:	Ligeramente rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Relleno blando<5mm	Ninguno	2
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			48

Nota: ver resultado de compresión simple CA-058 en el apéndice 2.

Tabla 195. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 118

Tabla 196. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-50		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	25cm	8cm	8
Long. Discontinuidad:	8cm	25cm	6
Abertura (mm):	2mm	Nada	1
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Relleno duro<5mm	Ninguno	4
Alteración:	Moderadamente alt	Moderadamente alt	3
Total (RMR)			50

Nota: ver resultado de compresión simple CA-059 en el apéndice 2.

Tabla 197. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 120

Tabla 198. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	100-50 (Mpa)		7
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	25cm	8cm	8
Long. Discontinuidad:	8cm	25cm	6
Abertura (mm):	2mm	Nada	1
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Relleno duro<5mm	Ninguno	4
Alteración:	Moderadamente alt	Moderada alt	3
Total (RMR)			55

Nota: ver resultado de compresión simple CA-061 en el apéndice 2.

Tabla 199. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 121

Tabla 200. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁ (esquistoso)	D ₂ (filita)	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5		2
RQD:	<25%		3
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	7cm	68cm	10
Long. Discontinuidad:	68cm	7cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Descompuesta	Ligeramente alt.	0
Total (RMR)			53

Nota: ver resultado de compresión simple CA-062 en el apéndice 2.

Tabla 201. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 122

Tabla 202. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	<25%		3
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	7cm	10cm	8
Long. Discontinuidad:	10cm	7cm	6
Abertura (mm):	1mm	Nada	5
Rugosidad:	Ligeramente Rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Descompuesta	Descompuesta	0
Total (RMR)			48

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 203. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 123

Tabla 204. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-15		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	20cm	12cm	8
Long. Discontinuidad:	12cm	20cm	6
Abertura (mm):	<1mm	Nada	5
Rugosidad:	Ligeramente Rug.	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt.	Moderadamente alt.	3
Total (RMR)			54

Nota: ver resultado de compresión simple CA-063e n el apéndice 2.

Tabla 205. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 124

Tabla 206. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	5-1 Mpa		1
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	8cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	8cm	6
Abertura (mm):	Nada	1mm	3
Rugosidad:	Ligeramente Rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt	Moderadamente alt	3
Total (RMR)			51

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 207. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 125

Tabla 208. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	5-1 Mpa		1
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	25cm	12cm	8
Long. Discontinuidad:	12cm	25cm	6
Abertura (mm):	Nada	3mm	1
Rugosidad:	Rugosa	Ligeramente Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			51

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 209. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 126

Tabla 210. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-50 Mpa	2
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	15cm	8
Long. Discontinuidad:	18cm	6
Abertura (mm):	1mm	3
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		56

Nota: ver resultado de compresión simple CA-064 en el apéndice 2.

Tabla 211. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 128

Tabla 212. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5(Mpa)		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas	10cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	10cm	6
Abertura (mm):	1mm	2mm	1
Rugosidad:	Rugosa	suave	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 213. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 129

Tabla 214. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	5-1	1
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	10cm	8
Long. Discontinuidad:	15cm	6
Abertura (mm):	2mm	3
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)		55

Nota: ver resultado de compresión simple CA-065B en el apéndice 2.

Tabla 215. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 131

Tabla 216. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25 Mpa		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	10cm	20cm	8
Long. Discontinuidad:	20cm	10cm	6
Abertura (mm):	1mm	2mm	1
Rugosidad:	Rugosa	suave	1
Tipo de Relleno:	Ninguno	Nada	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			52

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 217. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 133

Tabla 218. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	25-5 Mpa		2
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	7cm	22cm	8
Long. Discontinuidad:	22cm	7cm	6
Abertura (mm):	Nada	Nada	6
Rugosidad:	Ligeramente Rugosa	Rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			57

Nota: ver resultado de compresión simple CA-067 en el apéndice 2.

Tabla 219. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 135

Tabla 220. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	5-1 Mpa		1
RQD:	20%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	13cm	25cm	8
Long. Discontinuidad:	25cm	13cm	6
Abertura (mm):	1mm	1mm	3
Rugosidad:	Ligeramente Rugosa	Ligeramente rugosa	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			53

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 221. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 136

Tabla 222. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25	4
RQD:	25%-50%	6
Hidrogeología:	Seco	15
Separación de diaclasas:	7cm	8
Long. Discontinuidad:	12cm	6
Abertura (mm):	1mm	3
Rugosidad:	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	6
Alteración:	Moderadamente alt	3
Total (RMR)		56

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 223. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 138

Tabla 224. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	<1		0
RQD:	<25%		3
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	8cm	5cm	5
Long. Discontinuidad:	8cm	5cm	6
Abertura (mm):	Nada	1mm	3
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Descompuesta	Descompuesta	0
Total (RMR)			43

Nota: La compresión simple se toma por asociación con puntos cercanos con ensayo realizado y mismo tipo de roca.

Tabla 225. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 139

Tabla 226. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	50-25		4
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	16cm	11cm	8
Long. Discontinuidad:	11cm	16cm	6
Abertura (mm):	Nada	1mm	3
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alterado	Ligeramente alterado	5
Total (RMR)			48

Nota: ver resultado de compresión simple R-70 en el apéndice 2.

Tabla 228. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 140

Tabla 229. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	5-1		1
RQD:	25%-50%		6
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	7cm	25cm	8
Long. Discontinuidad:	25cm	7cm	6
Abertura (mm):	Nada	1mm	3
Rugosidad:	Rugosa	Rugosa	5
Tipo de Relleno:	Ninguna	Ninguna	6
Alteración:	Ligeramente alterada	Ligeramente alterada	5
Total (RMR)			55

Nota: ver resultado de compresión simple R-071 en el apéndice 2.

Tabla 230. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

Pto 141

Tabla 231. Clasificación de Bienawiski.

Propiedades	D ₁	D ₂	Puntuación
Resistencia a la Compresión Simple:	5-1		1
RQD:	25%-50%		2
Hidrogeología:	Seco		15
Separación de diaclasas:	10cm	15cm	8
Long. Discontinuidad:	15cm	10cm	6
Abertura (mm):	1mm	2mm	1
Rugosidad:	Ligeramente Rug.	Ligeramente Rug.	3
Tipo de Relleno:	Ninguno	Ninguno	6
Alteración:	Ligeramente alt.	Ligeramente alt.	5
Total (RMR)			47

Nota: ver resultado de compresión simple R-072 en el apéndice 2.

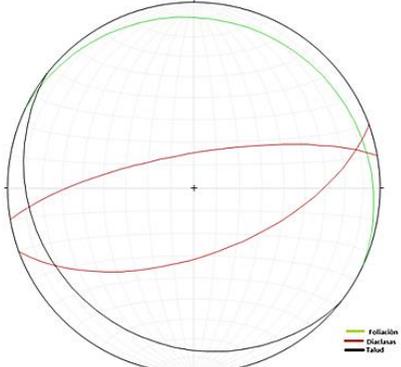
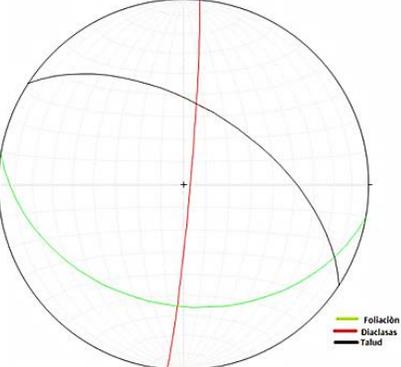
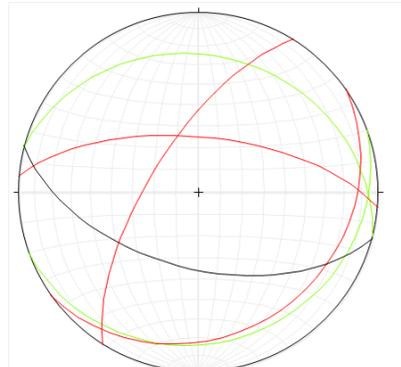
Tabla 232. Calidad del macizo rocoso evaluado en relación al índice RMR

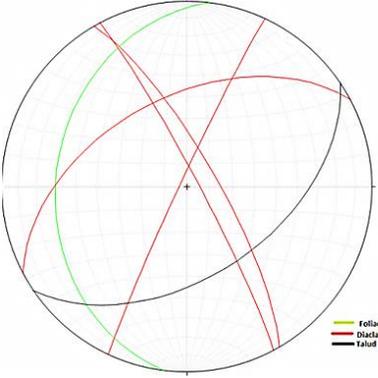
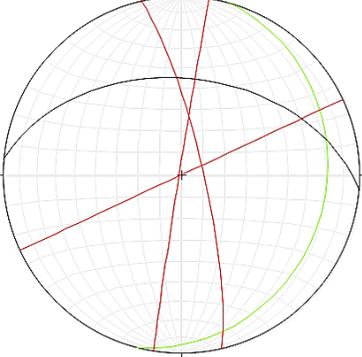
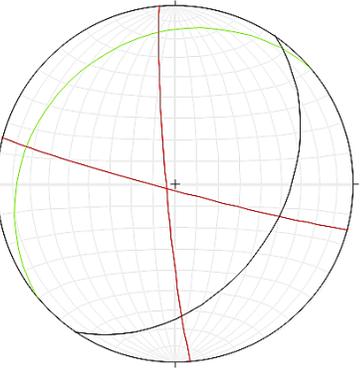
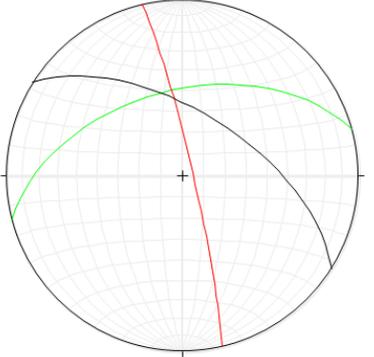
Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
III	Media	60 - 41	2 - 3 Kg/cm ²	25° - 35°

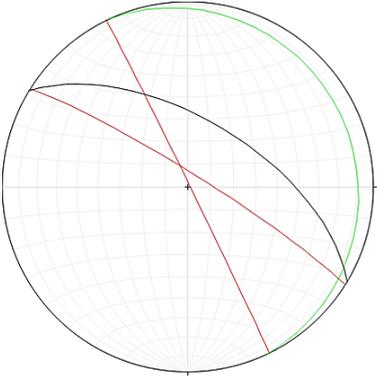
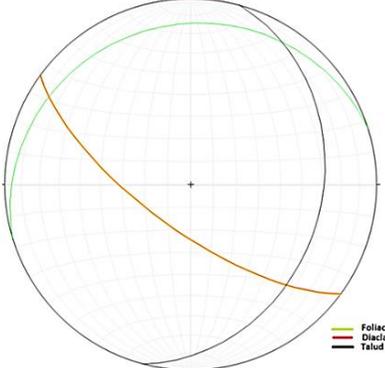
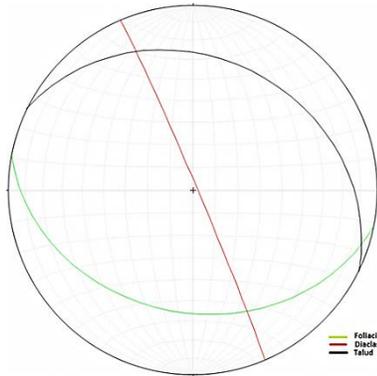
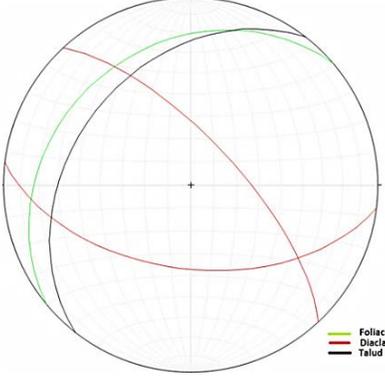
4.2.2 Análisis de Estabilidad de Taludes

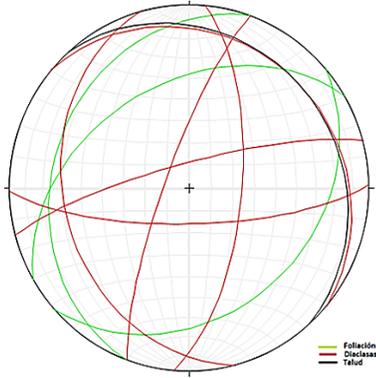
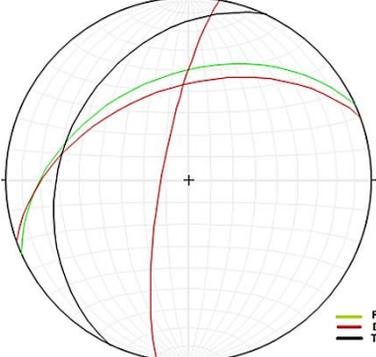
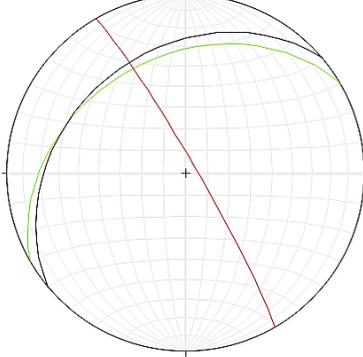
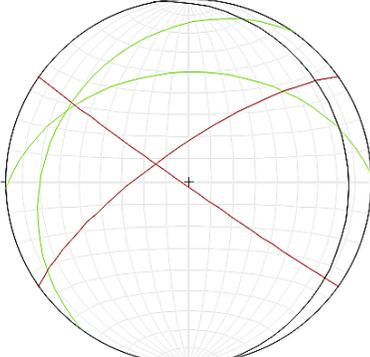
En los siguientes cuadros se mostraran los puntos de levantamiento geológico conjuntamente con la disposición espacial de los planos de discontinuidad y con la orientación y buzamiento del talud natural, seguido de las proyecciones hemisféricas de todos los planos encontrado en los puntos de levantamiento y las observaciones pertinentes para cada talud.

