

**ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LOS TALUDES DE LA MINA LA JAGUA CON  
BASE EN IMÁGENES DE SIROVISION; LA JAGUA DE IBIRÍCO-CESAR.**

**MAYRA ALEJANDRA BELEÑO CABRALES**

**FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA  
INGENIERIAS Y CIENCIAS BASICAS  
INGENIERÍA GEOLÓGICA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2016**

**ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LOS TALUDES DE LA MINA LA JAGUA CON  
BASE EN IMÁGENES DE SIROVISION; LA JAGUA DE IBIRÍCO-CESAR.**

**MAYRA ALEJANDRA BELEÑO CABRALES**

**Informe de práctica empresarial presentando como requisito para optar por  
el título de INGENIERO GEOLOGO**

**COORDINADOR C.I. PRODECO S.A.  
HUGO NELSON RÍOS ARIAS (Geólogo de modelamiento mina la jagua y  
calenturitas)**

**ASESOR ACADÉMICO  
DANIEL FELIPE MORALES RIVERA (Ingeniero en Minas, Maestría en  
Geotecnia)**

**FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA  
INGENIERIAS Y CIENCIAS BASICAS  
INGENIERÍA GEOLÓGICA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2016**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Valledupar, 26 de Mayo de 2017

## DEDICATORIA

*Les dedico este gran logro de mi vida.  
A mi padre Janner Beleño, por brindarme confianza y amor; gracias  
papá por creer en mí cuando yo me sentía insegura, por todo lo  
bueno que me has enseñado y por todos los sacrificios que hiciste por  
mí, Te Amo Papá*

*A mi madre Marlen Cabrales, por haberme dado la vida, adorarme,  
creer en mí y porque siempre me apoyaste en cualquier decisión  
tomada. Mamá gracias por ser un ejemplo para mi vida y mi pilar  
para salir adelante, hoy me siento con fuerzas porque te tengo a ti y  
sé que no me vas a dejar sola. Te Amo Mamá*

*A mis hermanos Sady, Jhon y Cami, por estar conmigo siempre, por  
darme la fuerza necesaria de lograr todas mis metas para que se  
sientan orgullosos de mí. Los quiero mucho.*

*A mis tíos Holger, Aramis, Ena, Erica, Olimpo y Dino, por ser esa  
pieza fundamental en mi formación profesional.*

*A mis abuelos Tata, Mache y Bele, por quererme y apoyarme  
siempre, los quiero mucho.*

## AGRADECIMIENTO

*Bendito Padre, hoy soy mucho más agradecido que ayer, porque ahora sé que nada de lo que yo emprenda prospera sin Tú bendición, sin Ti nada podemos hacer, Tú eres mi mejor orientación, mi mejor asesoría para TODO lo que he emprendido y sigo emprendiendo.*

*Gracias a mi familia porque cada vez que tropecé en la vida, mi madre secó mis lágrimas, mi padre me animó a seguir adelante, mis hermanos me ayudaron a verlo como una anécdota y mis abuelos me consintieron, por lo que en realidad, nunca caí en la tristeza. Sé que soy dichosa, pues he tenido una familia, que me ha apoyado de manera incondicional por cada paso que he realizado en la vida.*

*A la fundación universitaria del área andina, sede Valledupar por mi formación profesional, especialmente al equipo de docentes del programa de ingeniería geológica por su dedicación, interés y compromiso. Al docente Daniel Felipe Morales Rivera por brindarme su tiempo y todos sus conocimientos para la construcción de este proyecto. Es un orgullo y de gran felicidad para mí saber que hoy lograre uno de mis sueños más grandes, que el esfuerzo que hice cada año al fin tendrá una recompensa.*

*A la Mina La Jagua por regalarme la oportunidad de adquirir nuevas experiencias, competencias y ética frente al campo laboral, agradezco especialmente al área de Geología y Geotecnia, conformada por Dubier Cardona, Hugo ríos, Herman Uribe, Juan Serrano y Sandra Ruiz ; todos ustedes fueron una guía para la realización de este proyecto.*

*En este largo trayecto de mi vida he conocido gente maravillosa con la que he pasado buenos momentos juntos y de quienes he aprendido cosas valiosas. Agradezco a todos los amigos en especial a leidy Lorena Baquero, Marezza Montero y Daniela Peinado que jamás me dejaron sola y me dieron ese ánimo para salir adelante.*

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. PRODECO S.A.	20
1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE GRUPO PRODECO S.A.	20
1.2 ASPECTOS ESTRATÉGICOS	21
1.2.1 Misión	21
1.2.2 Visión	21
1.3 VALORES	21
1.3.1 Seguridad	22
1.3.2 Espíritu empresarial	22
1.3.3 Simplicidad	22
1.3.4 Responsabilidad	22
1.3.5 Transparencia	22
1.4 PORTAFOLIOS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS	22
1.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	23
2. INFORME DE LA PRÁCTICA	24
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA EN LA CUAL SE REALIZÓ LA PRÁCTICA	24
2.2 INFORME DE GESTIÓN	24
2.3 MARCO GEOGRÁFICO	24
2.4 LOCALIZACIÓN	24
2.5 ACCESIBILIDAD	25
2.6 RASGOS GEOGRÁFICOS PRINCIPALES	25
2.7 CLIMA, VEGETACIÓN Y USOS DE LA TIERRA	26
2.8 POBLACIÓN Y ECONOMÍA	27
3. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	28
3.1 TÍTULO	28
3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
3.3 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA	29
3.4 OBJETIVOS	29
3.4.1 General	29
3.4.2 Específicos	29
3.5 RESULTADOS ESPERADOS	30
4. MARCO GEOLOGICO	31
4.1 GEOLOGÍA REGIONAL	31
4.2 ROCAS METAMÓRFICAS	33
4.3 ROCAS ÍGNEAS	33
4.4 ROCAS SEDIMENTARIAS	33
4.5 DEPOSITOS RECIENTE Y CUATERNARIOS	35
4.6 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	35

4.7 PLIEGUES	37
4.8 FALLAS	37
4.9 GEOLOGÍA LOCAL	39
4.9.1 Formación los cuervos (e2c)	39
4.9.2 Depósitos reciente y cuaternarios	40
4.10 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	42
4.11 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA	44
5. MARCO DE ANTECEDENTES	47
6. MARCO TEÓRICO	48
6.1 MACIZO ROCOSO	48
6.2 LAS DISCONTINUIDADES	48
6.3 PARÁMETROS DE LAS DISCONTINUIDADES	49
6.3.1 Orientación	49
6.3.2 Espaciado	50
6.3.3 Persistencia (Dimensiones)	51
6.3.4 Rugosidad	51
6.3.5 Abertura	52
6.3.6 Relleno	53
6.3.7 Filtración	53
6.4 FAMILIA DE DISCONTINUIDADES	54
6.5 CLASIFICACIÓN RMR	55
6.6 Clasificación GSI	56
6.5 TIPOS DE ROTURA	58
6.5.1 Tipos de rotura desde el punto de vista mecánico	58
6.5.2 Rotura de varios bloques o caída de roca	59
6.5.3 Rotura plana o planar	60
6.5.4 Rotura en cuña	63
6.5.5 Rotura circular	66
6.5.6 Rotura por vuelco o toppling	66
6.6 FACTORES QUE DESENCADENAN LOS FENÓMENOS DE INESTABILIDAD DE UN TALUD	69
6.7 MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN	70
6.7.1 Conformación de la superficie	71
6.7.2 Bermas bajas o contrabermas	71
6.8 SOFTWARE SIROVISION	72
6.8.1 Etapas de sirovision	72
6.9 SOFTWARE DIPS	73
6.9.1 Proyección de igual ángulo	73
6.9.2 Ponderación de Terzagui	74
6.9.3 Características, ventajas y desventajas	74
7. METODOLOGÍA	77
7.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	77
7.2 LEVANTAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE DATOS ESTRUCTURALES	77
7.2.1 Levantamiento estructural de imágenes procesadas del software Sirovision	78

7.2.2 Descripción de los datos estructurales de los registros fotográficos procesados en el software Sirovision	88
7.3 DESCRIPCIÓN POR BLOQUE	89
7.3.1 Bloque 4	89
7.3.1.1 Histograma del bloque 4	90
7.3.2 Bloque 5	93
7.3.2.1 Histograma del bloque 5	94
7.3.3 Bloque 6	96
7.3.3.1 Histograma del bloque 6	99
7.3.4 Bloque 7	101
7.3.4.1 Histograma del bloque 7	103
7.3.5 Bloque 8 (pitSur)	105
7.3.5.1 Histograma del bloque 8	107
7.4 LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL EN CAMPO	110
7.4.1 Descripción de los datos estructurales	113
7.5 DESCRIPCIÓN DE BLOQUES	113
7.5.1 Bloque 5	114
7.5.1.1 Histograma del bloque 5	115
7.5.2 Bloque 6	117
7.5.2.1 Histograma del bloque 6	118
7.6 RQD	121
7.7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (UCS)	121
8. RESULTADOS	122
8.1 BLOQUE 4	122
8.2 BLOQUE 5	123
8.3 BLOQUE 6	124
8.4 BLOQUE 7	125
8.5 BLOQUE 8	126
9. INTERPRETACIÓN CINEMÁTICA A PARTIR DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DEL SOFTWARE SIROVISION Y DATOS TOMADOS EN CAMPO	128
9.1 DATOS SIROVISION	128
9.1.1 Bloque 4	128
9.1.2 Bloque 5	132
9.1.3 Bloque 6	136
9.1.4 Bloque 7	140
9.1.5 Bloque 8 Pitsur	144
9.2 DATOS DE CAMPO	148
9.2.1 Bloque 5	148
9.2.2 Bloque 6	151
9.3 CORRELACIÓN DE BLOQUES	155
9.3.1 Bloque 5	155
9.3.2 Bloque 6	156
9.4 LOGROS ALCANZADOS	158
9.4.1 Impactos percibidos por el estudiante	158



9.4.2 Limitaciones	159
CRONOGRAMA	160
CONCLUSIONES	161
RECOMENDACIONES	163
BIBLIOGRAFÍA	164
ANEXOS	167

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Reseña histórica del grupo Prodeco S.A.	20
<b>Figura 2.</b> Valores del grupo Prodeco S.A.	21
<b>Figura 3.</b> Estructura organizacional del área de geología y geotecnia en la mina la jagua.	23
<b>Figura 4.</b> Localización de la mina La Jagua	25
<b>Figura 5.</b> Principales unidades geomorfológicas en La Jagua de Ibiríco.	26
<b>Figura 6.</b> Asbil de la mina la jagua	28
<b>Figura 7.</b> Correlación de las unidades geológicas en el Departamento del Cesar.	32
<b>Figura 8.</b> Mapa geológico generalizado de la cuenca Cesar-Ranchería. En este esquema se resaltan las estructuras más importantes de la subcuenca de Cesar.	36
<b>Figura 9.</b> Fallas principales del Departamento del Cesar.	38
<b>Figura 10.</b> Columna estratigráfica generalizada para el Intervalo Campaniano-Reciente en la subcuenca de Cesar.	41
<b>Figura 11.</b> Mapa geológico regional, Sinclinales de la cuenca del Cesar	42
<b>Figura 12.</b> Evolución geológica de la cuenca Cesar- Ranchería.	46
<b>Figura 13.</b> Propiedades geométricas de las discontinuidades	49
<b>Figura 14.</b> Medida de la orientación de discontinuidades.	49
<b>Figura 15.</b> Descripción de la rugosidad en las discontinuidades	52
<b>Figura 16.</b> Número de familias de discontinuidades	54
<b>Figura 17.</b> Mecanismo de desprendimiento de roca	59
<b>Figura 18.</b> Rotura plana o planar	61
<b>Figura 19.</b> Representación estereográfica de las condiciones cinemáticas de la rotura plana o planar	62
<b>Figura 20.</b> Rotura en cuña	63
<b>Figura 21.</b> Esquema general de la rotura en cuña	64
<b>Figura 22.</b> Representación estereográfica de las condiciones cinemáticas de la rotura en cuña (Hoek y Bray, 1981)	65
<b>Figura 23.</b> Rotura circular	66
<b>Figura 24.</b> Rotura por vuelco o toppling	67
<b>Figura 25.</b> Esquema general de la rotura por vuelco o toppling	68
<b>Figura 26.</b> Representación estereográfica de las condiciones cinemáticas de la rotura por vuelco o toppling (Norris y Wyllie, 1996)	68
<b>Figura 30.</b> Equiareal	75
<b>Figura 31.</b> Equiangular	75
<b>Figura 29.</b> Áreas levantadas con el software sirovision en la mina la jagua	77

<b>Figura 30.</b> Esquema para la toma de las fotos Sirovision en campo. Fuente mina La Jagua.	78
<b>Figura 31.</b> Ubicación de los diferentes puntos de control de las imágenes tomadas	80
<b>Figura 32.</b> Georeferenciación de imagen	81
<b>Figura 33.</b> Creación imagen tridimensional	81
<b>Figura 34.</b> Identificar los planos de fallas, los planos de discontinuidades, las estratificaciones y las trazas de los carbones	82
<b>Figura 35.</b> Diagrama de densidad de polos delos taludes.	88
<b>Figura 36.</b> Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 4.	89
<b>Figura 37.</b> Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 5.	93
<b>Figura 38.</b> Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 6.	98
<b>Figura 39.</b> Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 6.	102
<b>Figura 40.</b> Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 8.	106
<b>Figura 41.</b> Diagrama de densidad de polos de los taludes.	113
<b>Figura 42.</b> Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 5.	114
<b>Figura 43.</b> Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 6.	117
<b>Figura 44.</b> Clasificación GSI del bloque 4.	122
<b>Figura 45.</b> Clasificación GSI del bloque 5.	123
<b>Figura 46.</b> Clasificación GSI del bloque 6.	124
<b>Figura 47.</b> Clasificación GSI del bloque 7.	125
<b>Figura 48.</b> Clasificación GSI del bloque 8.	126
<b>Figura 49.</b> Análisis cinemático por falla planar del bloque 4.	129
<b>Figura 50.</b> Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 4.	130
<b>Figura 51.</b> Análisis cinemático por falla toppling del bloque 4.	131
<b>Figura 52.</b> Análisis cinemático por falla planar del bloque 5.	133
<b>Figura 53.</b> Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 5.	134
<b>Figura 54.</b> Análisis cinemático por falla toppling del bloque 5.	135
<b>Figura 55.</b> Análisis cinemático por falla planar del bloque 6.	137
<b>Figura 56.</b> Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 6.	138
<b>Figura 57.</b> Análisis cinemático por falla toppling del bloque 6.	139
<b>Figura 58.</b> Análisis cinemático por falla planar del bloque 7.	141
<b>Figura 59.</b> Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 7.	142
<b>Figura 60.</b> Análisis cinemático por falla toppling del bloque 7.	143
<b>Figura 61.</b> Análisis cinemático por falla planar del bloque 8 pitSur.	145
<b>Figura 62.</b> Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 8 pitSur.	146
<b>Figura 63.</b> Análisis cinemático por falla toppling del bloque 8 pitSur.	147
<b>Figura 64.</b> Análisis cinemático por falla planar del bloque 5.	148
<b>Figura 65.</b> Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 5.	149
<b>Figura 66.</b> Análisis cinemático por falla toppling del bloque 7.	150
<b>Figura 67.</b> Análisis cinemático por falla planar del bloque 6.	152
<b>Figura 68.</b> Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 6.	153
<b>Figura 69.</b> Análisis cinemático por falla toppling del bloque 6.	154

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Espaciamiento de las discontinuidades recomendada por SIMR (Brown, 1981).	50
<b>Tabla 2.</b> Conceptos e imágenes de los diferentes tipo de aberturas en las discontinuidades	53
<b>Tabla 3.</b> Filtraciones en las discontinuidades	54
<b>Tabla 4.</b> Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)	55
<b>Tabla 5.</b> Corrección por la orientación de las discontinuidades	56
<b>Tabla 6.</b> Clasificación de las discontinuidades	56
<b>Tabla 7.</b> Características geotecnicas	56
<b>Tabla 8.</b> Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR	56
<b>Tabla 9.</b> Clasificación GSI (Hoek et al., (1995)	57
<b>Tabla 10.</b> Tipos de rotura desde el punto de vista mecánico	58
<b>Tabla 11.</b> Tipos de factores que inciden en la caída de rocas	60
<b>Tabla 12.</b> Análisis de rotura plana o planar	61
<b>Tabla 13.</b> Fenómenos de inestabilidad	69
<b>Tabla 14.</b> Fuerzas actuantes y resistentes	70
<b>Tabla 15.</b> Métodos de conformación topográfica del talud.	71
<b>Tabla 16.</b> Ponderador geométrico	74
<b>Tabla 17.</b> Ventajas y desventajas	75
<b>Tabla 18.</b> Distancia óptima y el lente adecuado para la toma de imágenes	78
<b>Tabla 19.</b> Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 4.	83
<b>Tabla 20.</b> Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 5.	84
<b>Tabla 21.</b> Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 6.	85
<b>Tabla 22.</b> Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 7.	86
<b>Tabla 23.</b> Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 8 (Pitsur)	87
<b>Tabla 24.</b> Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 4.	89
<b>Tabla 25.</b> Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 4.	90
<b>Tabla 26.</b> Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 5	93
<b>Tabla 27.</b> Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 5.	94
<b>Tabla 28.</b> Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 6	97
<b>Tabla 29.</b> Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 6.	98

<b>Tabla 30.</b> Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 6	102
<b>Tabla 31.</b> Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 6.	102
<b>Tabla 32.</b> Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 8	106
<b>Tabla 33.</b> Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 8.	107
<b>Tabla 34.</b> Base de datos del levantamiento en campo de la pared de bloque 5.	111
<b>Tabla 35.</b> Base de datos del levantamiento en campo de la pared de bloque 6.	112
<b>Tabla 36.</b> Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 5	114
<b>Tabla 37.</b> Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 5.	114
<b>Tabla 38.</b> Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 6	117
<b>Tabla 39.</b> Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 6.	118
<b>Tabla 40.</b> Clasificación del RQD del sinclinal.	121
<b>Tabla 41.</b> Resistencia a la compresión simple (UCS) del sinclinal.	121
<b>Tabla 42.</b> Clasificación RMR del bloque 4.	122
<b>Tabla 43.</b> Clasificación RMR del bloque 5.	123
<b>Tabla 44.</b> Clasificación RMR del bloque 6.	124
<b>Tabla 45.</b> Clasificación RMR del bloque 7.	125
<b>Tabla 46.</b> Clasificación RMR del bloque 8.	126
<b>Tabla 47.</b> Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 4	130
<b>Tabla 48.</b> Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 4	131
<b>Tabla 49.</b> Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 4.	132
<b>Tabla 50.</b> Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 5.	134
<b>Tabla 51.</b> Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 5.	135
<b>Tabla 52.</b> Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 5.	136
<b>Tabla 53.</b> Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 6.	138
<b>Tabla 54.</b> Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 6.	139
<b>Tabla 55.</b> Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 6.	140
<b>Tabla 56.</b> Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 7.	141
<b>Tabla 57.</b> Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 7.	142
<b>Tabla 58.</b> Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 7.	143
<b>Tabla 59.</b> Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 8	145
<b>Tabla 60.</b> Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 8.	146
<b>Tabla 61.</b> Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 8.	147
<b>Tabla 62.</b> Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 5.	149
<b>Tabla 63.</b> Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 5.	150
<b>Tabla 64.</b> Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 5.	151
<b>Tabla 65.</b> Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 6.	152
<b>Tabla 66.</b> Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 6.	153
<b>Tabla 67.</b> Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 6.	154

<b>Tabla 68.</b> Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla planar.	155
<b>Tabla 69.</b> Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla en cuña.	155
<b>Tabla 70.</b> Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla por toppling.	156
<b>Tabla 71.</b> Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla planar.	156
<b>Tabla 72.</b> Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla en cuña.	157
<b>Tabla 73.</b> Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla por toppling.	157
<b>Tabla 74.</b> Porcentaje de cumplimiento de los logros alcanzados en la práctica empresarial.	158

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfica 1.</b> Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 4.	90
<b>Gráfica 2.</b> Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 4.	91
<b>Gráfica 3.</b> Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 4.	91
<b>Gráfica 4.</b> Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 4.	92
<b>Gráfica 5.</b> Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.	92
<b>Gráfica 6.</b> Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 5.	94
<b>Gráfica 7.</b> Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 5.	95
<b>Gráfica 8.</b> Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.	95
<b>Gráfica 9.</b> Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.	96
<b>Gráfica 10.</b> Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.	96
<b>Gráfica 11.</b> Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 6.	99
<b>Gráfica 12.</b> Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 6.	99
<b>Gráfica 13.</b> Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.	100
<b>Gráfica 14.</b> Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.	100
<b>Gráfica 15.</b> Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.	101
<b>Gráfica 16.</b> Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 7.	103
<b>Gráfica 17.</b> Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 7.	103
<b>Gráfica 18.</b> Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.	104
<b>Gráfica 19.</b> Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.	104

<b>Gráfica 20.</b> Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.	105
<b>Gráfica 21.</b> Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 8.	107
<b>Gráfica 22.</b> Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 8.	108
<b>Gráfica 23.</b> Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 8.	108
<b>Gráfica 24.</b> Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.	109
<b>Gráfica 25.</b> Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.	109
<b>Gráfica 26.</b> Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 5.	115
<b>Gráfica 27.</b> Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 5.	115
<b>Gráfica 28.</b> Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.	116
<b>Gráfica 29.</b> Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.	116
<b>Gráfica 30.</b> Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.	117
<b>Gráfica 31.</b> Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 6.	118
<b>Gráfica 32.</b> Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 6.	119
<b>Gráfica 33.</b> Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.	119
<b>Gráfica 34.</b> Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.	120
<b>Gráfica 35.</b> Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.	120



## LISTA DE IMAGENES

	<b>Pág.</b>
<b>Imagen 1.</b> Desplazamiento generado en el M05 por la falla La Victoria, Pared Bloque 5 Eje Nivel 2. ....	43
<b>Imagen 2.</b> Plano de falla con dirección NW afectando al M15 con una falla en cuña, pared bloque 5 occidental Nivel 35. ....	44
<b>Imagen 3.</b> Persistencia de las discontinuidades, pared bloque 6 oriente, Nivel 190.....	51
<b>Imagen 4.</b> Aspecto general del talud presente en bloque 4. Ubicación E-W.....	128
<b>Imagen 5.</b> Aspecto general del talud presente en bloque 5. Ubicación W.....	132
<b>Imagen 6.</b> Aspecto general del talud presente en bloque 5. Ubicación E.....	132
<b>Imagen 7.</b> Aspecto general del talud presente en bloque 6. Ubicación W.....	136
<b>Imagen 8.</b> Aspecto general del talud presente en bloque 6. Ubicación E.....	136
<b>Imagen 9.</b> Aspecto general del talud presente en bloque 6. Ubicación W.....	140
<b>Imagen 10.</b> Aspecto general del talud presente en bloque 6. Ubicación W. ....	144

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Mapa de trazas y estructural	167
<b>Anexo B.</b> Evidencias fotográficas	168
<b>Anexo C.</b> Datos estructurales	178

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto es realizar un análisis cinemático de los taludes presente en el sinclinal de la jagua donde se encuentra mina la jagua, ubicada en el municipio la jagua de ibiríco departamento del cesar. Esta estructura aflora en el miembro medio de la formación los cuervos.