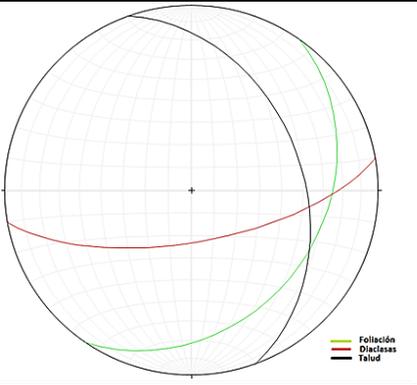
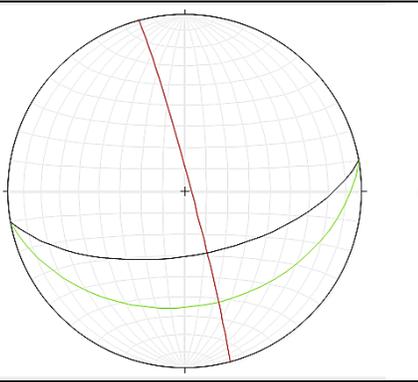
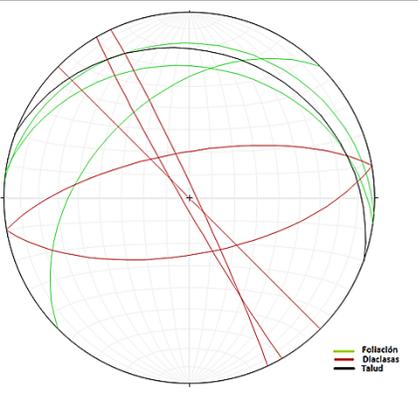
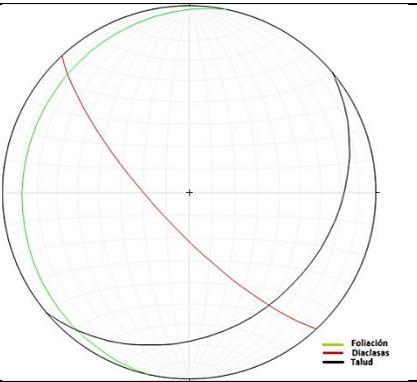
Tabla 233. Características espaciales de los planos de discontinuidad y de Taludes naturales

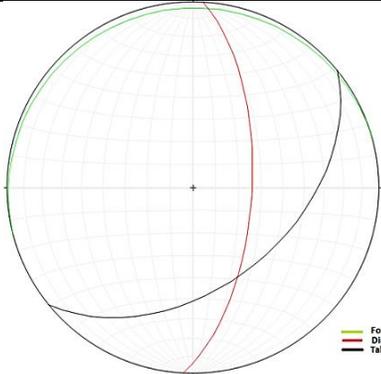
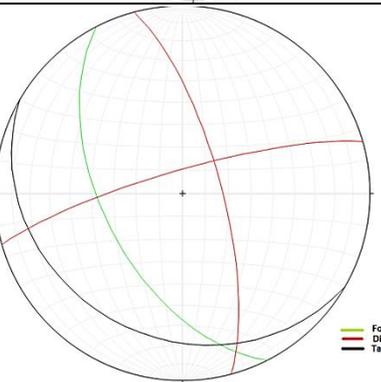
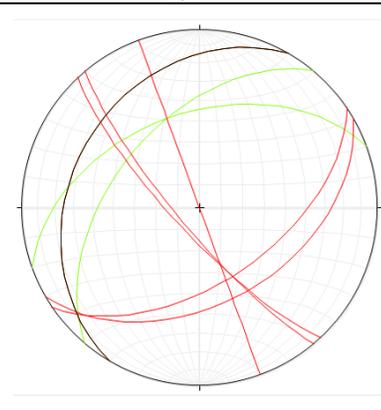
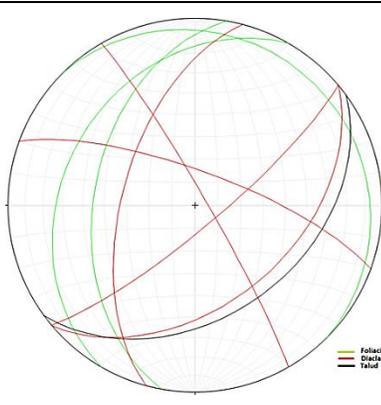
Punto	Discontinuidades	Estereografía	Observación
2	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación</p> <p>Diaclasa₁</p> <p>Diaclasa₂</p> <p>Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N65W10N</p> <p>N80E75N</p> <p>N70E60S</p> <p>N52W17S</p> 	Estable
4	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación</p> <p>Diaclasa₁</p> <p>Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N80W30N</p> <p>N7E87S</p> <p>N45E20S</p> 	Estable
5 -6	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁</p> <p>Foliación₂</p> <p>Diaclasa₁</p> <p>Diaclasa₂</p> <p>Diaclasa₃</p> <p>Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N76W25N</p> <p>N70E17S</p> <p>N32E68N</p> <p>N85W65N</p> <p>N55E21S</p> <p>N75W55S</p> 	Falla por volcamiento por D ₂ .

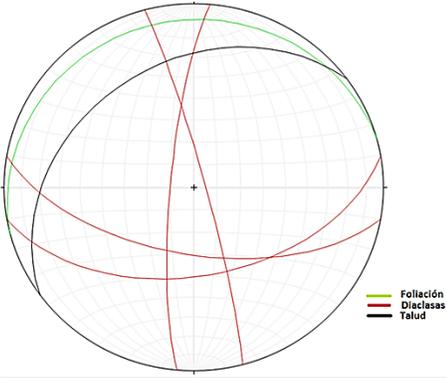
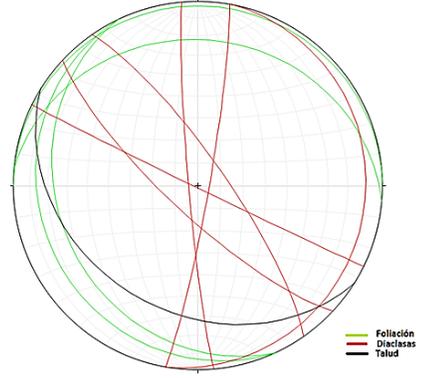
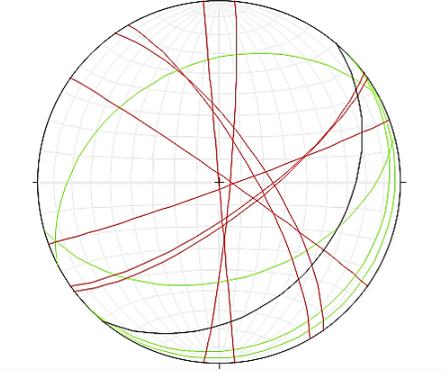
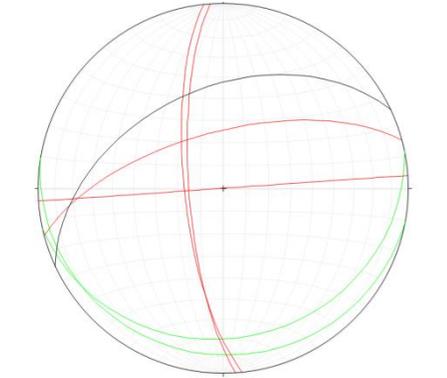
<p>9</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N43E32S N25E87N N28W85N N30W77N N62E50N N56E50S</p>  <p style="text-align: right;"> — Foliación — Diaclasas — Talud </p>	<p>Falla por volcamiento por D₄.</p>
<p>11</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N15E20S N13W80N N9E89N N65E90 N85W45N</p> 	<p>Estable</p>
<p>11'</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N50E19N 5W86SN N75W87S N34E40S</p> 	<p>Estable</p>
<p>13</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N75E50N N13W85N N58W60N</p>  <p style="text-align: right;">$\alpha=49,7^\circ$</p>	<p>Posible falla en cuña entre F, D₁</p>

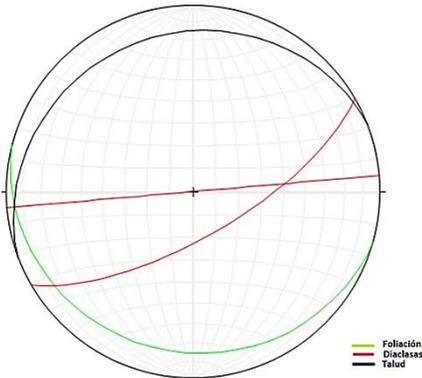
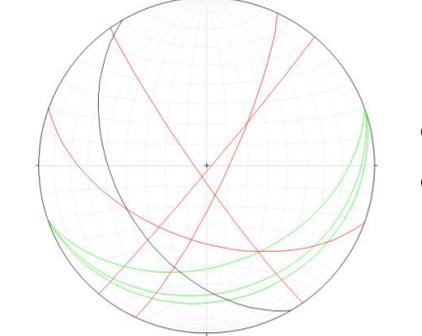
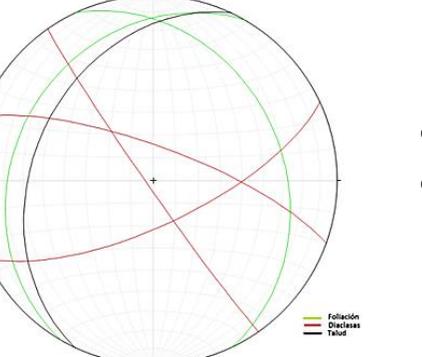
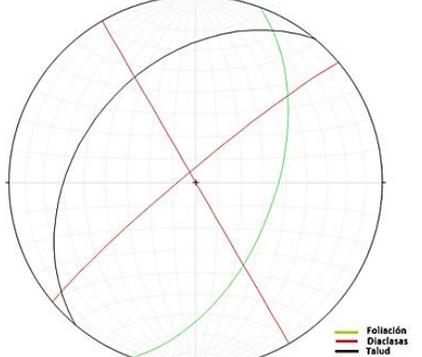
14	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N25W10N N26W89N N58W74N N59W60N</p> 	Estable
18	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N73E15N N54W70S N15E30S</p>  <p style="text-align: right;"> <small> — Foliación — Diaclasa — Talud </small> </p>	Estable
19	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N79W34S N23W88N N64W29N</p>  <p style="text-align: right;"> <small> — Foliación — Diaclasa — Talud </small> </p>	Estable
20	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N50E26N N43W70N N83W53S N38E36N</p>  <p style="text-align: right;"> <small> — Foliación — Diaclasa — Talud </small> </p>	$\alpha=25,8^\circ$ Posible Falla en Cuña entre F ₁ , D ₁

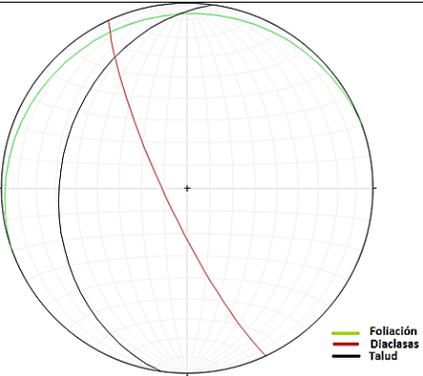
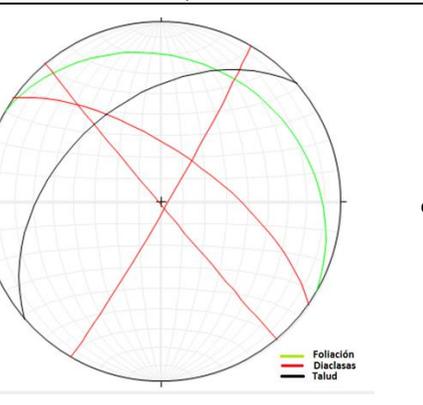
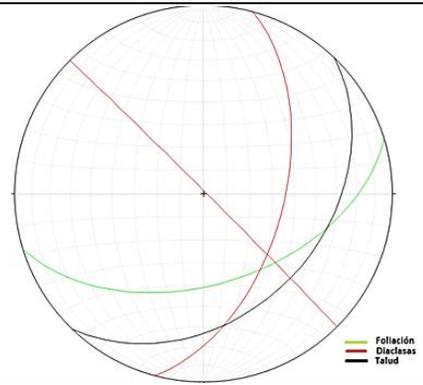
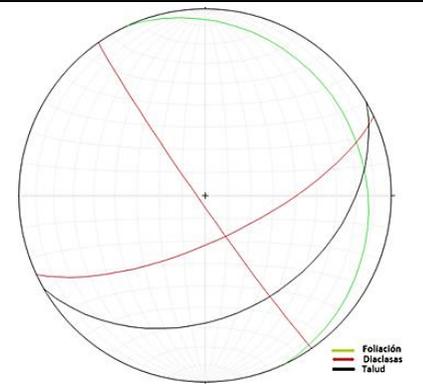
21-22-23	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Foliación₃ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Diaclasa₅ Diaclasa₆ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N49E31S N20E25N N60E42N N50W18N N15W54N N20E79N N75E79N N05E66S N89E74S N50W18N</p>		Falla Planar por D ₁
24	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N66E42N N70E48N N10E78N N25E31N</p>		Estable
26	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N60E35N N30W85N N50E32N</p>		Estable
27-28	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N88E40N N35E24N N55E75N N55W88S N11W 14N</p>		Estable

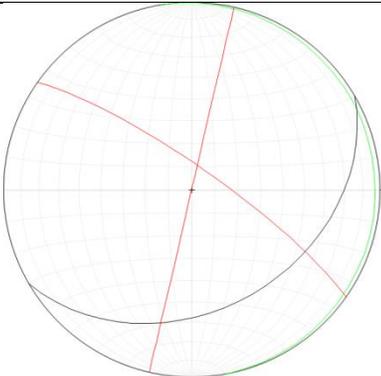
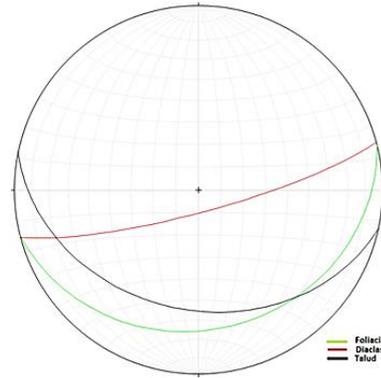
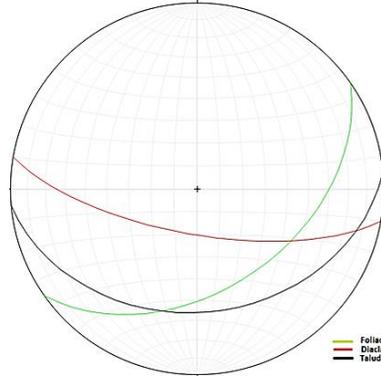
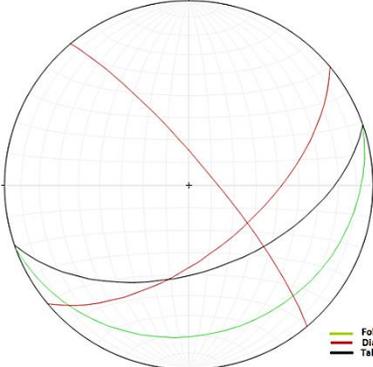
29	Discontinuidad Foliación Diaclasa ₁ Talud	Orientación N35E30N N80E67N N20W40N	 $\alpha=25,8^\circ$	Posible Falla en Cuña entre F y D ₁
30	Discontinuidad Foliación Diaclasa ₁ Talud	Orientación N80E35S N15W87N N80E60S	 $\alpha=34,8^\circ$	Falla Planar por F Cuña entre F y D.
32-33-34	Discontinuidad Foliación ₁ Foliación ₂ Foliación ₃ Diaclasa ₁ Diaclasa ₂ Diaclasa ₃ Diaclasa ₄ Diaclasa ₅ Talud	Orientación N85W18N N45E45N N82W30N N10W87S N80E70N N45W90 N25W87N N80E65S N70W22N		Estable
36	Discontinuidad Foliación Diaclasa ₁ Talud	Orientación N12W12N N43W75S N50E27S		Estable