Los taludes de mina la jagua presentan alturas que van desde 10 – 20 metros aproximadamente con una inclinación de 63°, estos taludes en el flanco Occidental presentan buzamientos mayores que van desde los 25° a 45° inclinación, y en el flanco Oriental buzamientos menores a 20° de inclinación. En el proyecto los taludes serán divididos por bloques (Bloque 4, Bloque 5, Bloque 6, Bloque 7, Bloque 8 (pitSur))

Se realizara un levantamiento estructural a partir de información obtenida de imágenes del Software Sirovision y un levantamiento en campo con el fin de correlacionar los datos y comprobar que el software Sirovision sea compatible con los datos tomados en campo y así exista confiabilidad para facilitar la toma de estos.

Las minas a cielo abierto expuestas fenómenos de inestabilidad, como deslizamiento que son provocados por fallas geológicas, alteración en la roca y/o saturación para esto fue necesaria una clasificación geomecánica que suministrará un aporte muy importante para el conocimiento y desarrollo de las actividades a futuro.

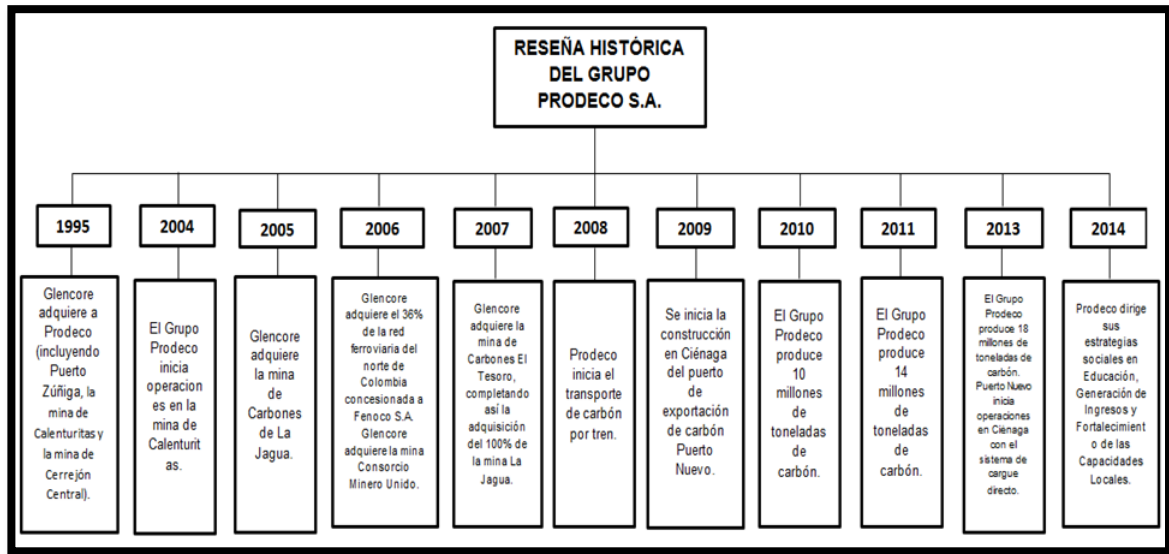
El método utilizado para determinar la clasificación Geomecánica Rock Mass Rating (RMR) de macizo rocoso es propuesto por Bieniawski (1972). Este método es de gran importancia para determinar la calidad del macizo rocoso y fortalecer la estabilidad de los taludes para un mejor desarrollo en la excavación minería.

En el análisis de macizo rocoso, se puede decir que se encuentran formador por bloques de roca delimitados por sistemas de discontinuidades; para el análisis cinemático es necesario conocer las disposiciones de los sistemas de discontinuidades que podrían ocasionar inestabilidad en el talud, lo cual se conoce como orientación desfavorable de este con respecto a las discontinuidades, en el software Dips se realizara el análisis cinemático con los diferentes modos de fallas (falla planar, falla en cuña, falla por toppling) y así establecer un probabilidad de falla para cada bloque presente en el sinclinal e implantar una posible solución; este análisis será de mucha ayuda para el área de geotecnia.

## 1. PRODECO S.A.

### 1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE GRUPO PRODECO S.A.

**Figura 1.** Reseña histórica del grupo Prodeco S.A.



**Fuente.** Autor de proyecto

El Grupo Prodeco está conformado por: C.I. Prodeco S.A., propietaria de la mina Calenturitas y de la operación ferroviaria de transporte de carbón; Carbones de La Jagua S.A., Consorcio Minero Unido S.A. y Carbones El Tesoro S.A., propietarias de la mina La Jagua; y Sociedad Portuaria Puerto Nuevo S.A., propietaria del puerto de exportación de carbón Puerto Nuevo.

Carbones de la Jagua S.A., se encuentra ubicada en el municipio de La Jagua de Ibirico, en el departamento de Cesar, es una mina de carbón a cielo abierto que se compone de cinco títulos mineros, en poder de tres compañías: Carbones de La Jagua S.A., Consorcio Minero Unido S.A. y Carbones El Tesoro S.A. Después de comprar la totalidad de estas operaciones, Glencore procedió a integrarlas en una sola, con la aprobación de las autoridades competentes. Además de producir carbón térmico bajo en azufre y de alto contenido energético, en la mina La Jagua también se extrae carbón metalúrgico de alta volatilidad. El carbón triturado es transportado por camión hasta las instalaciones de manejo de carbón en la mina Calenturitas, donde es cargado en vagones de tren y transportado al puerto en Ciénaga, Magdalena.

## 1.2 ASPECTOS ESTRATÉGICOS

### 1.2.1 Misión

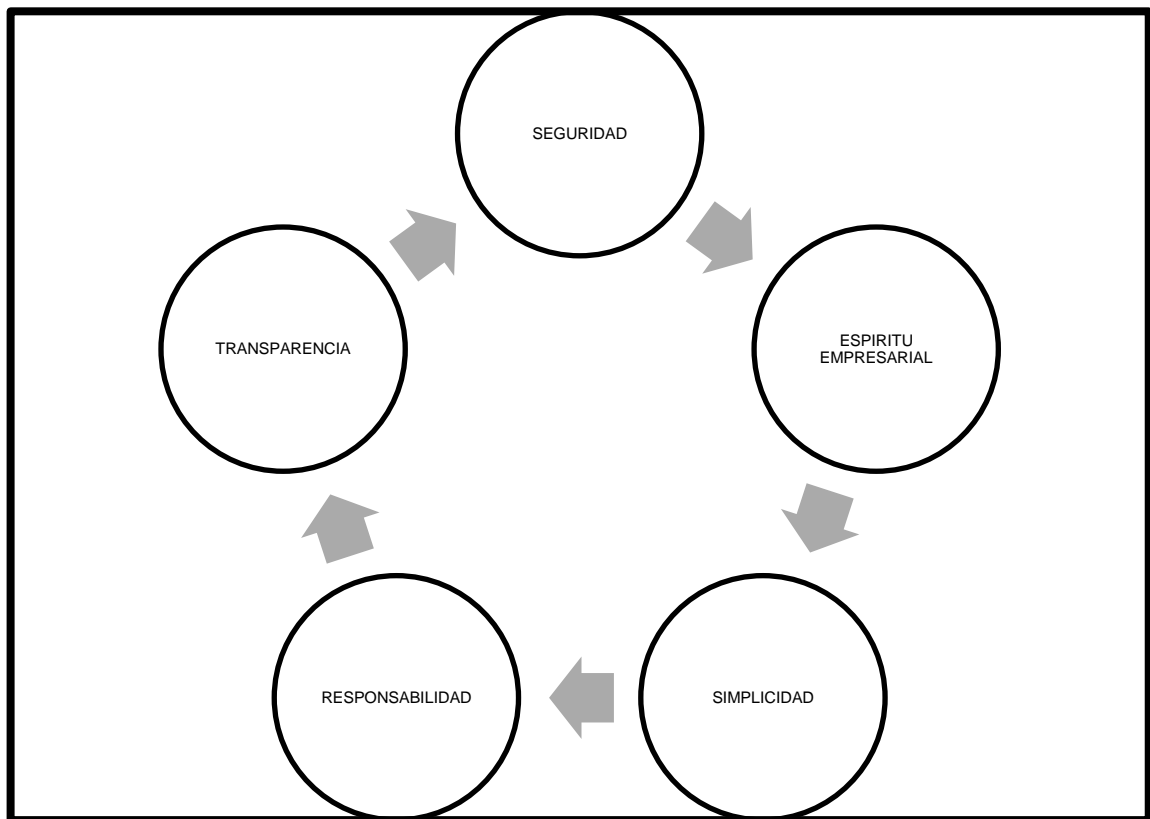
Contribuir con la viabilidad de la operación, previniendo, mitigando y compensando los impactos y riesgos sociales y ambientales de manera articulada con las diferentes áreas de la Compañía, para promover el desarrollo sostenible de las comunidades ubicadas en el área de influencia de nuestras operaciones, con el fin de mantener y fortalecer la licencia social para operar y crecer.

### 1.2.2 Visión

Ser reconocidos como aliados del desarrollo sostenible de las comunidades ubicadas en el área de influencia de nuestras operaciones y agentes del fortalecimiento institucional y social, por haber contribuido a mejorar los indicadores de desarrollo y promovido esfuerzo para el progreso de comunidades más vulnerables.

## 1.3 VALORES

**Figura 2.** Valores del grupo Prodeco S.A.



Fuente. Autor de proyecto

### **1.3.1 Seguridad**

La máxima prioridad en el lugar de trabajo es proteger la salud y el bienestar de nuestra gente. Adoptamos un enfoque proactivo en las áreas de salud y seguridad. Por ello, nuestro objetivo es introducir mejoras continuas para evitar lesiones y enfermedades laborales.

### **1.3.2 Espíritu empresarial**

Fomentar en sus trabajadores el más alto nivel de profesionalismo, responsabilidad personal y espíritu empresarial, pero sin poner en riesgo su seguridad y bienestar. Este aspecto es importante para nuestro éxito y para lograr los rendimientos superiores que pretendemos alcanzar para todos nuestros grupos de interés.

### **1.3.3 Simplicidad**

Aspirar a alcanzar nuestros objetivos principales de manera eficaz, con miras a conseguir rendimientos líderes en la industria, pero sin dejar de centrarnos en la excelencia, la calidad, la sostenibilidad y la mejora continua en todo lo que hacemos.

### **1.3.4 Responsabilidad**

Reconocer que nuestras actividades pueden repercutir en la sociedad y el medioambiente. Nos preocupamos enormemente por nuestro desempeño en lo que respecta a la protección del medioambiente, los derechos humanos, la salud y la seguridad”.

### **1.3.5 Transparencia**

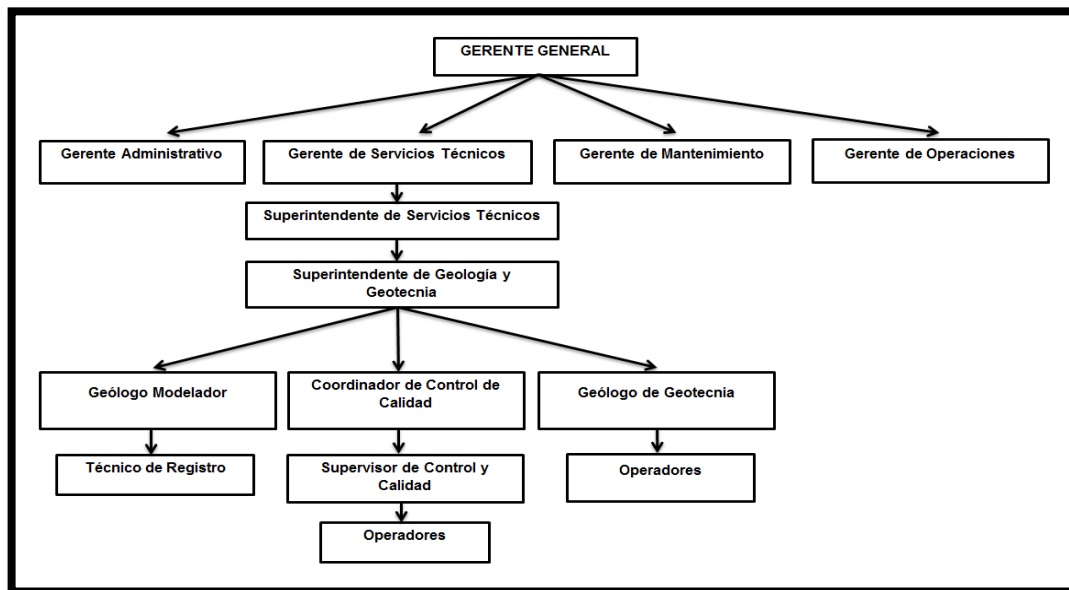
Valorar las relaciones y comunicación abiertas con nuestra gente, los clientes, los proveedores, los gobiernos y la sociedad en general, siempre basadas en la integridad, la cooperación, la transparencia y el beneficio mutuo.

## **1.4 PORTAFOLIOS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS**

El Grupo Prodeco es propiedad de la multinacional Suiza Glencore, y comprende las operaciones en Colombia para extracción de carbón térmico, transporta el mineral por vía férrea y su exporta por la Sociedad Portuaria Puerto Nuevo S.A. en Ciénaga con destino a los mercados en Europa, América, Asia.

## 1.5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

**Figura 3.** Estructura organizacional del área de geología y geotecnia en la mina la jagua.



Fuente. Autor del proyecto

## **2. INFORME DE LA PRÁCTICA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA EN LA CUAL SE REALIZÓ LA PRÁCTICA**

La práctica se realizó en el área de servicios técnicos en la dependencia de Geología y Geotecnia de la mina La Jagua, se encuentra compuesta por el Superintendente de Geología y Geotecnia, el Geólogo Modelador, el grupo de Geotecnia, la coordinadora de control y calidad, los Geólogos II (Geólogos de campo), técnicos de control y calidad y la técnico de la unidad de registro.

### **2.2 INFORME DE GESTIÓN**

En la práctica empresarial se desarrollaron diferentes funciones como llenar la base de datos Coal Mining Report con el fin de actualizar el mapa de trazas, modelo geológico y reconcilianes de mantos de carbón, también se ejecutaron pozos banco para hacerles registros geofísico de resistividad y densidad, pozos de aluviso para despresurizar las paredes, además se efectuó toma e interpretación geotécnica de imágenes Sirovision y toma de datos estructurales en campo que apoyarán a la realización del análisis cinemático en el Dips, asimismo se realizaron descripciones de litologías, RQD y registros geofísico (densidad, resistividad, sónico, ditmiter, análisis vertical, litología) en pozos exploratorios.

### **2.3 MARCO GEOGRÁFICO**

La mina La Jagua se encuentra ubicada en la Serranía del Perijá caracterizándose por ser una región montañosa provocada por la orogénesis Andina en el Mio-plioceno; su línea de cresta constituye la frontera territorial entre Venezuela y Colombia.

### **2.4 LOCALIZACIÓN**

El Departamento del Cesar está ubicado al nororiente de Colombia y espacialmente se localiza con coordenadas  $10^{\circ}46'4.13''$  –  $8^{\circ}47'57.43''$  de latitud y  $73^{\circ}7'31.97''$  –  $73^{\circ}45'47.68''$  de longitud; el departamento consta de una superficie aproximada de  $22.905 \text{ km}^2$  correspondiendo a una superficie plana de  $13.828 \text{ km}^2$  y los  $9.077 \text{ km}^2$  comprende la zona montañosa<sup>1</sup>.

La mina La Jagua se encuentra referida en las coordenadas planimetrías

---

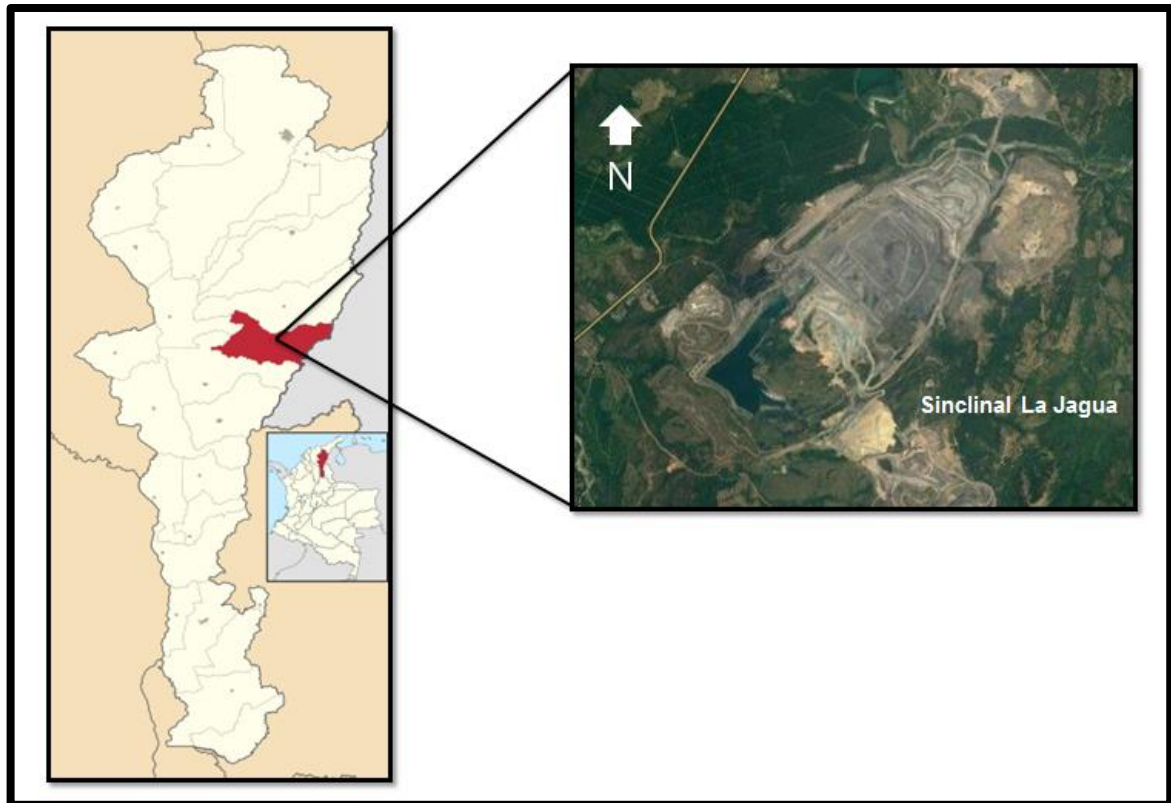
<sup>1</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1986)



X=1'084.000 Y=1'548.500 X=1'090.000 Y=1'554.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

La Mina La Jagua se encuentra al Nororiente municipio de La Jagua de Ibiríco departamento del Cesar, limitando al norte con el municipio de Becerril, al sur con el municipio de Chiriguaná, al este con la Frontera de Venezuela y al oeste con el municipio el Paso.

**Figura 4.** Localización de la mina La Jagua



Fuente. Autor del proyecto

## 2.5 ACCESIBILIDAD

El Municipio La Jagua de Ibiríco se sitúa sobre la carretera Troncal del Oriente, la cual comunica la región del Norte del Cesar con el Departamento de la Guajira; cuenta con vías de acceso secundarias que conducen a las veredas Boquerón, Santa Isabel, La Victoria de San Isidro, Plan bonito entre otras. La troncal de oriente constituye al sector con más tránsito vehicular, principalmente tráfico pesado, ya que el transporte del carbón se realiza por tractomulas.

## 2.6 RASGOS GEOGRÁFICOS PRINCIPALES

El área pertenece a las ramificaciones de la Serranía del Perijá presenta montañas

en el flanco oriental de la Sierra en su sector medio; está cubierta de densas selvas, interrumpidas por trechos de formaciones de sabanas aproximadamente con una altura de 1000 msnm y sobre 2800 msnm de altura se presentan zonas de vegetación sub – paramera y llanuras aluviales; y las llanuras aluviales se extienden desde el pie de monte de la Sierra aproximadamente unos 150 msnm de altura hasta los márgenes de los lagos formado pendientes más suaves, en la parte ciertas partes se presentan sabanas que se han convertido en selvas tropicales, densas y húmedas.

Geográficamente el municipio de la Jagua de Ibiríco, está conformado por la planicie aluvial del río Cesar y el macizo de la serranía de Perijá, la región comprende gran diversidad de paisajes, desde sabanas tropicales.

**Figura 5.** Principales unidades geomorfológicas en La Jagua de Ibiríco.

GEOFORMAS		GEOLOGIA REGIONAL	LITOLOGIA DOMINANTE	CÁRACTERÍSTICAS
MODELADO MAYOR	MODELADO MENOR			
Planicie de Piedemonte (A)	* Abanicos aluviales	Cuaternario	Rocas sedimentarias, conformadas por shales, calizas, areniscas y lutitas negras	*El paisaje se presenta sobre sedimentos continentales a epicontinentales.
	* Sabanas (Abanicos)			* Se encuentran depósitos aluviales, coluviales y fluvio-glaciares.
	* Terrazas			* El relieve va de plano a ligeramente ondulado, con pendiente desde 0-12%
	* Valles intermontanos coluviales valles aluviales			
Zona de Montaña Alta (B)	* Piedemonte	Paleozoico y Precámbrico	Rocas metamórficas y sedimentarias. Dominio de filitas,	* Se ubica sobre el piso subandino de la serranía de Perijá.
	* Laderas de alta montaña			

## 2.7 CLIMA, VEGETACIÓN Y USOS DE LA TIERRA

La Serranía del Perijá, presenta un clima tropical en las variaciones del relieve montañoso dando origen a 3 (tres) pisos térmicos: cálido, templado y frío los cuales se producen por las bruscas pendientes de los flancos de la montaña; su temperatura oscila entre los 6°C y 26°C, con una precipitación de 1.500 a.4000 mm aproximada. El municipio de La Jagua de Ibiríco, presenta un clima cálido y la humedad depende del período de lluvias, siendo en términos generales semiseco.