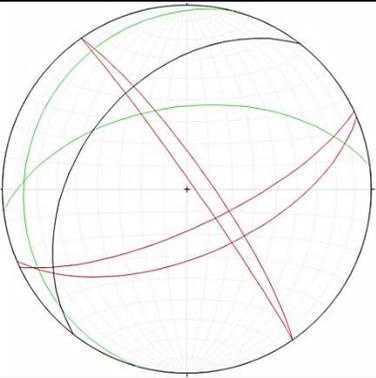
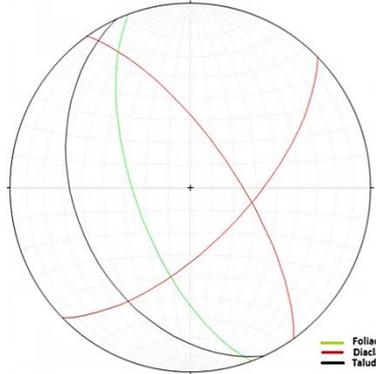
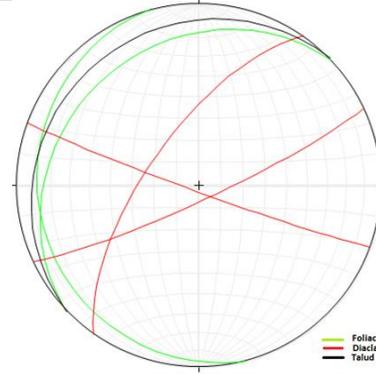
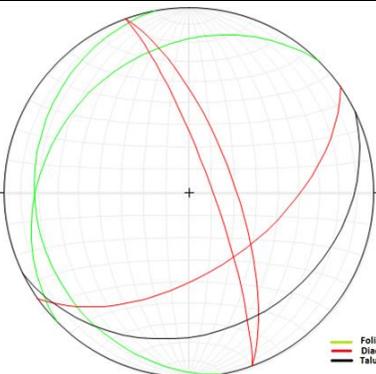
<p>37</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N75E4N N3E64S N51E46S</p> 	<p>Estable</p>
<p>43</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N27W55S N74E80N N15W73N N60W 24N</p> 	<p>Estable</p>
<p>44-45-46</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Foliación₃ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Diaclasa₅ Diaclasa₆ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N30E28N N40E50N N70E46N N43W78S N30E28N N20W90 N56E55S N40W80S N60E45S N30E28N</p> 	<p>Falla Planar con F₁.</p>
<p>47-48-49-50</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Foliación₃ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Diaclasa₅ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N10E45S N30E30N N45W10N N70W75N N50E80S N15E58N N30W85N N50E46S N54E40S</p> 	<p>Estable</p>

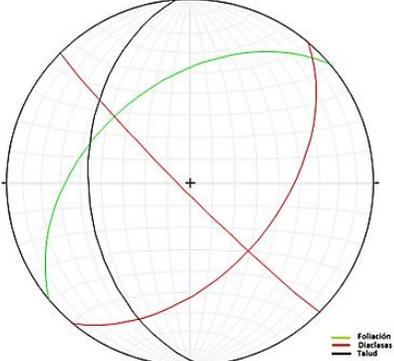
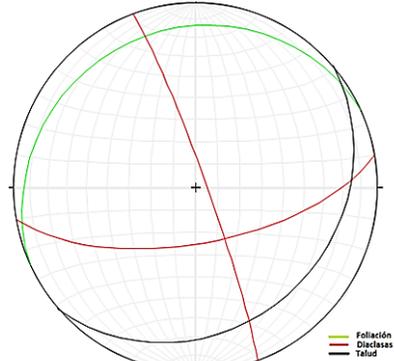
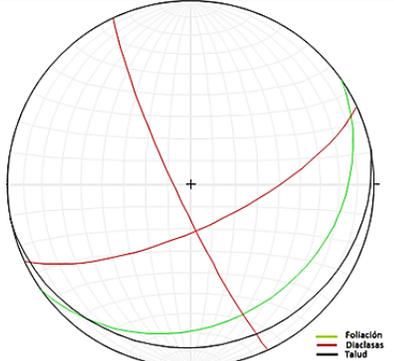
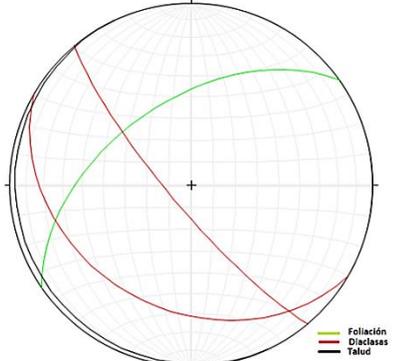
51 -52	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N75E10N N5E80N N80W60S N15W85N N80E50S N54E33S</p>	 <p>Foliación Diaclassas Talud</p>	Estable
54-55- 56-57	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Foliación₃ Foliación₄ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Diaclasa₅ Diaclasa₆ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N85W22N N25W25S N25W15N N90E3N N10E10S N47W77S N5W86S N10E85S N35W78N N64W89S N58W32S</p>	 <p>Foliación Diaclassas Talud</p>	Estable
60-61- 62-63	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Foliación₃ Foliación₄ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Diaclasa₅ Diaclasa₆ Diaclasa₇ Diaclasa₈ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N63E35N N75E45S N47E10S N45E5S N5W90 N5E85N N55W87N N70E87S N35W70N N53E73S N30W75N N55E75S N40E32S</p>		Falla Planar con F ₃
64 -65	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N80W11S N78E20S N4W75S N75E65N N6W73S N86E90 N65E45N</p>		Estable

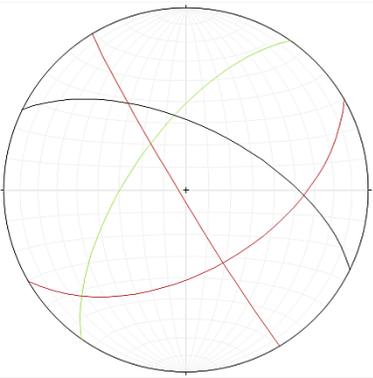
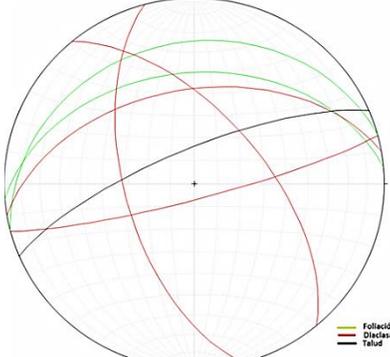
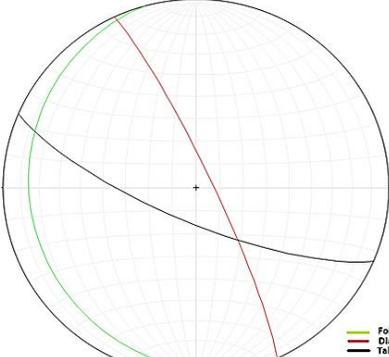
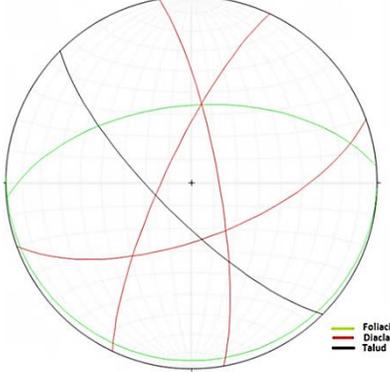
<p>66</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p> <p>Orientación N75W15S N60E70S N85E90 N69E16N</p>	 <p style="text-align: right;"> — Foliación — Diaclasa — Talud </p>	<p>Falla por volcamiento por D₁.</p>
<p>68-69-70</p>	<p>Discontinuidad Foliación₁ Foliación₂ Foliación₃ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Talud</p> <p>Orientación N72E20S N71E25S N70E40S N70W53S N40E88S N35W85S N25E80S N30W46S</p>	 <p style="text-align: right;"> $\alpha_1=23,3^\circ$ $\alpha_2=33,4^\circ$ </p>	<p>Posible falla en Cuña entre F₃ y D₂, F₃ y D₄.</p>
<p>71-72</p>	<p>Discontinuidad Foliación₁ Foliación₂ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Talud</p> <p>Orientación N25W30N N30E25N N70W75N N65E70S N35W87S N25E35N</p>	 <p style="text-align: right;"> $\alpha_1=23,1^\circ$ $\alpha_2=13,4^\circ$ $\alpha_3=25^\circ$ </p> <p style="text-align: right;"> — Foliación — Diaclasa — Talud </p>	<p>Posible falla en Cuña entre F₂ y D₃, F₁ y F₂, F₂ y D₁</p>
<p>73</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p> <p>Orientación N20E55S N50E85N N30W90 N40E37N</p>	 <p style="text-align: right;"> — Foliación — Diaclasa — Talud </p>	<p>Estable</p>

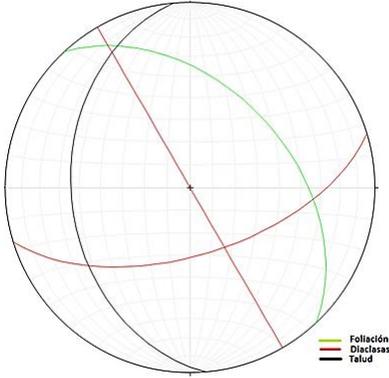
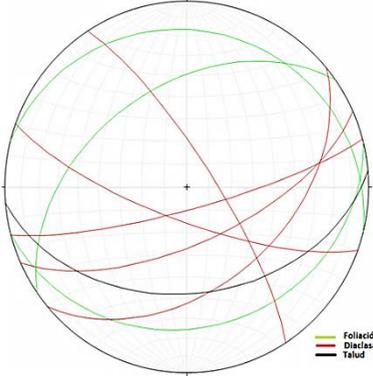
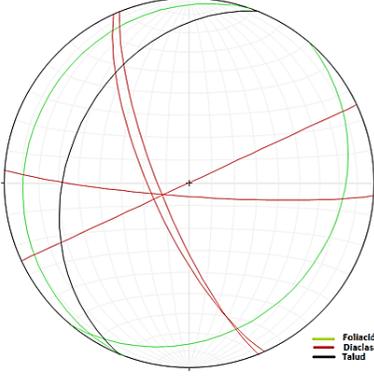
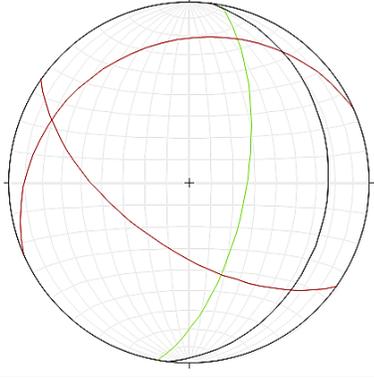
76	Discontinuidad Foliación Diaclasa Talud	Orientación N70E7N N25W80S N8E32N		Estable
77	Discontinuidad Foliación Diaclasa ₁ Diaclasa ₂ Diaclasa ₃ Talud I	Orientación N50W22N N40W89S N30E87S N55W67N N49E43N	 $\alpha=30,4^\circ$	Posible falla en Cuña entre D ₁ y D ₃
80	Discontinuidad Foliación Diaclasa ₁ Diaclasa ₂ Talud túnel	Orientación N73E50S N15E55S N45W89N N60E36S		Estable
81	Discontinuidad Foliación Diaclasa 1 Diaclasa 2 Talud	Orientación N25W15N N65E70S N35W87S N60E36S		Estable

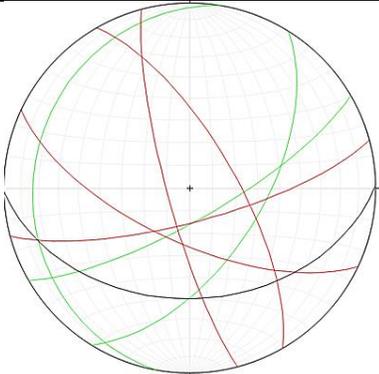
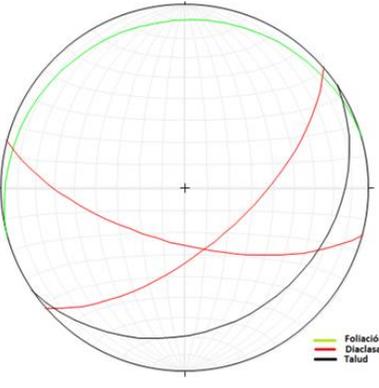
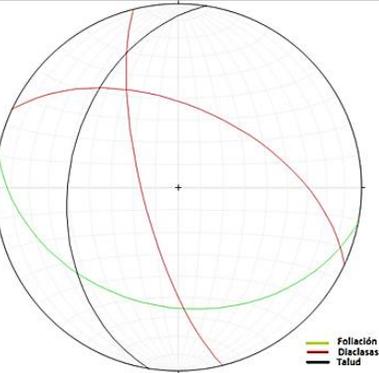
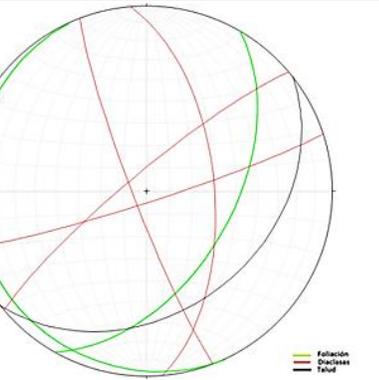
<p>83</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p> <p>Orientación N10W3N N55W80N N13E90 N60E36S</p>		<p>Estable</p>
<p>85</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa Talud</p> <p>Orientación N76E25S N75E80S N78W53S</p>	 <p style="text-align: right; font-size: small;"> — Foliación — Diaclasa — Talud </p>	<p>Estable</p>
<p>86</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa Talud</p> <p>Orientación N55E45W N80W70S N85E34S</p>	 <p style="text-align: right; font-size: small;"> — Foliación — Diaclasa — Talud </p>	<p>Estable</p>
<p>87</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p> <p>Orientación N70E20S N40W80N N50E60S N71E51S</p>	 <p style="text-align: right; font-size: small;"> — Foliación — Diaclasa — Talud </p>	<p>$\alpha=18,5^\circ$</p> <p>Falla Planar por F. Cuña entre F y D₁</p>