La vegetación en la Serranía del Perijá consiste en su mayoría de bosques húmedo en los que se puede inferir como unidades vegetales altas y densas compuestas de árboles de hojas anchas y altos, entre las especies vegetales que

se encuentran están: Cuino Piper perijaensis, Psychotria perijaensis, Begonia confinis Greigía tillettü, Espeletia perijaensi, Anthurium perijanum y Philodendron zulianum, entre otros.

La vegetación predominante de la zona son bosques galerías presentes en todas las afluentes y drenajes del área, también se hallan bosques primarios de gran volumen con espesa vegetación, bosques asilados y relictos de bosque en algunos lugares. La vegetación en el área de la mina es pobre, como corresponde a un suelo pedregoso de piso térmico cálido en relieve de colinas, sólo se ven arbustos, árboles en menor tamaño y plantas de diferentes especies.

El uso del suelo en el área de estudio está dado actualmente por la minería y son suelos muy pobres donde no se desarrollaba ningún tipo de actividad productiva; en ciertos lugares como las vegas del río Tucuy son aptas para la agricultura y la ganadería.

## **2.8 POBLACIÓN Y ECONOMÍA**

La Jagua de Ibiríco tiene un 99,6% en área rural, la extensión restante corresponde a área urbana. Según la proyección poblacional aproximadamente 3.334 personas viven en el área rural mientras que el 85% se encuentra asentado en el área urbana (DANE, Proyecciones Poblacionales, 2013). Debido a la cercanía con las minas se ha convertido en un centro administrativo de las compañías carboníferas, lo cual hace que la minería del carbón sea la principal actividad económica en esta zona. Esto le ha permitido a la población el desarrollo de actividades; otra de las actividades importantes es la ganadería y la agricultura, aprovechando así las tierras fértiles y generando grandes opciones de empleo para la comunidad<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Cesar, Características Geográficas, I.G.A.C., 1993.

### 3. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 TÍTULO

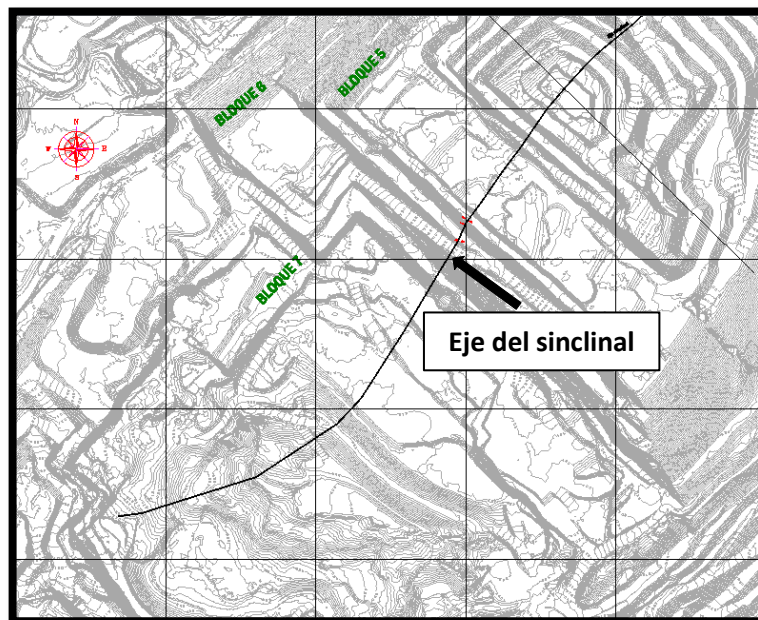
Análisis cinemático de los taludes de la Mina La jagua con base en imágenes de Sirovision; La Jagua de Ibiríco-Cesar.

#### 3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La identificación de estructuras geológicas es de gran importancia al momento de interpretar, analizar y reconocerlas en campo, además entender de manera correcta los esfuerzos tectónicos que están presentando en la corteza terrestre.

La Mina La Jagua ha estado sometida a actividad tectónica lo que originó un plegamiento a la secuencia generando fracturamientos, fallas, cizallamiento; el sinclinal de La Jagua posee un eje longitudinal con dirección predominante N30°E presentando en el flanco Occidental buzamientos mayores que van desde los 25° a 45° inclinación, y en el flanco Oriental buzamientos menores a 20° de inclinación; la mina se encuentra dividida por 7 bloques como lo muestra la figura 6; actualmente bloque 5, bloque 6 y bloque 7 es donde se está realizando la extracción de carbón.

**Figura 6.** Asbil de la mina la jagua



Fuente. Mina La jagua

Los taludes de la mina La Jagua presentan diferentes sistemas de discontinuidades y fallas geológicas (Falla la victoria, Falla Graven, Falla Sandra) que han originado inestabilidad y problemas con el minado de los mantos del carbón, por esta razón se pretende hacer un levantamiento estructural en campo y utilizar las imágenes procesadas del software Sirovision para realizar una correlación y recopilar toda la información estructural obtenida con el fin de proceder a un análisis cinemático de los sistemas de discontinuidades y decidir si el talud tiene orientación desfavorables con respecto a las discontinuidades para determinar el grado de inestabilidad y el modo de falla en macizo rocoso, además conocer el comportamiento de las fallas geológicas presentes en los taludes de la mina y así mejorar los diseños geotécnicos para el soporte técnico.

### **3.3 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

El sinclinal de mina La Jagua presenta rocas sedimentarias las cuales se encuentran estratificadas, diaclasadas, fracturadas y falladas, esto se debe a esfuerzos tectónicos que deforman la corteza terrestre. Para prevenir que los sistemas de discontinuidades y fallas presentes en el macizo rocoso causen deslizamiento se debe conocer la disposición espacial de los sistemas de discontinuidades y fallas geológicas (Falla la victoria, Falla Graven, Falla Sandra) con el fin de realizar un análisis cinemático y conocer el tipo de falla que se está presentando, para plantear posibles soluciones en caso de que arroje un potencial de inestabilidad alto en los taludes de la excavación minera.

### **3.4 OBJETIVOS**

#### **3.4.1 General**

Realizar un análisis cinemático de las estructuras presentes en los taludes de la Mina La Jagua a partir de información estructural obtenida de las imágenes procesadas en el software Sirovision.

#### **3.4.2 Específicos**

- Elaborar levantamiento estructural en campo.
- Identificar los planos de discontinuidades, planos de fallas, estratificación y trazas de carbonos en las imágenes procesadas mediante el software Sirovision.
- Procesar una base de datos con la información estructural obtenida de las imágenes procesadas para ser llevada al software Dips.
- Evaluar el comportamiento cinemático de los taludes de la mina La Jagua a

partir de los sistemas de discontinuidades.

- Interpretar cinemáticamente los taludes de la Mina La Jagua a partir de la información de las imágenes procesadas y el levantamiento realizado en campo.
- Plantear posibles soluciones al análisis cinemático realizado con la información obtenida de las imágenes procesadas en el software Sirovision.
- Actualizar mapa estructural con la información adquirida de las imágenes procesadas en el software Sirovision.

### **3.5 RESULTADOS ESPERADOS**

Se pretende realizar un análisis cinemático detallado de los taludes del sinclinal de la Mina La Jagua; para este análisis se recopilara la siguiente información:

- Levantamiento de estructuras en campo.
- Procesar en el software Sirovision las imágenes tomadas en campo con el fin de identificar las fallas geológicas y los diferentes sistemas de discontinuidades presentes en distintas área de la mina.
- Realizar una correlación de la información arrojada por las imágenes procesadas en el software y la información tomada en campo.
- Interpretar el análisis cinemático arrojado con la información recolectada.
- Identificar las direcciones de los taludes con el fin de conocer la susceptibilidad a modos de fallas en macizos rocosos.
- Mejorar los diseños geológicos y geotécnicos para el soporte técnico.

## 4. MARCO GEOLOGICO

### 4.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El departamento del Cesar está comprendido por tres zonas; La Sierra Nevada De Santa Marta descrita por Tschanz et al. (1969), Región Norte de la cordillera Oriental descrita por Ward et al. (1973) y la Serranía De Perijá descrita por Govea & Dueñas (1975) en estas zonas afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias de diferentes edades (Precámbrico-Reciente) y depósitos recientes característicos de estas regiones.

La región Norte de la Cordillera Oriental se extiende desde Rincón Hondo hasta el Departamento del Santander, conforma rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias (Precámbrico-Reciente); las rocas ígneas se presentan en mayor proporción seguida las rocas metamórficas y en menor proporción las rocas sedimentarias. La Sierra Nevada de Santa Marta fue estudiada por Tschanz et al. (1969), localizada en la parte noroccidental y occidental del municipio de Valledupar, conformada por rocas metamórficas del precámbrico instruidas por rocas ígneas del paleozoico y el mesozoico, cubiertas por rocas extrusivas mesozoico predominante hacia el costado oriental y remanentes de las rocas sedimentarias meso-cenozoicas (Tschanz, 1969). Afloran rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias siendo más abundantes las primeras, mientras que las últimas están restringidas a la parte sur de la sierra nevada de santa marta (Precámbrico-Reciente).

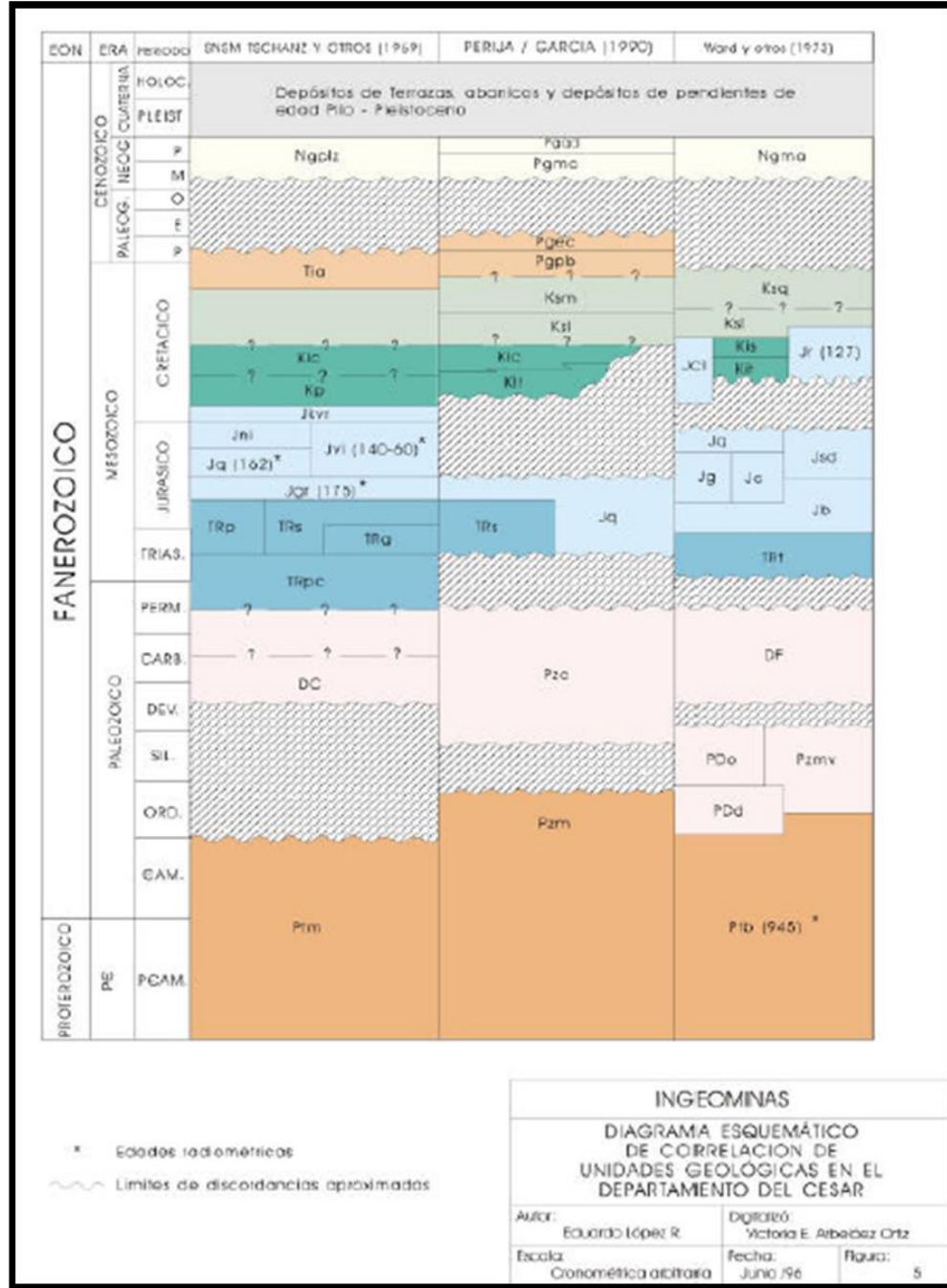
La Serranía de Perijá está localizada en la parte nororiente del departamento del cesar formada de rocas metamórficas y sedimentarias (Cambro-Ordovícicas y el reciente), las rocas de mayor extensión en el área son las rocas sedimentarias y en menor extensión se dividen en rocas metamórficas e ígneas volcánicas; fue estudiada por Paola C. Montaña Cortes (2009) en una caracterización petrográficas y geocronológicas de las rocas aflorantes de esa zona.

En la región de Serranía del Perijá se han realizado diferentes estudios como es el de Galvis Vergara, J. et al., (2008), Alfonso arias & Carlos Morales (1999) y Montaña Cortes Paola C. (2009); en las otras dos regiones se han realizado otros estudios; en la región norte de la Cordillera Oriental por Ward et al., (1973) y Alfonso arias & Carlos Morales (1999); y en la Sierra Nevada de Santa Marta por Tschanz et al. (1969), Alfonso Arias & Carlos Morales (1999) y Fabio Colmenares et al. (2007).

La Serranía del Perijá según Galvis Vergara, J. et al., (2008) se localiza al noroccidente de Suramérica, entre Colombia y Venezuela, está limitada al norte por la Falla de Oca, y al Sur por la Falla Santa Marta-Bucaramanga, se caracteriza

por ser una cadena montañosa, con rumbo SW-NE, con un flanco de suave pendiente al Suroriente, en territorio de Venezuela; el flanco noroccidental en Colombia se presenta más abrupto.

**Figura 7.** Correlación de las unidades geológicas en el Departamento del Cesar.



**Fuente.** Eduardo López, (1996) (Alfonso arias & Carlos Morales, (1999)).



## 4.2 ROCAS METAMÓRFICAS

Las rocas metamórficas de la Serranía del Perijá son de menor abundancia que corresponden a un conjunto de rocas pertenecientes a la facies esquisto verde del Paleozoico inferior constituidas por capas de cuarcitas, metaconglomerados y meta arcosas; Forero (1972) describe las Metasedimentitas de Manaure (PZm) que son correlacionable con los metasedimentoo de la Unidad Metasedimentita de La Virgen.

## 4.3 ROCAS ÍGNEAS

Las rocas ígneas de la Serranía del Perijá afloran en el flanco occidente de la misma, la cual solo comprende a rocas volcánicas de edad triásico-jurásico. Los principales cuerpos ígneos: Espilitas y otras rocas volcánicas (Ts) descrita por Tschanz et al. (1969).

## 4.4 ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias de la Serranía del Perijá son las que predominan en toda el área, las cuales comprenden Grupo Cachirí (PZc) descrita por Liddle et al. (1943); según Kündig (1938), citado por Forero, 1972) **Formación La Quinta (Jq)** Aflora cerca al Municipio de Manaure y se prolonga hacia el sur hasta la quebrada San Antonio, al oriente de La Jagua de Ibirico de edad Triásico Superior - Jurásico inferior (Forero 1972); Formación Río Negro (K1r) descrita por Hedberg (1931); según Garner (1926) el **Grupo Cogollo (K1c)** aflora en la vía entre La Paz y Manaure, al norte de El Rincón, al oriente de Codazzi, al nororiente de Casacará hasta La Victoria de San Isidro, al nororiente de La Jagua de Ibirico y cubre la Serranía de Perijá hasta la frontera con Venezuela, y en el suroriente de Curumaní de edad Aptiano (Govea & Dueñas 1975); Formación Molino (K2m) descrita por Campaniano (según Gandolfi (1995, en Tschanz et al., 1969)); según Notestein et al. (1944) la **Formación Barco (E1b)** aflora en el área de estudio al norte de La Jagua de Ibirico en la zona de explotación de carbón, y forma colinas aisladas al norte del río Tucuy y al oriente de Corregimiento La Palmita de edad Paleoceno temprano (De Porta et al. 1974); según Notestein et al. (1944) La **Formación Los Cuervos (E2c)** aflora al noreste, este y sureste, de La Jagua de Ibirico, que corresponde a la zona carbonífera, y en la loma de Los Venados, al suroeste de Boquerón, dentro de la formación se pueden distinguir tres miembros por su composición y morfología diferente, **Miembro Inferior** aflora en el sinclinal de La Jagua en el área de mina La Jagua. **Miembro Medio** aflora en la parte este de La Jagua de Ibirico, en el área de explotación de mina La Jagua, al norte del río Tucuy, y hacia el norte de Cerro Largo, es el miembro más importante de la Formación Los Cuervos, pues en este se encuentran los mantos de carbón económicamente explotables Según Mejía & Mateus (1978) y Ruíz et al. (1993). **Miembro Superior** se observan en la parte este de La Jagua de Ibirico; según

García (1990) la **Formación Cuesta (N1c)** utiliza este nombre para describir los sedimentos semiconsolidados que conforman el tope del Sinclinal de La Loma, que afloran en la vía entre La Jagua de Ibérico y La Loma; Formación Zambrano (N2z) descrita por Weiske, (1938).

la región norte de la cordillera Oriental las rocas ígneas de mayor importancia son Unidad Intrusiva- Efusiva (Jcr) descrita por Clavijo, (1996), Riolitas (Jr) descrita por Arias & Vargas, (1980) y algunos cuerpos plutónicos como Dioritas (Od), Tonalitas (Tt), Granitos (Jg) y Cuarzomonzonitas (Jc) descrita por Daconte & Salinas, (1980) y por Clavijo, (1996) de igual forma se presentan rocas metamórficas en menor proporción como Neis de Bucaramanga (P€b) descritas por Ward et al. (1973) y los Ortogneis (P€o) descritas por Ward et al. (1973) de igual forma están las rocas sedimentarias con algunas formaciones importantes tales como Formación Floresta (Df) descritas por Olson & Ramírez (1935, en Dickey, 1941), Formación Bocas (Jb) descritas por Dickey (1941), Formación La Quinta (Jq) descrita por Kündig (1938), Unidad Conglomerática de Arenal (Jsa) descrita por Clavijo et al. (1996), Formación Tablazo (K1t) descrita por Wheeler (1938), Formación Simití (K1s) descrita por Hubach, (1957) & Morales et al., (1958), Formación La Luna (K2l) descrita por Garner (1926), Formación Umir (K2u) descrita por Huntley (1917, en Julivert, 1968), Grupo Real (N1r) descrita por Wheeler (1935), según Hubach, (1957) y Formación Algodonal (N1a) descrita por Arias & Vargas (1980); en la Sierra Nevada de Santa Marta las rocas metamórficas son las de menor abundancia conformadas por las Granulitas de los Mangos descrita por Tschanz et al. (1969) y el Neis de los Muchachitos (Pem) descrita por Tschanz et al. (1969), las rocas ígneas son las que predominan en toda el área, las cuales comprenden rocas intrusivas que conforman los batolitos y las rocas volcánicas según Tschanz et al., (1969), Alfonso arias & Carlos Morales, (1999) y Fabio Colmenares et al., (2007). Los principales cuerpo ígneos: Los Pórfidos keratófidos verdes (TP) que descrita por Tschanz et al (1969) y Fabio Colmenares et al., (2007); Las Espilitas triásicas (TJS) descrita por Tschanz et al. (1969); Granitoides de la Sierra Nevada de Santa Marta (Jgr) descrita por Tschanz et al., (1969); El Batolito de pueblo bello y patillal (JPBP-CM) descrita por Tschanz et al. (1969); Las rocas volcanoclásticas y volcánicas del jurásico (Jvi) descrita por Tschanz et al. (1969), Las Ignimbrita de la Caja de Ahorro descrita por Tschanz et al. (1969); Las Ignimbrita de los Clavos descrita por Tschanz et al. (1969) y Las Ignimbrita de la Piña descrita por Tschanz et al. (1969); El Volcánico Riolítico (JKVR) que comprende las rocas volcánicas ignimbrita del jurásico superior; agrupando a un grupo de rocas volcánicas riolíticas descritas por Tschanz et al. (1969), Las Riolita del Golero descritas por Tschanz et al. (1969) y Las Rocas volcánicas no diferenciadas descritas por Tschanz et al. (1969), de igual forma están las rocas sedimentarias con algunas formaciones importantes tales como la Secuencia de la Cuchilla Carbonal (Dc) descrita por Tschanz et al. (1969); Formación Corual definida por Tschanz et al., (1969); Formación los indios descrita por Trumpy (1943); La Formación Guatapurí (Tg) definida por Tschanz et al., (1969) y Las Calizas y Shales Cretácicos Indiferenciados (kcsi) descritas por

Tschanz et al. (1969); Formación Zambrano (N2z) descrita por Weiske, (1938); Grupo Cogollo y la Formación descritas por Tschanz et al. (1969).