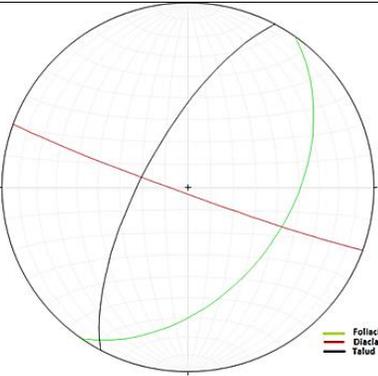
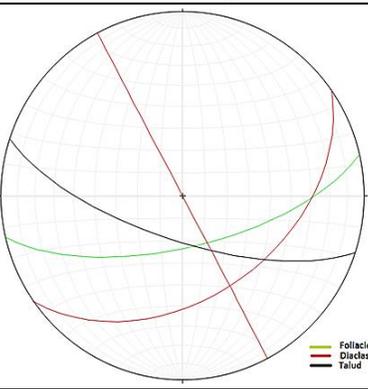
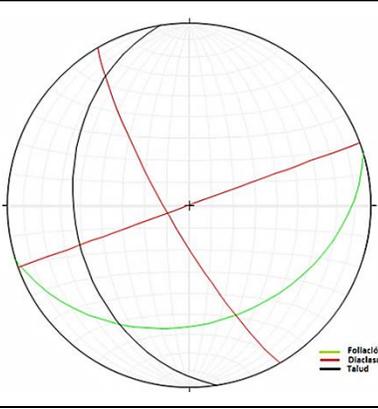
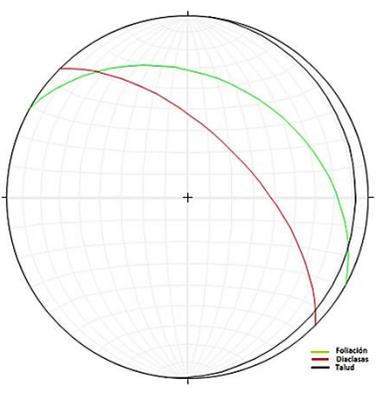
<p>89-90</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N70E20S N15E13N N35W80N N67E60S N35W87N N65E73S N38E40N</p> 	<p>Estable</p>
<p>94</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N20W28S N45E65S N35W70N N25W18S</p>  <p style="text-align: right;"> — Foliación — Diaclases — Talud </p>	<p>Estable</p>
<p>93-96</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N15W13S N47E23N N70W87S N65E83S N35E67N N46E14N</p>  <p style="text-align: right;"> — Foliación — Diaclases — Talud </p>	<p>Estable</p>
<p>97-98</p>	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N45E25N N10W18S N20W70N N55E55S N20W80N N64E25S</p>  <p style="text-align: right;"> — Foliación — Diaclases — Talud </p>	<p>Estable</p>

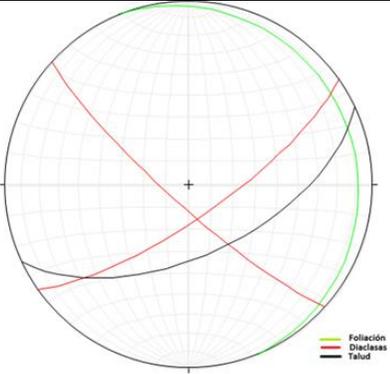
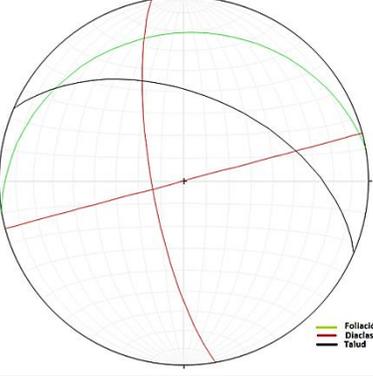
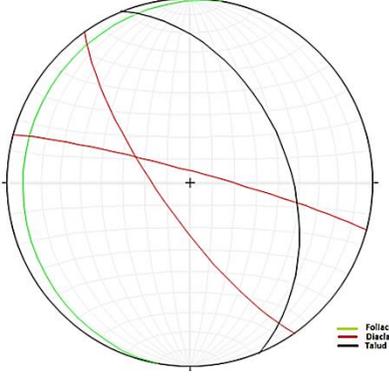
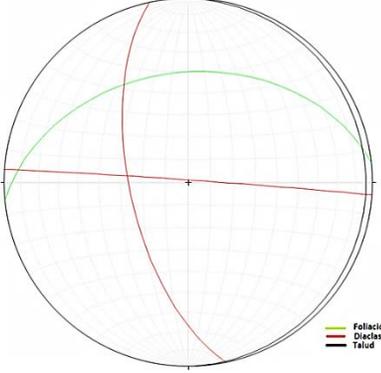
<p>100</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p> <p>Orientación N50E45N N45W86S N40E50S N4W44S</p>	 <p>Legend: Foliación (green) Diaclasa (red) Talud (black)</p>	<p>Estable</p>
<p>101</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p> <p>Orientación N65E15N N80E65S N20W85N N49E24S</p>	 <p>Legend: Foliación (green) Diaclasa (red) Talud (black)</p>	<p>Estable</p>
<p>102</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p> <p>Orientación N55E25S N25W83S N65E70S N79E12S</p>	 <p>Legend: Foliación (green) Diaclasa (red) Talud (black)</p>	<p>Estable</p>
<p>103</p>	<p>Discontinuidad Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p> <p>Orientación N55E52N N40W80S N60W32S N25W4S</p>	 <p>Legend: Foliación (green) Diaclasa (red) Talud (black)</p>	<p>Estable</p>

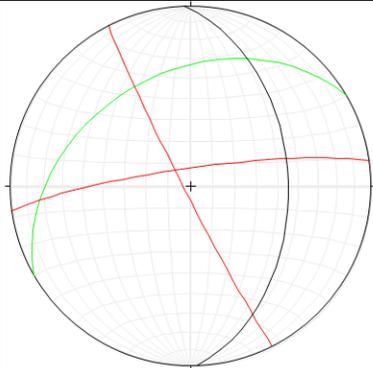
104	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N35E65N N60E53S N31W87S N64W67N</p> 	Estable
105 - 106	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N85E40N N75E25N N40W60N N75E83S N80E48N N15W60S N67E75N</p>  <p> $\alpha_1=47,6^\circ$ $\alpha_2=44,1^\circ$ $\alpha_3=39,8^\circ$ $\alpha_4=34,9^\circ$ </p> <p> Foliación Diaclasses Talud </p>	<p>Falla Planar por F₂. Posible falla en Cuña entre D₃ y D₁, D₃ y D₄, F₁ y D₁, F₁ y D₄ Falla por volcamiento por D₂.</p>
107	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N15W15S N25W83N N67W75S</p>  <p> Foliación Diaclasses Talud </p>	Estable
110 - 111	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación₁ Foliación₂ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N85E56N N88W5S N10W78N N70E65S N25E78N N45W75S</p>  <p> $\alpha=48,1^\circ$ </p> <p> Foliación Diaclasses Talud </p>	Posible falla en Cuña entre D ₂ y D ₃

113	<p>Discontinuidad</p> <p>Filiación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N43W45N N30W90 N73E60S N5W36S</p>	 <p>Estable</p>
114 - 115	<p>Discontinuidad</p> <p>Filiación₁ Filiación₂ Filiación₃ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Diaclasa₅ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N76E25S N76W17N N55E45N N75E80S N66E65S N70W75S N50E45S N33W78N N85E42S</p>	 <p>$\alpha_1=22,8^\circ$ $\alpha_2=18,4^\circ$</p> <p>Falla Planar con F₁. Cuña entre F₁ y D₅, F₁ y D₄</p>
116 - 117	<p>Discontinuidad</p> <p>Filiación₁ Filiación₂ Diaclasa₁ Diaclasa₂ Diaclasa₃ Diaclasa₄ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N40E21S N20E12N N22W77S N86W84S N24W73S N65E90 N22E34N</p>	 <p>Falla Planar con F₂.</p>
118	<p>Discontinuidad</p> <p>Filiación Diaclasa 1 Diaclasa 2 Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N10E64S N55W60S N66E23N N7E24S</p>	 <p>Estable</p>

120 y 121	Discontinuidad Filiación1 Filiación2 Filiación3 Diaclasa1 Diaclasa2 Diaclasa3 Diaclasa4 Talud	Orientación N10E17N N60E76S N32E58S N15W80S N75E75S N30W70N N65W66S N89E40S		Estable
122	Discontinuidad Filiación Diaclasa ₁ Diaclasa ₂ Talud	Orientación N74E10N N75W65S N49E63S N56E24S		Estable
123	Discontinuidad Filiación Diaclasa ₁ Diaclasa ₂ Talud	Orientación N79W35S N65W54N N14W74S N10E22N		Estable
124 - 125	Discontinuidad Filiación ₁ Filiación ₂ Diaclasa ₁ Diaclasa ₂ Diaclasa ₃ Diaclasa ₄ Talud	Orientación N30E52S N25W8S N21W84S N50E82N N72E85S N5W60N N52E35S		$\alpha=22,1^\circ$ Posible falla en Cuña entre D ₁ y D ₄ . Falla por volcamiento por D ₂ .

<p>126</p>	<p>Discontinuidad Filiación Diaclasa Talud</p> <p>Orientación N35E45S N70W87S N28E70N</p>		<p>Falla por volcamiento por F.</p>
<p>128</p>	<p>Discontinuidad Filiación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p> <p>Orientación N77E67S N28W90 N55E44S N72W70S</p>	 <p>$\alpha=43,8^\circ$</p>	<p>Posible falla en Cuña entre D₁ y D₂</p>
<p>131</p>	<p>Discontinuidad Filiación Diaclasa 1 Diaclasa 2 Talud</p> <p>Orientación N73E35S N30W80S N70E90 N9W37S</p>		<p>Estable</p>
<p>132</p>	<p>Discontinuidad Filiación Diaclasa Talud</p> <p>Orientación N61W34N N45W81N N7E8S</p>		<p>Estable</p>

134	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N22W9N N48W81S N55E75S N65E58S</p> 	Estable
138	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N80E21N N75E90 N10W76S N67W51N</p>  <p>$\alpha=20,9^\circ$</p>	En cuña entre F y D ₂
139	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N10E10N N75W85N N35W76S N22W45N</p> 	Estable
140	<p>Discontinuidad</p> <p>Foliación Diaclasa₁ Diaclasa₂ Talud</p>	<p>Orientación</p> <p>N84E40N N12W64S N86W89N N2W4N</p> 	Estable

141	Discontinuidad Foliación Diaclasa ₁ Diaclasa ₂ Talud	Orientación N60E37N N27W87S N82E82N N2W45N		Estable
-----	---	---	--	---------

El análisis cinemático está enteramente ligado a la disposición espacial de los planos de discontinuidad (foliaciones y familias de diaclasas) respecto al plano del talud natural, es por esto que dependiendo de su disposición el talud puede generar a futuro procesos asociados a fallas cinemáticas y movimientos en masa. De acuerdo a los resultados ofrecidos por las proyecciones hemisféricas se tiene que 53% de los taludes en estudio son estables, solo el 30% representa probables fallas en cuña donde la intersección de uno o varios planos de diaclasado con la foliación o con otras familias de diaclasas generan una cuña que puede inducir un movimiento desfavorable de la roca aflorante en el talud (ver gráfico 8).

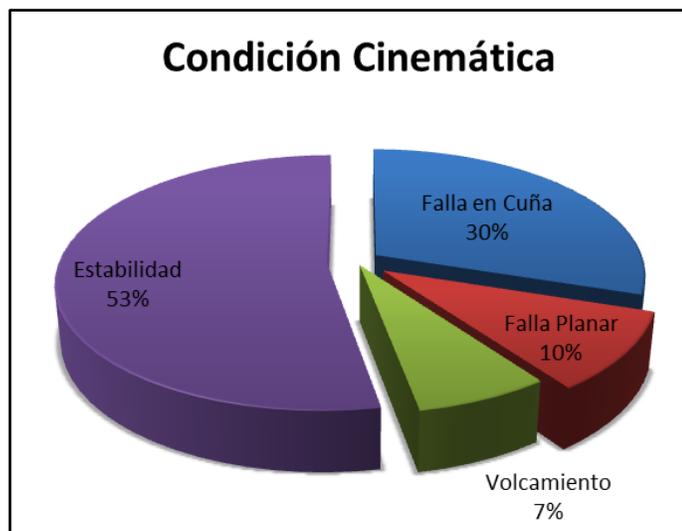


Grafico 8. Disposición porcentual de la condición cinemática de los taludes analizados en el área de estudio.

4.2.2.1 Evaluación de laderas respecto a los taludes del proyecto Circunvalación Sur

De acuerdo a los datos recolectados en campo reflejados en la tabla 233 se generaron las rosetas respecto a la foliación (figura 85a) la cual tiene una dirección preferencial N79E30N y a las familias de diaclasa (figura 85b) con dirección preferencial N65E80S y N25W80S.

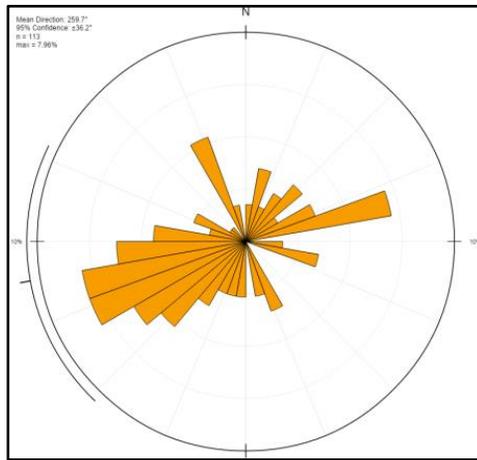


Figura 85a. Roseta de las foliaciones

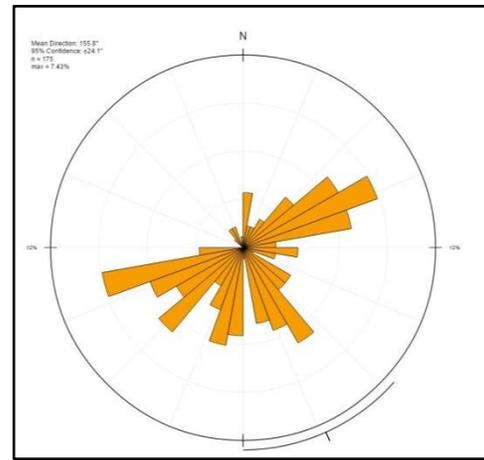


Figura 85b. Roseta de los planos de diaclasa

Haciendo uso de estos datos y tomando en cuenta las direcciones aproximadas de los taludes de la progresiva 0+000 a la 3+000 N33E45S y 3+000 a la 9+000 N88W45S a realizarse en el proyecto Circunvalación Sur se generaron dos (2) taludómetros los cuales se muestran en las figuras 86a y 86b.

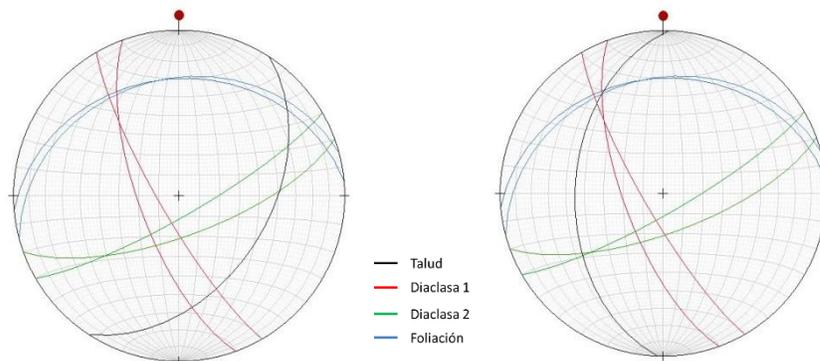


Figura 86a. Taludómetro generado para las progresivas del 0+000 al 3+000

Figura 86b. Taludómetro generado para las progresivas del 3+000 al 9+000

Las proyecciones en estos taludómetros muestran la probabilidad de encontrar algún tipo de falla mientras se realiza el corte de los taludes, se puede observar que para el taludómetro 85c el talud será estable con posibles pero no probables fallas en cuña de la foliación respecto a las Diaclasa₂; mientras que para el taludómetro 85c las condiciones cinéticas se ven favorables aunque sigue persistiendo la probabilidad de fallas en cuña de la foliación respecto a las diaclasas₁.

Para efectos del proyecto Circunvalación Sur y apoyándose de las proyecciones hemisféricas (tabla 233) y las figuras 85a, 85b, 85c, 85d se pueden sugerir de forma general taludes 1:1 (taludes con 45° de buzamiento) en el 60% de los taludes artificiales que se generaran. Haciendo un estudio detallado y por progresivas de la proyección de la obra se sugieren taludes de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 233a. Muestra la progresiva de la obra con el talud sugerido. Se observa que el 70% deberían ser taludes 1:1

Progresiva	Talud Sugerido
0+000 a 1+000	1:1
1+000 a 2+000	1:1
2+000 a 3+000	1:0,75
3+000 a 4+000	1:1
4+000 a 5+000	1:0,75
5+000 a 6+000	1:0,5
6+000 a 7+000	1:1
7+000 a 8+000	1:1
8+000 a 9+000	1:1

4.2.3 Perforaciones y Calicatas

4.2.3.1 Perforaciones

Las perforaciones se realizan mediante SPT (prueba de penetración estándar) cuando se trata de suelo y cuando supera los 80 golpes se pasa a rotación que por lo general es roca. El SPT determina la resistencia que ofrece el terreno a la penetración de un muestreado circular de acero, que permite recuperar una muestra perturbada para fines de identificación y ensayos.

El fundamento del ensayo consiste en dejar caer un martillo de 63.5 kg sobre una cabeza de hincadora, desde una altura de 76 cm. El número de golpes necesario para lograr la penetración de 30 cm del muestreador (luego de su descenso por gravedad e hincadora de 15 cm para apoyo) se reporta como resistencia a la penetración NSTP.

El izado del martillo típicamente se realiza mediante un mecate de yute con dos vueltas alrededor del tambor del malacate, con una tasa máxima de aplicación de 30 golpes por minuto, es decir, un golpe cada 2seg.

El extremo superior del saca muestra (cuchara partida) que sirve de acople a barras, debe tener una válvula sin retorno, con agujeros de alivio para expulsar aire o agua que pueda entrar al sistema. La válvula debe proporcionar un sello o barrera para que el agua no afecte a la muestra durante el alzado del muestreador.

Conocido esto podemos señalar que en el área de estudio se realizaron 15 perforaciones, su ubicación se muestra en la figura 89, y la tabla 235 muestra un resumen de las principales características que presentan, las mismas están sectorizadas de acuerdo a las diferentes obras civiles que se pretenden realizar en el área de estudio. En general se perforaron 399,55m de los cuales 179,5m se realizaron por SPT y los otros 220,05m por rotación.

P-1, P-2, P-3 y P-4, se encuentran en el mismo sector, por tal razón presenta características muy similares, ver tabla 235. Casi en su totalidad se realizan mediante SPT, de donde P-1(11m), P-2(12,95m) y P-3(6,90m) en los primeros metros corresponden a zona de relleno de no más de 8,3m, pasando luego a un suelo residual. Por su parte P-4 (3,95) con menos profundidad, los primeros metros presenta suelo residual, donde a los 2 metros se comienza a rotar por la presencia de roca descompuesta blanda correspondiente a una filita cuarzo-micácea-grafitosa.

De acuerdo a estas perforaciones se realizaron dos perfiles geotécnicos uno integrado por P-4, P-3, P-1 y el otro por P-4, P-3 y P-2 los perfiles se diferencian por la tercera perforación; sin embargo, el modelo geotécnico identificado es similar.

En el perfil 1 que se muestra en la figura 87, hacia P-4 se encuentra un suelo residual en los primeros 2m de profundidad, clasificándose el material como una arena arcillosa con grava al tope ésta de compactación media, hacia los tres metros de profundidad se identifica una roca descompuesta blanda clasificada como una filita cuarzo - micácea - grafitosa de color gris claro, al desplazarnos lateralmente al oeste hacia la perforación P-3 se observa un cambio lateral pues en esta perforación se identifican 5 m de un cuerpo de relleno clasificado como una arena arcillosa limosa con variabilidad en el porcentaje de grava de compactación media a suelta, infrayacente se identifican 2m de suelo residual clasificados como arcilla de baja plasticidad arenosa de consistencia rígida. Hacia el sur se tiene la perforación P-1 en la cual se identifica un cuerpo de relleno de 9m de espesor clasificado como una arena arcillosa limosa con variabilidad en el porcentaje de grava, esta de compactación suelta a media, entre los 9 y 11 m de profundidad se identifica una capa de suelo residual clasificado como una arcilla de baja plasticidad arenosa de consistencia rígida, este horizonte se corresponde con el suelo residual identificado en la perforación P-3, la tabla de clasificación se encuentra en el apéndice 4.

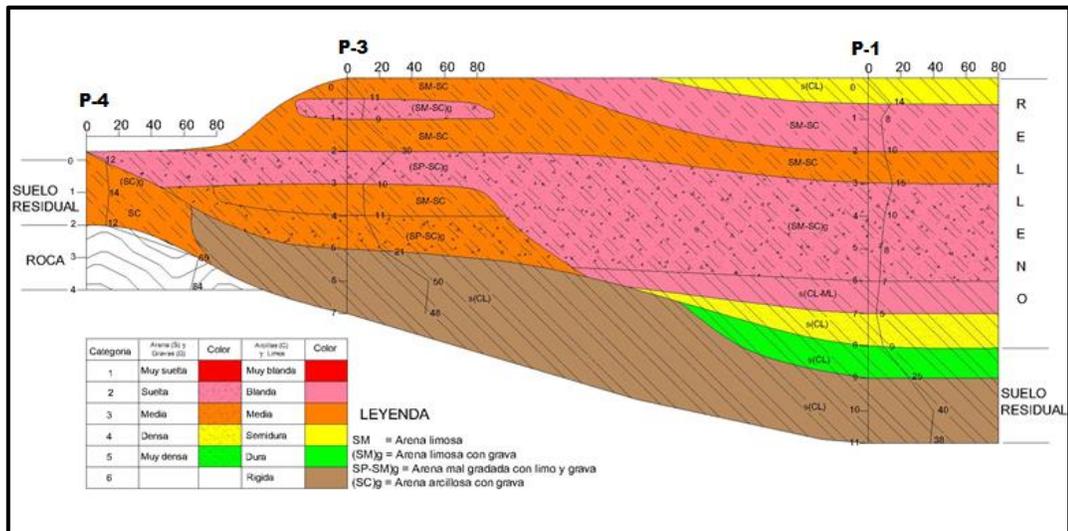


Figura 87: perfil geotécnico 1, se observa la predominancia de arena arcillosa limosa con variación en el contenido de grava.

El perfil 2 correspondiente a la figura 88 muestra hacia P-4 y P-3 las mismas características del perfil 1, por su parte hacia P-2 se identifica un cuerpo de relleno de 7 m de profundidad el cual se corresponde lateralmente con los antes descritos al clasificarse como una arena arcillosa limosa con variabilidad en el porcentaje de grava de compacidad media a suelta y algunos horizontes de arcilla de baja plasticidad arenosa, a partir de los 8 m de profundidad se identifica un suelo residual clasificado como interdigitación de arenas arcillosas con grava y arcillas de baja plasticidad arenosas, las arcillas son de consistencia dura a rígida y las arenas de compacidad media. El suelo residual identificado presenta una resistencia a la penetración por el ensayo SPT, por lo tanto se estima que la roca se encuentra inmediatamente a este horizonte.

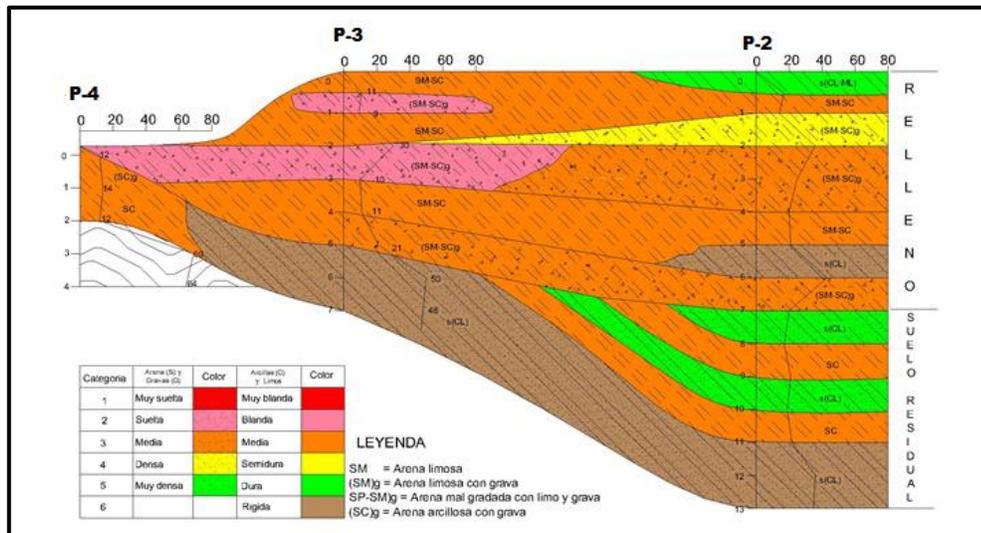


Figura 88. Perfil geotécnico 2, se observa la predominancia del relleno como arena arcillosa limosa y el suelo residual corresponde a interdigitación de arenas arcillosas con grava y arcillas

P-5 (65m) es la única perforación realizada en este sector ver su ubicación en la figura 86, la cual solo tiene 5,5m de SPT y 59,5m mediante rotación debido a la presencia de roca, de acuerdo a esto 0,9m corresponden a relleno, un suelo residual hasta 5,5m donde se convierte en una roca meteorizada blanda (esquisto micáceo-cuarzoso) a los 11m se pasa a una arena de grano medio, donde a los 25m se ubica una brecha de falla hasta los 35m, donde se tiene nuevamente la arena de grano medio hasta los 39,9m donde se cambia a una roca meteorizada blanda fracturada constituida por esquisto cuarzo-micáceo hasta los 52m, donde la roca es más resistente y de composición esquisto micáceo-grafitoso, para finalizar con una interdigitación de esquisto cuarzo-micáceo-grafitoso y filita grafítica. Para mayor detalle de la perforación ver apéndice 4.

P-6, P-7 y P-8 se encuentran en el mismo sector por tal razón presentan características similares, las mismas se hacen tanto por SPT y rotación. P-6 (60m) y P-7 (60m) presentan un mismo perfil de secuencia de materiales, ambas comienzan con la presencia de un suelo residual que luego pasa a roca descompuesta blanda

(esquisto cuarzo-micáceo), en el caso de P6 hasta los 15,9m donde aparece una brecha de falla hasta los 21m, donde nuevamente se tiene el esquisto cuarzo-micáceo pero en este caso como roca muy meteorizada blanda fracturada, a los 38m se encuentra un gneis esquistoso cuarzo micáceo-grafitoso hasta los 45m, y finalmente se tiene el esquisto cuarzo-micáceo hasta los 60m, por su parte P-7 presenta la brecha de falla a los 35,9m hasta los 41m pasando en este caso a un esquisto grafitoso-micáceo que a los 43,9m se convierte en roca ligeramente meteorizada blanda fracturada. P-8 (26m) es de menor profundidad y presenta un perfil de composición diferente con un relleno los primeros 0,5m, luego hasta los 5,4m un suelo residual que pasa a los 6,7m a una roca descompuesta blanda fracturada (filita grafitosa) que a los 16,3 se hace más competente como roca muy meteorizada blanda muy fragmentada y finaliza con un esquisto micáceo-grafitoso.

P-9, P-10, P-11, P-12, P-13, P-14 y P-15 están localizadas en el mismo sector, P-9 (20m) y P-10 (24m) presenta un perfil de composición igual ver tabla 235 y para mayor detalle apéndice 4, constituido por relleno de no más de 2 m, suelo residual de no más de 7m y roca que en P-9 se trata de filita micácea -grafitosa y en P-10 un gneis esquistoso cuarzoso que a los 12,3m pasa a la filita micácea-grafitosa. P11 (22m), P-12 (27,7m), P-13 (27,65m), P-14 (21,75m) y P-15 (19,05) presentan un comportamiento muy similar con algunas excepciones, todas presentan un relleno de no más de 2m, seguido de sedimentos aluvial/coluvial, P-12, P-13 y P-15 finalizan con la aparición de suelo residual, mientras que P-14 a las 21m tiene la presencia de roca descompuesta blanda.

Es importante destacar que en ninguna perforación se encontró nivel freático, y que para mayor detalle de las descripciones de cada perforación se recomienda ver apéndice 4, donde se encuentran las planillas de perforación y los resultados de los ensayos realizados a cada una de ellas.