#### **4.5 DEPOSITOS RECIENTE Y CUATERNARIOS**

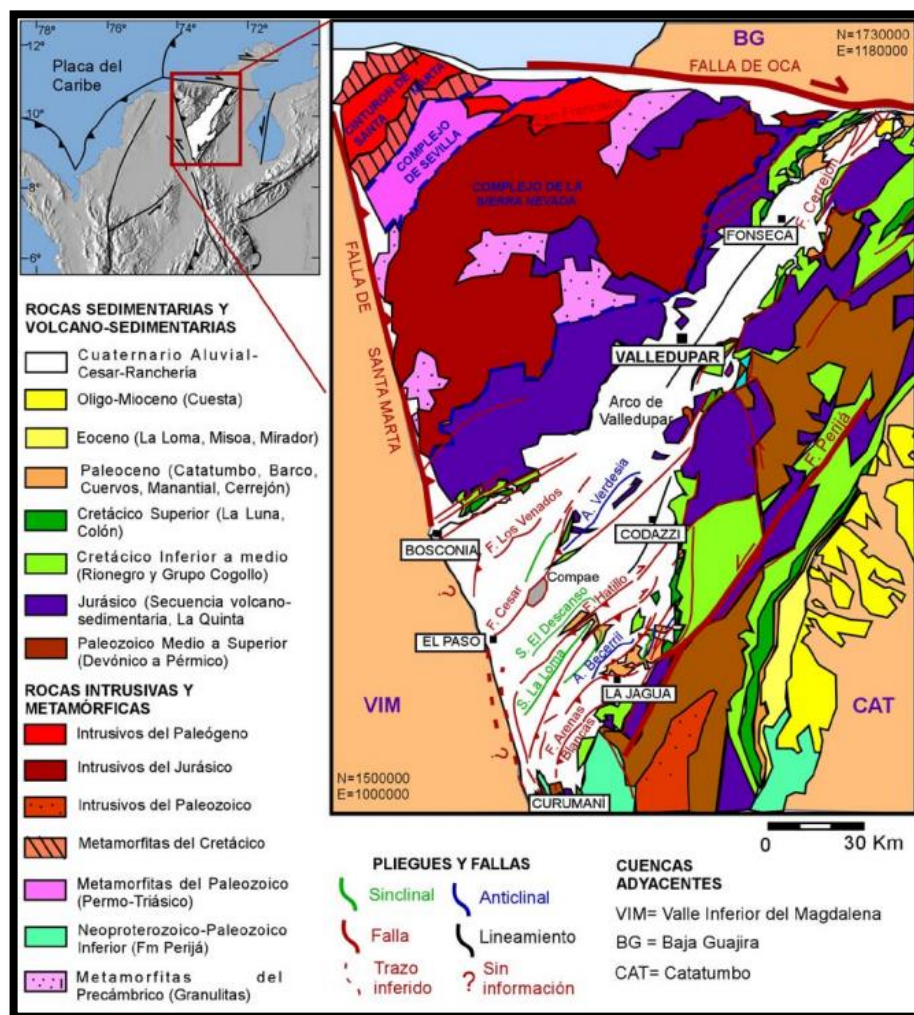
Los depósitos recientes del departamento del Cesar son característicos de las tres regiones, La Sierra Nevada de Santa Marta, La Serranía del Perijá y el Norte de Cordillera oriental; estos depósitos son generados por los ríos Cesar, Ariguani y el Río Tucuy con sus afluentes, que por su composición y características se consideran de edad cuaternaria; **las terrazas aluviales** se ubican en la parte Este de la mina La Jagua, cerca al sector de Cerro Largo, se caracterizan por presentar cantos de subredondeados a subangulares dentro de una matriz areno-lodosa de colores rojizos, se observan en las partes más altas de Cerro largo, lo cual se asocia a levantamientos de la Cordillera Oriental durante el plioceno, que impidieron una tasa elevada de erosión, por consiguiente facilitó la conservación de las terrazas por encima de 200 - 300 m del nivel base actual del río (Hernández, M. Ingeominas, 2003); **El Abanico de la Jagua de Ibirico (Depósitos de Cono De Deyección)**, corresponden a los depósitos acumulados en el piedemonte de la Serranía de Perijá y forman el ápice del abanico aluvial, originando un relieve con una pendiente media a ligeramente inclinada, estos depósitos son un producto de procesos aluviales y de gravedad; **Los Depósitos de Llanura Aluvial**, corresponden a los depósitos acumulados por las corrientes en las zonas planas y semiplanas Su expresión morfológica es una superficie plana, donde los sedimentos de espesores variables se caracterizan por una granulometría fina pertenecientes de la Serranía del Perijá; también se encuentran depósitos recientes de la Sierra Nevada de Santa Marta tales como las Terrazas (Qt) localizadas al norte de Valledupar, en los ríos Badillo, Seco, Guatapurí y Candela, Abanicos Aluviales (Qcal) entre estos están el Abanico de Valledupar, manera las Morrenas (Qm) las cuales solo se encuentran en las zonas altas, Llanuras Aluviales (Qlla) se localizan entre Valledupar y Bosconia pertenecientes a la sierra nevada de santa marta; y en el norte de la cordillera oriental los depósitos reciente principales son terrazas (Qt) no cartografiables, abanicos aluviales(Qcal) tales como el abanico en Pailitas, cuyo ápice está ubicado en el sector urbano de este municipio y se extiende hasta de cercanías de la zona de Ciénaga, las llanuras aluviales (Qlla) que están asociados a la cuenca del río Magdalena y los Aluviones Recientes (Qal) que se localizan al noroccidente de Chiriguana y al occidente del municipio de San Alberto.

#### **4.6 GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

Las tres zonas en las que está comprendida el departamento del Cesar esta constituidos por pliegues y fallas que afectan las unidades litológicas presentes; los pliegues más notorios se localizan en la Serranía del Perijá tales como el anticlinal de Becerril definido por García, (1990) que se presenta al occidente de La Jagua de Ibirico y se prolonga hacia el norte hasta cerca de su cabecera

municipal, anticlinal y sinclinal al occidente de Manaure según García, (1990), el sinclinal de la loma y el anticlinal de Tucuy descrito por la memoria explicativa del Departamento del Cesar, Alfonso aria & Carlos Morales (1999), el sinclinal de la jagua que se ubica al nororiente del municipio de la jagua de Ibirico y que continua al oriente del corregimiento de la loma cesar según García, (1990) perteneciente a la Cuenca Cesar - Ranchería limitada geográficamente y tectónicamente por la Sierra Nevada de Santa Marta al noroeste, la Serranía de Perijá al este, la Falla de Oca al norte y la Falla Bucaramanga - Santa Marta al suroeste( Figura 8).

**Figura 8.** Mapa geológico generalizado de la cuenca Cesar-Ranchería. En este esquema se resaltan las estructuras más importantes de la subcuenca de Cesar.



**Fuente.** Modificado de AYALA (2009), BAYONA et al. (2007), GÓMEZ et al. (2007), VILLAMIL (1999), MONTES et al. (2005a).

De acuerdo con Hernández (2003), esta dinámica ha formado sinclinales y anticlinales estrechos con una dirección preferencial NNE-SSW con deformación

más intensa hacia el oriente, en las estribaciones de la Serranía del Perijá. Los plegamientos y fallas de carácter inverso, son los elementos estructurales dominantes y se dan como resultado de un sistema de esfuerzo compresivo de carácter regional que generan además sectores distensivos.

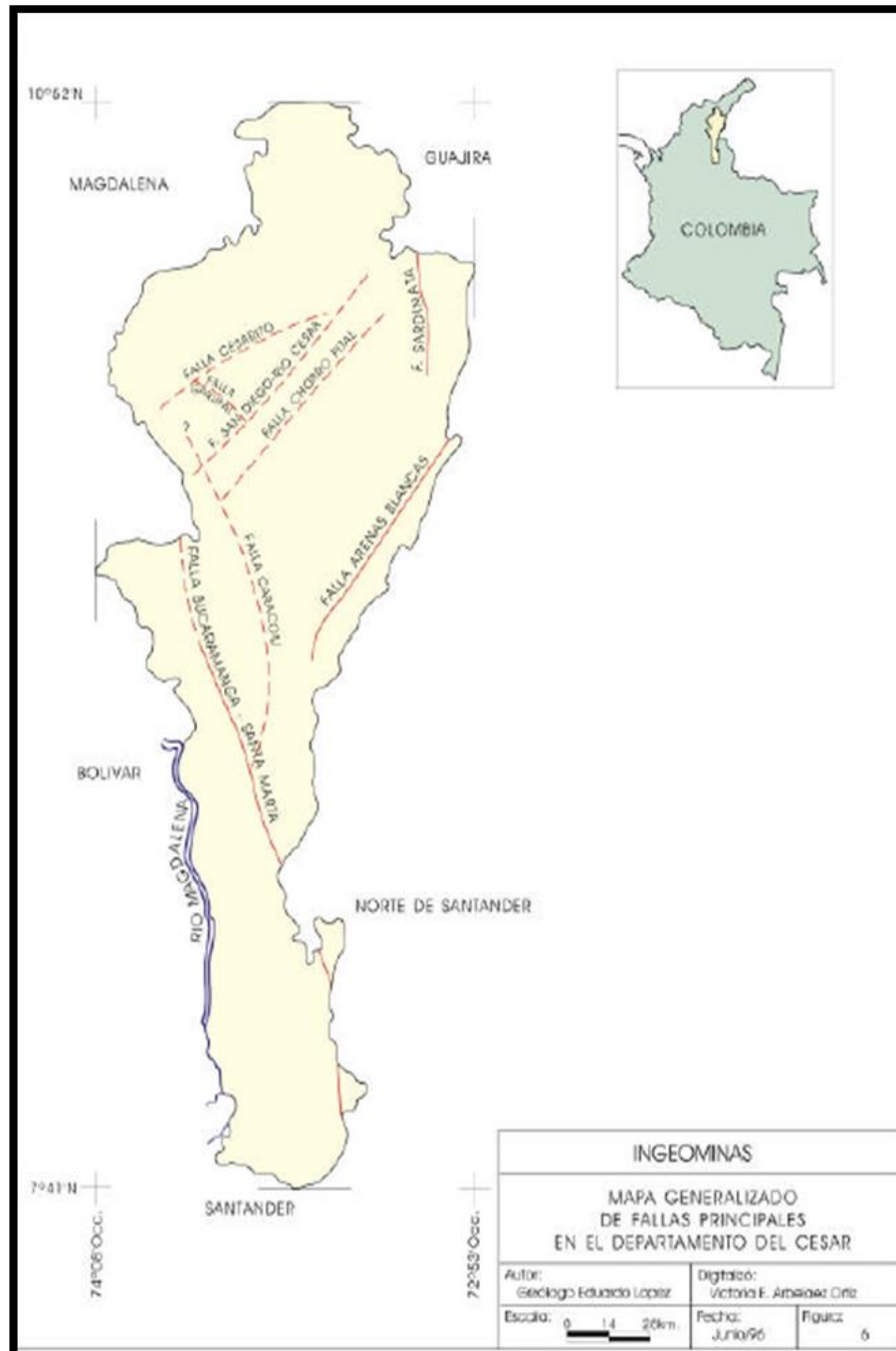
#### **4.7 PLIEGUES**

Los pliegues hacen parte del gran sinclinorio de la Jagua formando un bloque estructural definido con dirección N-NE y un gran anticlinorio en la Serranía del Perijá. Algunos de estos pliegues están limitados por fallas y siguen una dirección NE-SW; como lo es el sinclinal de la Jagua el cual se encuentra al NE del Municipio de La Jagua de Ibirico, aproximadamente a 5 km.