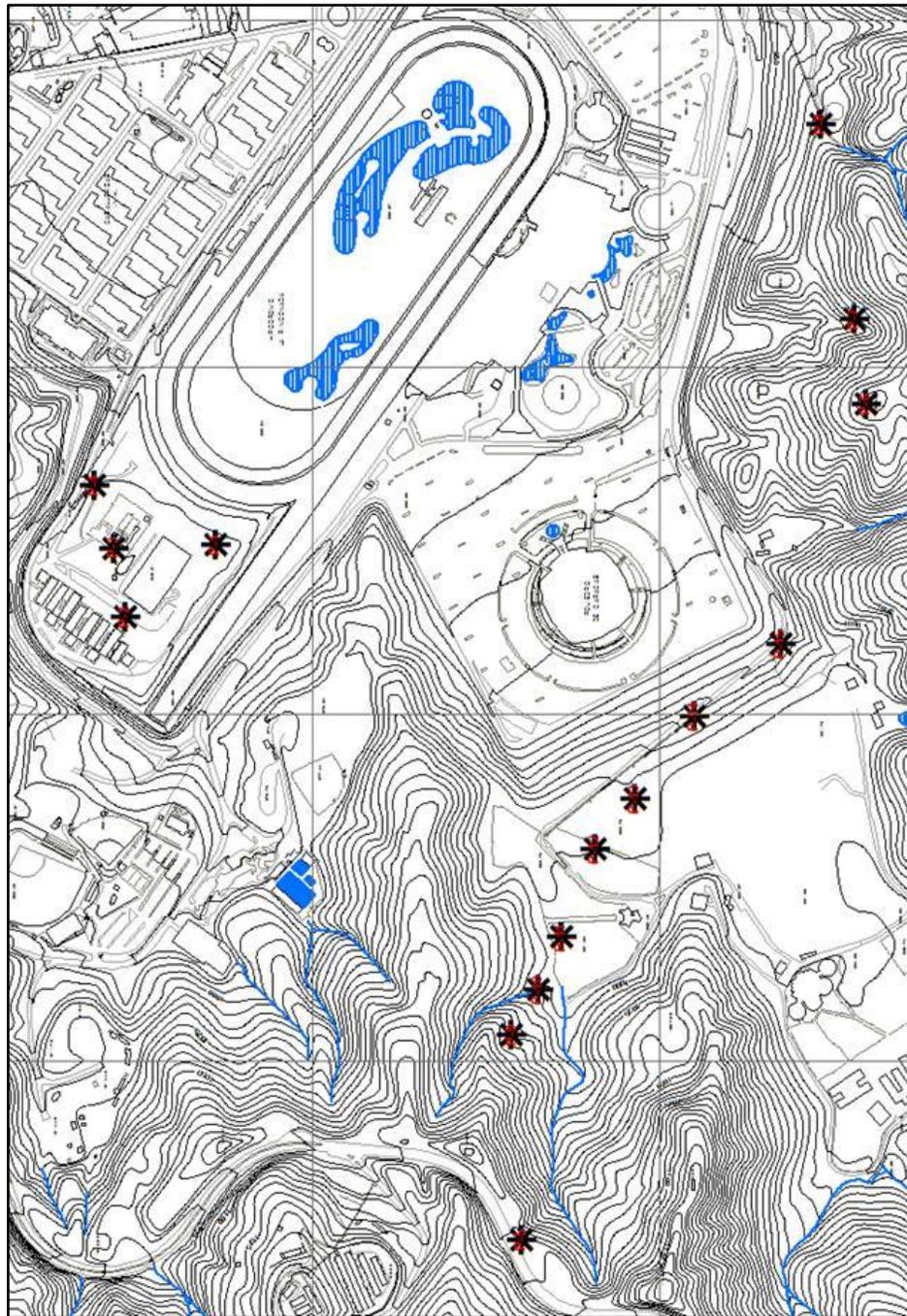


Figura 89. Ubicación de los puntos en los cuales se realizaron perforaciones en el área de estudio.

Tabla 234. Ubicación, profundidad y resumen descriptivo de perforaciones realizadas en el área de estudio.

Perforación	Ubicación	Profundidad	Descripción
1	Sur-este del área de estudio, en el sector la Rinconada ver figura 89.	10,95m	0,0m-8,2m : relleno, formado por una matriz arenosa con presencia de materia orgánica y fragmentos de roca que van desde <1cm hasta 3cm.
			8,2m-10,95m : suelo residual, constituido por matriz arcillosa y fragmentos de roca <0,5cm, se identifican vestigios de una roca filítica cuarzo-micácea-feldespática.
12,95m		0,0m-7,5m : relleno, formado por matriz arenosa y fragmentos de roca que van desde <0,5 hasta 4cm.	
		0,75m-12,95m : suelo residual, se encuentran fragmentos de roca <0,5cm y materia orgánica, así mismo se tienen vestigios de una roca filítica cuarzo-micácea-feldespática-grafítica	
3		6,9m	0,0m-5,2m : relleno constituido por una matriz arenosa y fragmentos de roca que van desde <0,5 hasta 6cm.
	5,2m-6,9m : suelo residual, presenta fragmentos de roca hasta de 3 cm, se tienen vestigios de una roca filítica cuarzo-micácea-feldespática-grafítica.		
4	3,95m	0,0m-2,0m : suelo residual, constituido por arena de grano fino y fragmentos de roca <2cm y cuarzo <3cm. Se tienen vestigios de una roca filítica cuarzo-micácea-feldespática-grafítica.	
		2,0m-3,95m : roca, filita cuarzo-grafítica-micácea.	
5	Carretera panamericana ver figura 89.	65m	0,0m-0,9m : relleno, con matriz arenosa y fragmentos de esquistos entre 0,5-3cm.
			0,9m-5,4m : suelo residual, Esquisto micáceo algo grafítico, descompone a una arena limosa con grava.
			5,4cm-11,0m : Roca muy meteorizada blanda muy fracturada, constituida por Esquisto micáceo -cuarzoso algo grafítico
			11,0m-25,0m : Roca muy meteorizada blanda muy fracturada, se tiene una interdigitación entre esquisto micáceo-cuarzoso y esquisto micáceo-sercítico el

5	Carretera panamericana ver figura 89.	65m	segundo en menor proporción, se tienen vetas de cuarzo de hasta 7cm hacia la base, así mismo se tienen ciertos intervalos de no más de 4m de arena y fragmentos de roca.
			25,0m-35,0m: Brecha de falla, se identifica un material compuesto por fragmentos de roca y matriz arcillosa, los fragmentos de roca son angulares y corresponden a un esquistos micáceo cuarzosos, la matriz arcillosa se encuentra en ciertas secciones en masas sin textura definida.
			35,0m-52,0m: Roca muy meteorizada blanda muy fracturada, constituida en general por esquistos sercítico con vetas de calcita, esquistos micáceo-cuarzosos con vetas de cuarzo, esquistos cuarzo-micáceo con lentes de mármol y esquistos micáceo-grafíticos hacia la base del intervalo.
			52,0m-65,0m: Roca ligeramente meteorizada blanda, Interdigitación de esquistos cuarzo micáceo grafíticos y filitas grafíticas
6	Al sur este del área de estudio. En el sector de la Rinconada ver figura 89.	60m	0,0m-3,0m: Suelo residual, formado por arena y fragmentos de roca <1cm y fragmentos de cuarzo de hasta 5cm.
			3,0m-38,0m: Roca descompuesta blanda constituida por esquistos cuarzo-micáceo. Fragmentos de roca de hasta 3 cm y cuarzo < 1 cm (fragmentos de vetas). Presenta una textura filítica. Descompone a una arena de grano fino. Entre los 19,1 - 21 se tiene una brecha de falla, Brecha de falla, se identifican fragmentos angulosos de roca esquistosa de hasta 4 cm estos inmersos en una matriz arcillosa limosa con algo de micas.
			38,0m-45,0m: Roca muy meteorizada blanda fracturada, constituida por Gneis esquistoso cuarzo -micáceo -grafítico, la foliación (bandeamiento) es subvertical, así mismo se identifican vetas de cuarzo de hasta 6 cm de espesor.

			45,0m-60,0m: Roca muy meteorizada blanda fracturada, constituida por Esquisto cuarzo- micáceo -grafitoso, vetas de cuarzo de hasta 14 cm.
7	Al sur este del área de estudió. En el sector de la Rinconada ver figura 89.	60m	0,0m-13,7m: suelo residual, constituido principalmente por grava y fragmentos de roca entre <1cm y <3cm.
			13,7m-21,0m: Roca descompuesta (esquisto cuarzo -micáceo) , descompone a una arena limosa arcillosa, con fragmentos que van desde 2 cm hasta 6 cm.
			21,0m-41,0m: Roca muy meteorizada blanda fracturada, Esquisto cuarzo micáceo, muy fracturado y meteorizado. fragmentos que van desde 3 cm hasta 9 cm. Entre los 35,9m y 41m se tiene Brecha de falla compuesta por una matriz de arena micácea de grano fino.
			41,0m-43,8m: Roca meteorizada blanda fracturada, constituida por Esquisto grafitoso -micáceo muy fracturado, con fragmentos de roca desde 1 cm hasta 3 cm.
			43,8m-60m: Roca ligeramente meteorizada blanda muy fracturada, constituida por Esquisto cuarzo grafitoso, muy fracturado, fragmentos de roca desde 1 cm hasta 7 cm y cristales de pirita.
8	Al sur este del área de estudio. En el sector de la Rinconada ver figura 89.	26m	0,0m-0,5m: relleno
			0,5m-5,5m: suelo aluvial-coluvial, arena con fragmentos de roca y cantos entre 1-4cm.
			5,5m-6,7m: suelo residual, Vestigios de una roca metamórfica foliada.
			6,7m-16,5m: Roca descompuesta blanda, constituida por Filita grafitosa -sericítico. Descompone a una arena arcillosa.
			16,5m-26m: Roca muy meteorizada blanda muy fracturada constituida por Esquisto micáceo grafitoso. Evidencia de fracturamiento.

9	Al sur este del área de estudio. En el sector La Rinconada ver figura 89.	20m	0,0m-1,8m: relleno, formado por matriz arenosa y fragmentos de roca entre 0,5 y 2cm.
			1,8m-6,1m: suelo residual, Se identifica una matriz de arena de grano fino a medio, micácea, esta es producto de la descomposición in situ de filitas grafitosas.
			6,1m-10,95m: Roca descompuesta blanda, formada por, Filita micácea grafitosa, se identifica la presencia de sericita. La roca descompone a arena limosa con grava.
			10,95m-20m: Roca muy meteorizada blanda muy fracturada, constituida por Filita micácea grafitosa, se identifican vetas de calcita de hasta 6 cm de espesor, descompone a una arena limosa con grava. Así mismo se tiene Esquisto cuarzo-micáceo algo grafitoso, se identifican vetillas de Qz.
10	Al sur este del área de estudio. En el sector La Rinconada ver figura 89.	24,0m	0,0m-1,95m: relleno, matriz de Arena de grano fino, se identifican fragmentos de roca (esquisto, filita y mármol) de hasta 2 cm.
			1,95m-7,0m: suelo residual, constituido por arena de grano fino a medio, micácea, se identifican vestigios de la roca.
			7,00-24,0m: Roca muy meteorizada blanda muy fracturada, constituida hasta los 12,5m por Gneis esquistoso cuarzoso, con vetillas de cuarzo y calcita, así mismo se identifica un esquisto cuarzo- micáceo de color marrón claro y tonos ocre. En general la roca identificada se encuentra muy fracturada, pasando a una Filita micácea grafitosa con vetas de cuarzo y esquisto micáceo-grafitoso.
11	Al sur este del área de estudio. En el sector La Rinconada ver figura 89.	21,7m	0,0m-1,3m: relleno conformado por arena de grano fino, se identifican fragmentos de roca entre 0,5 y 1,00 cm.
			1,3m-21,7m: Sedimentos aluvial/coluvial, Se identifican núcleos de roca meteorizada principalmente de esquisto

			cuarzo micáceo algo grafitoso con textura gneisica, estos fragmentos de roca se observan que estuvieron sometidos a procesos de transporte, corresponden a cantos de roca aluvial con tamaños que se presume superan los 30 cm, la matriz es arena limosa.
12	Al sur este del área de estudio. En el sector La Rinconada ver figura 89.	28m	0,0m-1,0m: relleno, Arena de grano fino, se identifican fragmentos de roca < 3cm.
			1,0m-26,0m: Sedimentos aluvial/coluvial, constituido en general por, Matriz de grano fino producto de la descomposición de filita grafitosa y esquisto micáceo, color marrón y tonos anaranjado, los fragmentos identificados se encuentran entre 0,5 y 3 cm.
			26,0m-28,0m: suelo residual, Material de color marrón anaranjado con tonos verde, indicios de la presencia de materia orgánica, fragmentos menores a 0,5 cm.
13	Al sur este del área de estudio. En el sector La Rinconada ver figura 89.	27,65m	0,0m-2,0m: relleno, con matriz arenosa con fragmentos de roca desde 0,3cm hasta 2cm.
			2,0m-27,0m: Sedimentos aluvial/coluvial, constituido por arena y fragmentos de roca (esquisto y filita) que van desde los 0, 2cm y 4cm, así mismo se tiene la presencia de materia orgánica.
			27,0m-27,65m: Suelo residual, Arena de grano medio, color marrón rojizo y tonalidad oscura.
14	Al sur este del área de estudio. En el sector La Rinconada ver figura 89.	21,75m	0,0m-19,0m: Sedimentos aluvial/coluvial, en general constituido por arena y fragmentos de roca (esquistos y filitas) que están entre 0,5cm y 5cm, fragmentos de cuarzo hasta 1cm, raíces y materia orgánica.
			19,0m-21,0m: Suelo residual, Arena de grano fino.
			21,0m-22,0m: Roca descompuesta blanda, Material de color gris claro y tonos marrón rojizo, la roca descompone a una arcilla de baja plasticidad arenosa.

15	Al sur este del área de estudio. En el sector La Rinconada ver figura 89.	19,65m	0,0m-0,9m: relleno, constituido por material producto de la descomposición de filita grafitosa.
			0,9m- 3,55: Sedimentos aluvial/coluvial, formado por material de grano fino, se identifican fragmentos de filita grafitosa menores a 0,5 cm.
			3,55m-6,2m: Suelo residual, Se identifican los vestigios de una roca esquistosa, fragmentos de con tamaños de hasta 1 cm
			6,2m-19,65m: Roca descompuesta blanda, constituida por Esquisto cuarzo micáceo que descompone a una arena arcillosa y Filita grafitosa, descompone a arena arcillosa limosa.

Nota: los datos mostrados en la tabla 235 es el resumen descriptivo del apéndice 4, para mayor detalle ver dicho apéndice.

4.2.3.2 Calicatas

Se realizaron cuatro (4) calicatas (ver figura 90) ubicadas al sur-este de la zona de estudio en el sector de la rinconada, distribuidas en el área donde se pretende construir el Estadio Hugo Chávez, esto con el fin de complementar los trabajos de perforación para así tener una visión del espesor del relleno y la profundidad a la cual se encuentra la roca; así como también, para recolectar muestras para la ejecución de ensayos especiales, tal como proctor modificado y contenido de materia orgánica, los resultados de los ensayos realizados se muestran en el apéndice 3. En la tabla 234 se muestra la ubicación, profundidad y descripción de las calicatas efectuadas.

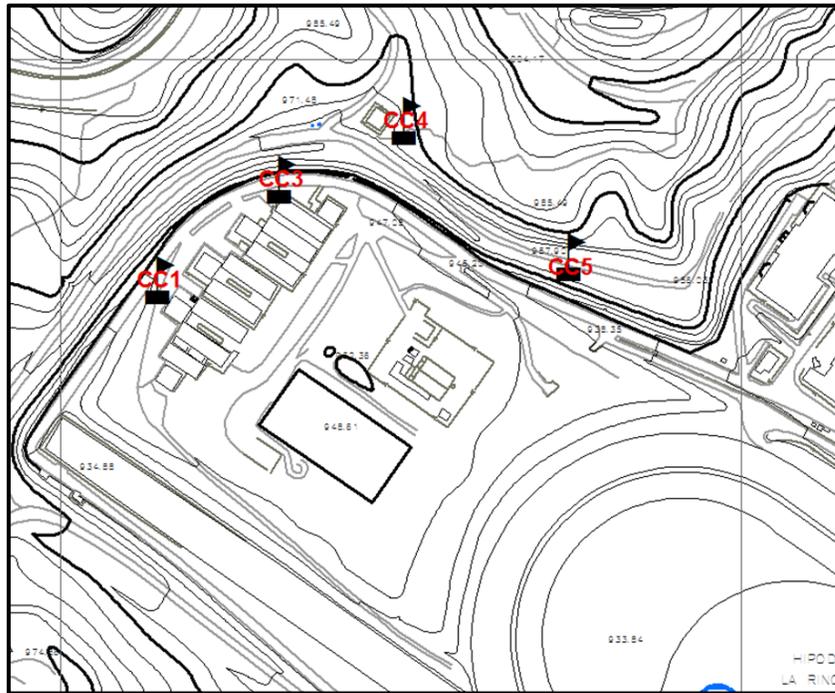
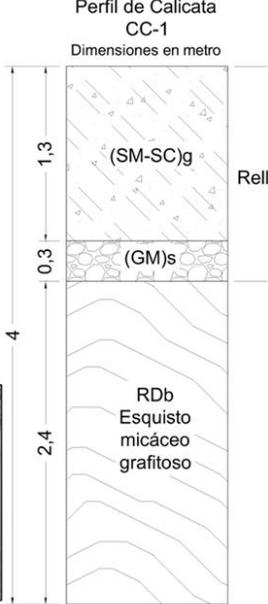
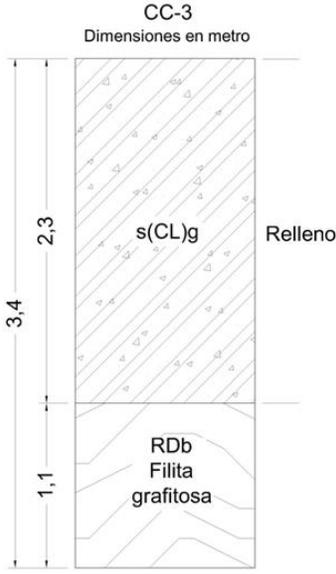
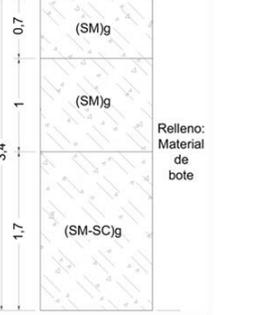


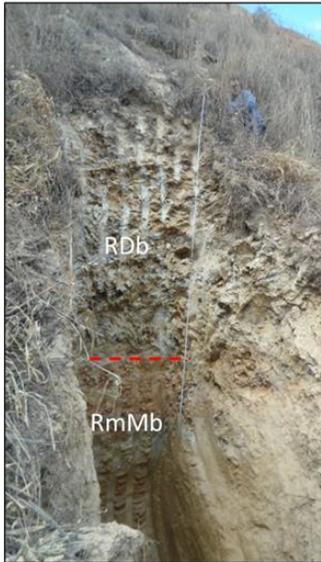
Figura 90. Ubicación de calicatas descritas en la tabla 234

Tabla 235. Ubicación, profundidad y descripción de las calicatas.

Calicata	Ubicación	Profundidad	Descripción
CC1	Al norte de las caballerizas ubicadas al norte del hipódromo ver figura 90.	4,00 m de profundidad.	Se identificaron tres capas
			Capa A: el espesor de esta capa superficial es de 1,30 m, se identifican fragmentos de rocas y raíces, se clasifica como una arena arcillosa limosa con grava "(SM-SC)g", presenta un color marrón rojizo y se definió como un relleno. El material empleado, según la clasificación AASHTO, en general corresponde a un A-4, el cual entra en el grupo de materiales de regular a pobre para ser usado como capa base.
			Capa B: infrayacente a la capa A se identifica otra capa de relleno cuyo espesor es de 30 cm, se observan fragmentos de roca (grava) donde el tamaño aumenta de tope a base, presenta un color gris claro, se clasifica como una grava limosa con arena "(GM)s".
			Capa C: presenta un espesor de 2,4 m, se identifica como roca siendo el contacto con el relleno horizontal. La litología identificada corresponde a un esquisto cuarzo-micáceo-grafitoso cuyo perfil de meteorización se divide en una roca descompuesta blanda "RDb", la cual descompone a arena limosa con grava "(SM)g". Color fresco gris verdoso con tonos marrones y color meteorizado marrón anaranjado. El material empleado, según la clasificación AASHTO, en general corresponde a un A-1-a, el cual entra en el grupo de materiales de

<p>CC1</p>		<p>excelente a buena para ser usado como capa base. Se deben tomar en cuenta los resultados del proctor modificado para alcanzar una compactación de por lo menos el 95% ver apéndice 3, siendo la densidad “γ” seca máxima de 2,014 t/m³ y humedad “ω” optima de 8,2% ver apéndice 3.</p>	
	  <p>Capa de grava</p>  <p>Detalle de la roca</p>	<p>Perfil de Calicata CC-1 Dimensiones en metro</p> 	
<p>CC-3</p>	<p>Se ubica al norte de las caballerizas en la zona de calle ver figura 90.</p>	<p>3,4 m de profundidad</p>	<p>se identificaron dos capas</p> <p>Capa A: se identificó como material de relleno con un espesor de 2,30 m y el mismo se clasificó según los ensayos de laboratorio como arena de baja plasticidad arenosa con grava “s(CL)g” cuyos fragmentos de roca (como serpentinita descompuesta) tienen tamaños entre 1 a 8 cm; así mismo, este relleno clasificó según ASHTO como un material A-7-6, el cual entra en el grupo de materiales de regular a pobre para ser usado como capa base. Según la prueba de campo de penetrómetro de bolsillo se estimó un esfuerzo de compresión sin confinar en el orden de los 4 Kg/cm² ver apéndice 3.</p> <p>Capa B: infrayacente se identifica una roca sumamente descompuesta cuyo plano de contacto con la capa A es N60E15S, el espesor de la capa es de 1,10 m. La litología identificada es una filita grafitosa cuyo perfil de meteorización la clasifica en una roca descompuesta blanda “RDb”, la cual descompone en una arena arcillosa con grava “(SC)g”. De acuerdo a la clasificación ASHTO es un material A-4, el cual se encuentra en el grupo de materiales de regular a pobre para ser usado como capa base. Color fresco gris verdoso con tonos marrones y color meteorizado marrón anaranjado. Se observan vetas de cuarzo de hasta 2 cm de espesor.</p>

<p>CC-3</p>		<p>Perfil de Calicata CC-3 Dimensiones en metro</p> 	
<p>CC-4</p>	<p>Al este de las caballerizas ubicadas al norte del hipódromo ver figura 90.</p>	<p>3,40 m de profundidad</p>	<p>Se identifican 2 capas.</p> <p>Capa A.1: con un espesor aproximado de 70 cm, se clasifica como una arena limosa con grava "(SM)g" domina la coloración marrón ocre. Para la clasificación ASHTO es un material A-2-4, el cual se encuentra en el grupo de materiales de excelente a buena para ser usado como capa base.</p> <p>Capa A.2: presenta aproximadamente 1 m de espesor, se identifican bloques de roca y concreto de hasta 1 m de longitud; así mismo, se observa basura en general (restos de bolsa, cabillas), color gris claro y tonos marrones ocre.</p> <p>Capa B: Se identificó un espesor de 1,7 m, se clasifica como una arena arcillosa limosa "(SM-SC)g" se identifican restos de basura y materia orgánica evidenciado por el olor fétido y la coloración marrón oscuro y tonalidades grises oscuros. De acuerdo a la clasificación ASHTO es un material A-4, el cual se encuentra en el grupo de materiales de regular a pobre para ser usado como capa base.</p> <p>De acuerdo al ensayo de laboratorio se determinó el porcentaje de materia orgánica entre 4,52 y 4,56%.e.</p>
		<p>Perfil de Calicata CC-4 Dimensiones en metro</p> 	

<p>CC-5</p>	<p>Ubicada al este de las caballerizas que se ubican al norte del hipódromo ver figura 90.</p>	<p>6 m de altura</p>	<p>Se encuentra conformado por roca, tal como se observa en la Figura 10, la litología identificada corresponde a un esquistos cuarzo micáceo grafitoso cuyo perfil de meteorización se divide de tope a base en: 3,6 m de una roca descompuesta blanda "RDb" y 2,4 m de una roca muy meteorizada blanda "RmMb", domina la coloración rojiza y el tono gris que corresponde al color fresco en la roca, descomponen en una arena limosa con grava (SM)g. Se aplicó el ensayo de CBR a una muestra recolectada de este material y se obtuvieron valores entre 1,7 y 2,7%, lo cual es muy bajo como material de base. El material empleado, según la clasificación AASHTO, el material de relleno en general corresponde a un A-1-b, el cual entra en el grupo de materiales de excelente a buena para ser usado como capa base. El ensayo de densidad a energía modificada alcanza una densidad "γ" seca máxima de 1,882 t/m³ y humedad "ω" óptima de 9,4% ver apéndice 3.</p> <p>Se realizó un ensayo de corte directo de estos materiales, se obtuvieron los valores de cohesión 0,03 Kg/cm² y ángulo de fricción 25,69 Kg/cm² ver apéndice 3.</p>
<p>CC-5</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">   <div style="margin-left: 20px;"> <p>Perfil de Calicata CC-5 Dimensiones en metro</p>  </div> </div>		

4.3 Mapas Temáticos

4.3.1 Mapa de Topografía Modificada

Para la realización del mapa de topografía modificada se recopilaron las cartas topográficas de 1957 a escala 1:24.000, Hojas VIII – 7 y VIII – 8, y 1987 a escala 1:5000 Hojas H41, H42, H43, I41, I42 e I43 las cuales se digitalizaron y posteriormente fueron comparadas con la topografía vectorizada en ArcGIS® de la zona de estudio del año 2012 con datum LiDAR.

El mapa de topografía modificada solo fue realizado en la zona de La Rinconada motivado a la disposición y obtención de datos tanto de ensayos de laboratorio como en campo y en el Instituto Nacional Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. Se tomó como referencia en las tres (3) cartas la carretera Panamericana debido a que las cartas de 1987 y 1957 presentan una georeferencia diferente entre sí, pues a partir de 1970 espacialmente el datum usado es La Canoa, esto produjo un desfase (error) entre curvas de nivel de aproximadamente 1,8 metros. La comparación usando el software ArcGIS® 9.3 mediante las curvas de nivel de la misma cota en las cartas de 1957, 1987 y la topografía LiDAR 2012 dio como resultado una serie de modificaciones hechas por el hombre (ver figura 91) en la topografía que se muestran a mayor detalle en el Mapa de Topografía Modificada adjunto, Hoja CS-01, las mismas constan de una serie de cortes y rellenos que en muchos casos se encuentran sectorizados en las zonas que actualmente se encuentran habitadas.

4.3.2 Mapa de Nivel Freático

Se recopiló información proveniente del Instituto Geográfico Simón Bolívar y de la alcaldía de Chacao pertenecientes a una Hoja cartográfica creada por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón JICA, esta información fue digitalizada, vectorizada y comparada con los datos provenientes de las perforaciones para luego

ser superpuesto sobre las capas de topografía LiDar 2012 lo cual permitió observar los cambios en profundidad del nivel freático correspondientes a la zona de estudio (ver Hoja CS-01)

4.3.3 Mapa Geológico – Geotécnico

Este mapa fue generado con la finalidad de disponer en planta las condiciones geomecánicas que se encuentran en las diferentes zonas geológicas que enmarca nuestra área de estudio. Se inició con la generación del mapa geológico, en el programa ArcGIS® 9.3, del área haciendo uso de los datos de campo ya antes expuestos en el Capítulo III y de la interpretación de las fotografías aéreas, luego se digitalizaron el mapa Geológico de Caracas de 1986 y el mapa Geológico de El Valle 2008, Hoja 6847-III-NO, para corroborar la primera interpretación geológica generada por los datos de campo, en esta etapa se revalidaron los contactos entre formaciones y entre los elementos estructurales propuestos.

Para incluir el adjetivo Geotécnico a este mapa se incorporó en una capa adicional las condiciones generales del macizo rocoso que incluyen los 141 puntos de levantamiento y los 60 ensayos de compresión simple usados para la clasificación del mismo según Bieniawski. Cabe resaltar que en campo se recolectaron 71 muestras para ensayos de laboratorio (compresión simple y absorción) pero solamente resistieron el embate de la tronzadora: 60 muestras para ensayos de compresión de las cuales 6 debieron ser recuperadas mediante una capa adicional de cemento que permitió ubicar las 6 caras del cubo paralelas entre sí (Ver Apéndice 2) y 49 muestras de absorción (ver Apéndice 1).

Para representar la calidad de roca aflorante se utilizaron círculos de radios variables, se procedió con el cálculo estadístico de las distancias perpendiculares a la foliación que separaban los tipos/clase de roca de cada punto de estudio, este procedimiento dio como resultado radios variables que dibujan círculos de probabilidad en los que se simulan la calidad de la roca en un área específica. A continuación se muestran algunos los cálculos efectuados:

- Distancia entre los puntos 74 y 73 (roca clase II (Buena) y clase III (Media) respectivamente).

D = 195m radio probable = 97,5m

- Distancia entre los puntos 78 y 79 (relleno y roca clase III (Media) respectivamente).

D = 85m radio probable = 42,5m

- Distancia entre los puntos 127 y 123 (relleno y roca clase III (Media) respectivamente).

D = 132m radio probable = 66m

Se determinó así los radios probables máximos y mínimos para cada calidad de roca tomando en cuenta también el factor de abundancia; solo se representan los radios mínimos debido a que así se asegura la presencia de cada tipo de roca aflorante. Los radios calculados fueron: 70m, 95m, 54,25m y 123m para rocas clase II, clase III, relleno y roca en descomposición.

4.3.4 Mapa de Pendientes

Una vez vectorizadas las curvas de nivel del área de estudio se procedieron a la interpretación de las mismas haciendo uso la propiedad “*Create a Tin From Feature...*” ubicada en la pestaña “*Create/Modify TIN*” de la herramienta “*3D Analyst*” del programa ArcGIS® 9.3 para generar un TIN o red irregular de triángulos que representa la morfología de la superficie que captura la posición de entidades lineales importantes (cadenas montañosas o ríos) y permite la creación de mapas de elevaciones.

Este mapa de elevación luego es editado con la herramienta “*3D Analyst*” pestaña “*Surface Analysis*” → “*Slope...*” para crear un imagen Raster de las variaciones de pendientes en grados de la zona, esta imagen es reclasificada en la propiedades del Raster → *Symbology* → *Classification* → *Classify...* donde se pueden escoger los intervalos de clasificación de pendientes, para ejercicios de este trabajo especial de grado las pendientes se clasificaron de la siguiente forma:

Tabla 236. Clasificación de las pendientes sugeridas para el Proyecto de Circunvalación Sur

Tipo de Pendiente	Grados
Muy Baja	< 5°
Baja	5° – 15°
Media	15° – 30°
Alta	30° – 45°
Muy Alta	> 45°

Esta reclasificación muestra un mapa mucho más limpio respecto a las variaciones estadísticas de las pendientes, en la Hoja CS-03 se puede apreciar con mayor detalle las variaciones. Cabe resaltar que para un mayor impacto visual se superpuso una capa de *Hillshade* o mapa de sombras a este Mapa de Pendientes.

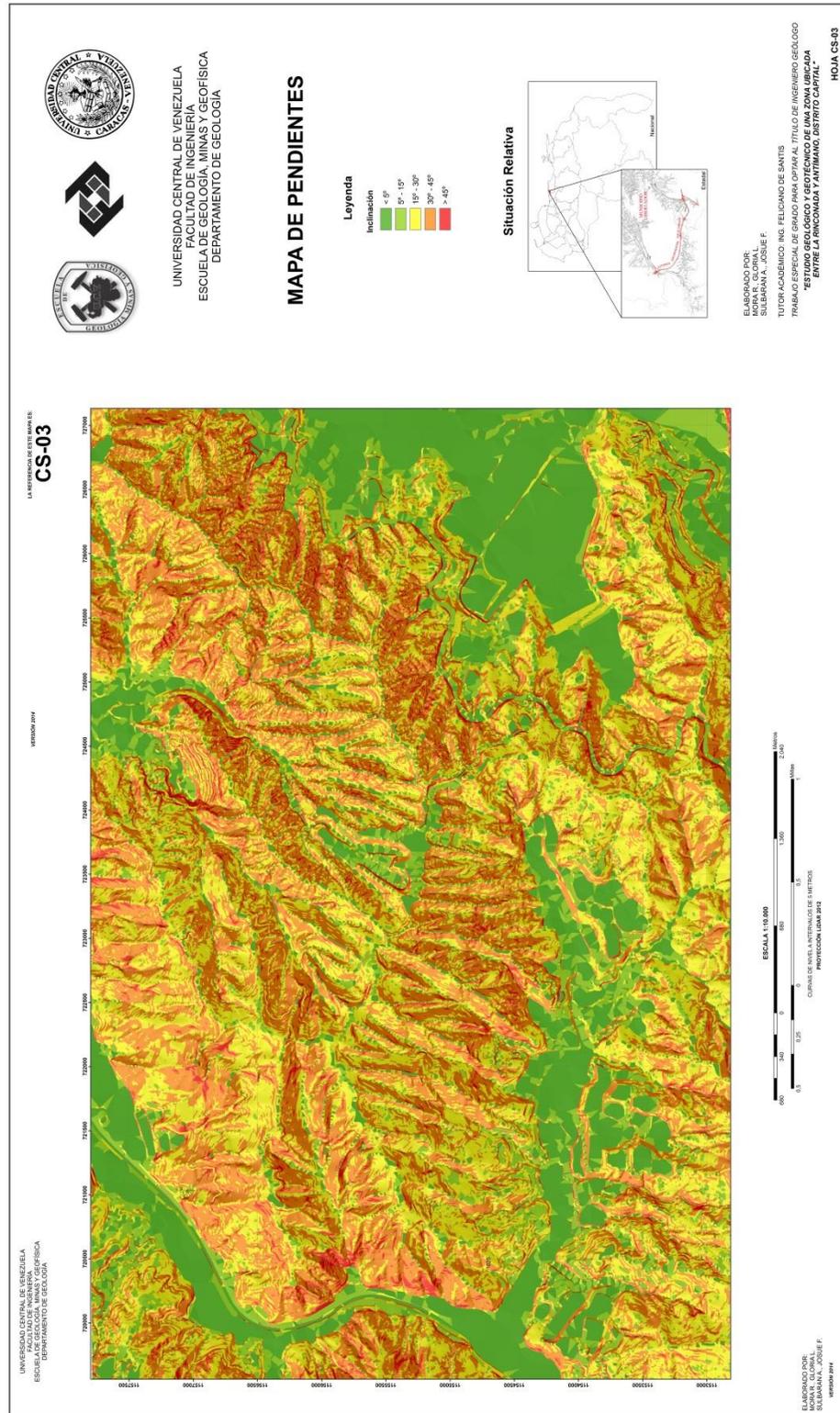


Figura 93. Mapa de inclinación de pendientes.

4.3.5 Mapa de Orientación de Laderas

Haciendo uso del mapa de elevaciones (TIN) y con la herramienta “3D Analyst” pestaña “Surface Analysis” → “Aspect...” se crea un imagen Raster de las orientaciones de las laderas en la zona y muestra la disposición de las mismas en 8 cuadrantes: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste, Noroeste, permitiendo definir la interacción de los planos de foliación y diaclasadas respecto a la orientación que presentan las laderas, lo antes expuesto ser usado para el análisis de zonas de riesgo del área en estudio (ver Hoja CS-04)

4.3.6 Mapa de Riesgo

Es un mapa compuesto por la superposición de los mapas de Pendientes, Orientación de laderas y Geotécnico (ver Hoja CS-05) que da como resultado un mapa que muestra la interacción de las condiciones geotécnicas de la zona con características topografía de la misma, es decir, muestra la interacción de las condiciones geomecánicas del macizo rocoso, como por ejemplo la calidad de roca, con las características topográficas de la zona como lo son la inclinaciones de las pendientes, la dirección general de los planos de foliación de la roca y la orientación de la ladera. Es por esto que para la realización de este mapa, se crearon tres (3) mapas adicionales, Mapa Geológico – Geotécnico, Mapa de Pendientes y Mapa de Orientación de laderas (figura 94).

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El área en estudio está constituida principalmente por dos unidades metamórficas: Esquistos Las Mercedes, compuesta por esquistos micáceos – grafitosos – cuarzosos, esquistos calcáreos – micáceos y filitas grafitosas con abundante pirita en menor cantidad, conjuntamente con capas esporádicas delgadas de mármol y de Sericita. Esta unidad presenta lentes y vetas de calcita y cuarzo, mencionados en orden de abundancia, los afloramientos de la zona presentan una foliación marcada con plegamientos sectorizados que pueden ser observados con mayor detalle a través de las capas duras (mármol y cuarzo) que intercalan a los esquistos.

Esquisto Las Brisas, compuesto principalmente por esquistos cuarzo – feldespáticos – micáceos, esquistos micáceos – grafitosos, metaareniscas y esquistos gnéisicos, estos últimos aflorantes en zonas específicas, conjuntamente con mármoles en forma lenticular, vetas y lentes de cuarzo y calcita. Los afloramientos presentan foliación marcada y generalmente dos familias de diaclasas. Es posible observar intrusiones de Serpentinitas las cuales presentan un color verde oliva, diaclasadas y estratificadas.

- Las unidades de Esquistos Las Brisas y las Mercedes muestran diferencias poco apreciables en campo pero reconocibles a un nivel de análisis detallado. Los esquistos Las Brisas presentan una mayor resistencia relativa a los factores climáticos que modelan la zona en comparación con los esquistos de Las Mercedes. Cabe resaltar que existe una zona en la unidad de Las Brisas ubicada en las proximidades de la carretera Panamericana que a excepción del resto de la unidad presenta una roca bastante competente.

- El estudio geomorfológico se basó en los análisis de las fotografías aéreas y de la interpretación de la capa *Hillshade* generada en el programa ArcGIS® 9.3, que dio como resultado dos Unidades de relieve clasificadas de acuerdo a los puntos de altura, Unidad de Relieve Alto donde se destacan una serie de filas interconectadas y la Unidad de Relieve Bajo que muestra valles amplios e intramontinos. Así mismo se logró definir a través de las direcciones de buzamiento de las foliaciones una estructura es Sinclinal que coincide cuyo eje coincide con el grupo de esquisto más competente identificado en la unidad de Las Mercedes.
- El estudio petrográfico mostro la presencia de cantidades cuantiosas de calcita y cuarzo, seguido de bandas lepidoblásticas de micas y por ultimo minerales como feldspatos potásicos, óxidos, grafito, plagioclasa y cantidades por debajo del 1% de hornblendas y apatitos. Cabe resaltar que los cristales de microclino (feldespato potásico) superaban los 3mm de longitud y solo se presentaban en las muestras obtenidas en la unidad de Esquisto las Brisas.
- A lo largo del estudio de campo se recogieron muestras de serpentinitas para su comparación bajo luz polarizadas, se demostró que solo las muestras PHI – 012 y PHI – 013 presentan similitudes en cuanto a composición mineral y el resto es totalmente diferente entre sí. Por ejemplo, la muestra CA-010 presenta cristales de calcita bien definidos que no se encuentran en ninguna otra muestra. Esto permitió vectorizar por separado las intrusiones de serpentinitas en el mapa geológico de la zona.

- Se realizaron ensayos de absorción los cuales permitieron junto con el estudio petrográfico y las descripciones de campo determinar el nivel de meteorización de la zona, dando como resultado un área con una meteorización Grado II y IV.
- Se logró teorizar una posible relación entre el contenido de cuarzo presente en una roca respecto a la resistencia a la Compresión Simple y al Porcentaje de Absorción siendo una relación no lineal. A mayor contenido de cuarzo mayor será la resistencia a la compresión y para nuestro caso, mayor será el porcentaje de absorción.
- La caracterización geotécnica del macizo rocoso muestra un 93% de roca aflorante clase III, media, con cohesión entre 2 y 3 Kg/cm² y ángulo de rozamiento entre 25° y 35°.
- Para la clasificación de *Bieniawsky*, en el parámetro de resistencia de la roca a la compresión simple, no fue posible realizar dicho ensayo en todos los puntos de afloramientos rocos; por tal motivo se tomaron los resultados de los ensayos de los afloramientos próximos, con características litológicas y minerales similares, a los que sí fue posible ensayar en el laboratorio.
- El estudio de estabilidad de taludes naturales da como resultado un 63% de posibles fallas en cuña, posibles, ya que el concepto de falla en cuña incluye el análisis por ángulo de fricción y el mismo no fue incluido en los estereogramas ya que se requieren de otros ensayos que no fueron realizados en este trabajo especial de grado.
- La generación de un taludometro permitió la interpretación a futuro del comportamiento geomecánico de los taludes a ser generados para el

proyecto de Circunvalación Sur, los mismos permitirán predecir la conducta posible que tendrá el talud mientras se es contado.

- Las perforación y calicatas realizadas en el área de estudio, para este trabajo especial de grado, permitieron categorizar las zonas de relleno que se muestran en los perfiles y en el mapa geológico – geotécnico anexos, lamentablemente las perforaciones no permitieron observar la profundidad del nivel freático de la zona, destacando que la perforación más profunda alcanza los 65 metros, por tal motivo el mapa de nivel freático fue generado a partir del mapa de nivel freático de JAICA.
- En general la zona muestra poca variación en cuanto a la modificación de la topografía, sin embargo, en la zona de la Rinconada, se muestran sectores donde la influencia humana ha trabajado en la modificación del terreno, esto se traduce en una serie de cortes y rellenos que se muestra en el mapa CS-01. Para la construcción del mismo fue necesaria la unión de los datos obtenidos a través de las perforaciones y de la comparación entre las curvas de nivel de igual cota de mapas anteriores.
- La hoja CS-03 muestra la variación de las pendientes en la zona de estudio, donde los colores rojos muestran pendientes mayores a los 45°, se definieron 2 zonas principales que coinciden con las unidades geomorfológicas ya antes descritas, es así como las pendientes más abruptas se encuentran al norte en la unidad de relieve alto, sin embargo, en general las pendientes de la zona varían entre medias (15° – 30°) y altas (30° – 45°).

5.2 Recomendaciones

- Es recomendable hacer uso de las pautas mostradas en el taludometro para la ejecución de taludes en el proyecto de Circunvalación Sur.
- Se recomienda realizar estudios más detallados como perforaciones más profundas a lo largo de toda zona de estudio para así poder determinar nivel freático de las áreas en las cuales no pudieron ser identificados.
- Se sugiere realizar un levantamiento de campo con mayor detalle en la zona de Caricua específicamente a los alrededores del punto de evaluación 86 donde se observó un afloramiento de Serpentinitas para determinar el tamaño de la intrusión del cuerpo rocoso.
- Se recomienda realizar un estudio detallado haciendo uso de una mayor cantidad de muestras de rocas aflorantes para definir el impacto directo del contenido de cuarzo en los resultados de los ensayos de Resistencia a la Compresión Simple y Porcentaje de Absorción y así pautar una escala estadística del impacto que tiene el porcentaje de cuarzo en el comportamiento geomecánico del macizo rocoso.
- Se recomienda hacer uso de la metodología utilizada en la generación del mapa Geológico – Geotécnico ya que permite establecer de forma estadística la disposición de la calidad de los cuerpos rocosos sin sobreestimar el área que ocupan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DENGO, J. (1951). Geología de la Región de Caracas. Bol. Geol. 8 (1): 38-115.

Léxico Estratigráfico de Venezuela (1999). Disponible en:
<http://www.lexicoestratigraficodevenezuela.com>.

OSTOS, M. NAVARRO, E. Y YORKYS, F. (1987). Revisión y redefinición de las formaciones Las Brisas y Las Mercedes del Grupo Caracas. Sistema montañoso del Caribe. Definición de la Unidad Litodémica de Corrimiento de la Costa. 1ras Jornadas de Investigación de Ingeniería. (U.C.V. Fac. de Ingeniería). Mem.: 7175.

SEIDERS, M. (1965). Geología de Miranda Central, Venezuela. Bol. Geol. 298-416.

TRUZMAN, M. (1990). Estudio de la meteorización de rocas metamórficas en las colinas del área metropolitana de Caracas. Caracas U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 308p. Trabajo Especial de Grado.

OSTOS, M. (1987). El Complejo Ávila Cordillera de la Costa. Jornadas 50 Aniversario Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Geos 29: 205-207.

URBANI, F. (2002). Guía de excursión. Geología del área de la Autopista y Carretera Vieja Caracas – La Guaira, Distrito Capital y Estado Vargas. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería departamento de Geología, Funvisis e Infratur. 60p.

ARREAZA, C (1978). Geología de la zona Carretera El Junquito - Río Mamo (D.F.). Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 22lp. Trabajo Especial de Grado.

- CABRERA, M. (1984). Geología y geotecnia del área metropolitana de Caracas. Zona de Filas de Mariches, Dtto. Sucre, Edo. Miranda. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 196 p. Trabajo Especial de Grado.
- SMITH, R. (1952). Geología de la región de Los Teques - Cúa, Venezuela. Bol. Geol. Caracas 2(6): 333-406
- WEHRMAN, M. (1972). Geología de la región Guatire – Colonia Tovar. IV Congreso Geol. Vzla. T. IV: 2093: 2121.
- GONZÁLEZ, De J. Iturralde, De A, y Piccard, X (1980). Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Ed. Foninves, Caracas, Tomo 1. 4071.