#### **4.8 FALLAS**

Las fallas más notorias están divididas en las tres zonas del departamento del cesar, detallándose dos sistemas de fallas de mayor fracturamiento (**Figura XXX**); el primer sistema comprende la falla Santa Marta-Bucaramanga con dirección NE-SW a E-W el cual controla gran parte del drenaje del departamento del Cesar según Julivert, (1968), Ward et al. (1973) y Boinet et al. (1989); dentro de este sistema se encuentra la falla Sardinata al oriente de Manaure con un lineamiento con dirección NE-SW descrita por Arango (1980), la falla Caracolí al oriente del corregimiento del Burro terminando hacia el sur contra una de las fallas del sistema NE-SW descrita por Royero et al. (1995); La falla Garupal al oriente del corregimiento Los Venados y podría prolongarse hacia el noroccidente de la parte montañosa de la Sierra Nevada de Santa Marta descrita por García, (1990) y Ángel & Huguett, (1995); y el Sistemas de falla NE-SW que Constituye un sistema de fallas con dirección NE observable en la Serranía del Perijá y actúan principalmente sobre el miembro medio de la Formación Los Cuervos. En la parte sur de La Jagua de Ibirico, sirve como límite entre unidades, principalmente paleozoicas y el segundo sistema comprende la falla Arenas Blancas una de las importantes, se localiza en la Serranía de Perijá al oriente del municipio de la Jagua de Ibirico y se extiende hacia el norte de la frontera de Venezuela según García (1990); en la quebrada de San Antonio, al sureste de La Jagua de Ibirico, la falla está cubierta por depósitos cuaternarios, en el mapa de García (1990), su probable trazo se continúa al oeste hasta terminar contra el Sistema de Fallas Bucaramanga – Santa Marta; una posible división de la falla Arenas Blancas o su continuación al sur es el sistema del borde montañoso que se prolonga hasta terminar contra la falla de Bucaramanga – Santa Marta en la quebrada la Virgen. Según Page (1986), la tendencia recta de la traza de la Falla Arenas Blancas sugiere un buzamiento subvertical, pero podría ser de tipo inverso que pone en contacto rocas paleozoicas sobre secuencias jurásicas o cretácicas y corresponde a la Serranía del Perijá. (Hernández 2003)

**Figura 9.** Fallas principales del Departamento del Cesar.



**Fuente.** Eduardo López, (1996) (Alfonso arias & Carlos Morales, (1999).

## 4.9 GEOLOGÍA LOCAL

El área de la explotación de la mina La Jagua, está conformada por rocas sedimentarias con edades entre el Paleógeno en la que se encuentra la Formación Cuervos acompañada de acumulaciones sedimentarias del Holoceno y reciente, formados principalmente por los ríos Tucuy. Estratigráficamente la explotación de carbón se encuentra en el miembro Medio de la Formación los Cuervos.

### 4.9.1 Formación los cuervos (e2c)

Descrita por Notestein et al. (1944), aflora al noreste, este y sureste, de La Jagua de Ibirico, que corresponde a la zona carbonífera, y en la loma de Los Venados, al suroeste de Boquerón, dentro de la formación se pueden distinguir tres miembros por su composición y morfología diferente (miembro inferior, miembro medio y miembro superior), presenta arcillolitas negras, grises, verdosas y amarillentas, con delgadas intercalaciones de arenisca gris verdosa o amarillenta, de grano medio, micáceas, con matriz arcillosa, y mantos de carbón que son objeto de explotación intensa; según van der Hammen (1957) esta formación es de edad Paleoceno medio al Eoceno inferior. La formación Los Cuervos, en el área de la Zona Carbonífera Cesar, reposa conformemente en contacto transicional, sobre la Formación Barco, es una secuencia sedimentaria muy variable, por lo cual se ha dividido en tres conjuntos<sup>3</sup>:

- **Miembro Inferior**

Aflora en el sinclinal de La Jagua en el área de mina La Jagua, estratigráficamente la base de esta formación se caracteriza por ser arenosa, y los niveles de limolita y arcillolita aumentan hacia la parte media y techo de este, donde se intercala con delgadas capas de areniscas, lodolitas, shales carbonosos, calcoarenitas bioclásticas, litoarenitas calcáreas bioclásticas y fosilíferas (espesores de 20-40 cm) y cintas de carbón; según Campo&Zuleta (1994) describen que este miembro en la base presenta unas areniscas de grano fino a medio de color gris amarillentas con laminación paralela a subparalela estas capas suprayacen a las lodolitas, shales y limolitas grises; en la parte media se presentan areniscas de grano fino a medio de color gris oscura a verdosas (espesores 3–7 m) intercaladas con capas de limolitas, shales grises y shales carbonosos y cintas de carbón (espesores <40 cm); y en la parte superior se presenta una alternancia de lodolitas grises, lodolitas shales rojas y shales carbonosos, cinta de carbón.

- **Miembro Medio**

---

<sup>3</sup> ESPINOSA, A. 1984. Historia de las Investigaciones Geológicas en Colombia notas a partir de la segunda mitad del siglo XIX, Ciencia Tecnología y Desarrollo, Conciencias. Bogotá.

Aflora en la parte este de La Jagua de Ibérico, en el área de explotación de mina La Jagua, al norte del río Tucuy, y hacia el norte de Cerro Largo, es el miembro más importante de la Formación Los Cuervos, pues en este se encuentran los mantos de carbón económicamente explotables Según Mejía & Mateus (1978) y Ruíz et al. (1993), este miembro consta de intercalaciones de areniscas de grano muy fino con altos contenidos de hierro, areniscas que varían de grano fino a medio con tonalidades rojizas por alteración, limolitas y arcillolitas grises con abundantes restos de plantas, y presenta potentes mantos de carbón que pueden alcanzar 7 metros de espesor (**Figura XXX**); también se caracteriza por la estratificación cruzada y laminación plana a ondulosa paralela continua y discontinua que presenta este miembro; en la base presenta areniscas de cuarzo de grano medio a fino, bien cementadas (espesores 18-30 m) intercalado de areniscas de cuarzo de grano fino a muy fino, moderadamente cementada (espesores 15-22 m), con laminación paralela y cruzada; en la parte media presenta una secuencia arenosa (espesores 25-45 m) con laminación paralela y cruzada; y en la parte superior aparece una intercalación de areniscas de grano medio (espesores 6-15 m) con lodolitas (espesores 2-10 m).

La secuencia carbonífera de la mina La Jagua se encuentra integrada por 21 mantos de carbón, en los que sobresalen los mantos M02U, M05, M15, M20, M25, M35, M40 siendo estos los de mayor espesor (2.10 a 5.54 m) en el área de explotación; el manto 15 (M15) es el más potente del depósito, con un espesor variable de 4.65 a 5.70 m.

- **Miembro Superior**

Se caracteriza por presentar un cuerpo de arcillolitas, arcillolitas shales carbonosa, limolitas y delgadas capas de carbón en menor proporción y areniscas de grano fino con laminación paralela a subparalela, continua a discontinua, lenticular y masiva, geometría tabula (espesores 249-1600 m), este miembro suprayace discordantemente a la Formación Cuesta.

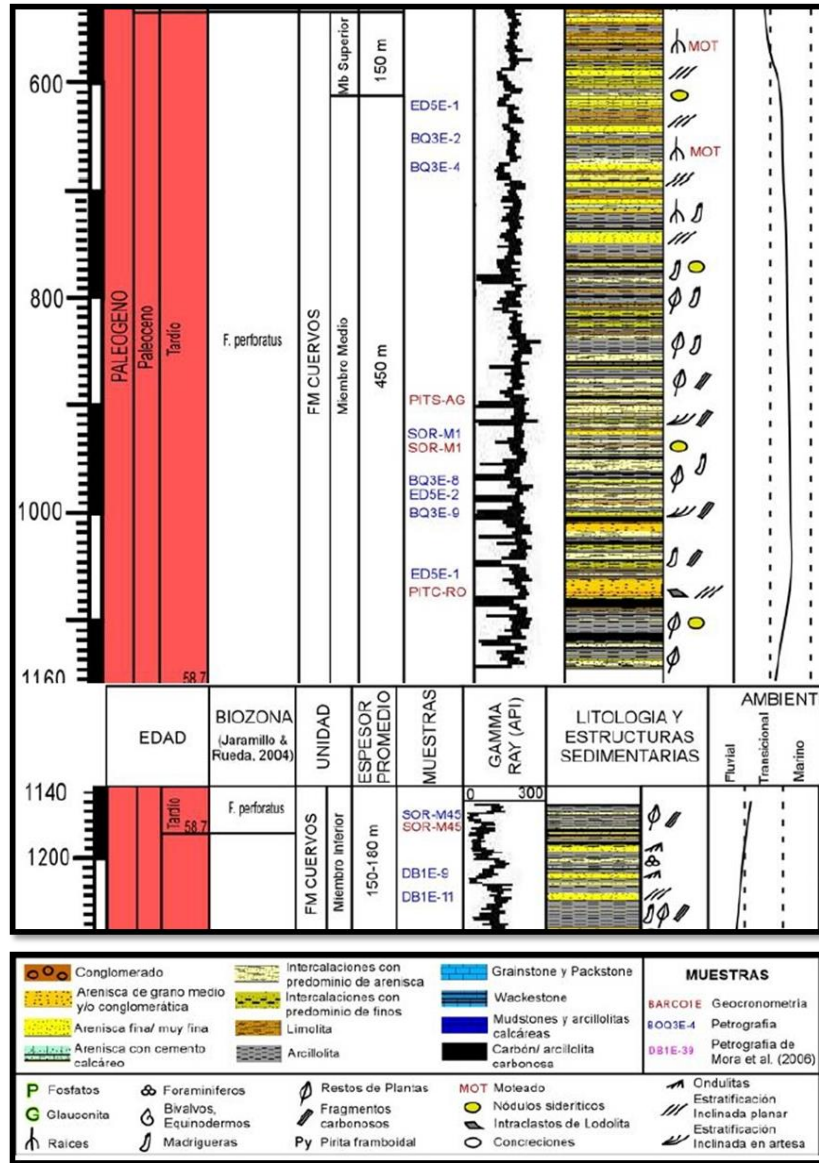
#### **4.9.2 Depósitos reciente y cuaternarios**

Estos depósitos se presentan formando los techos de todas las colinas (terrazas de relleno), pues en las partes bajas fue erodada, se encuentra en Cerro de Piedra y en Cerro largo, su espesor llega a ser >100 m; Las terrazas aluviales están formadas por cantos de diferentes tamaños en una matriz arenosa poco cementada de color gris de grano medio a grueso, con impurezas ferruginosas, los bloques están compuestos Areniscas conglomeráticas o Conglomerados de guijos de composición cuarcítica, muy compactos, los fragmentos de los bloques son subangulares mal redondeados y escasa esfericidad, por su baja selección podría tratarse de un aluvión torrencial y los sedimentos no consolidados recientes (Aluviones) se encuentran en las riberas del río Tucuy, compuesto por gravas, fragmentos de roca hasta de 0.5 m. de diámetro aproximadamente y arenas de



grano grueso no consolidado, dividido por una capa de arcilla de 0.50 m de espesor<sup>4</sup>.

**Figura 10.** Columna estratigráfica generalizada para el Intervalo Campaniano-Reciente en la subcuenca de Cesar.



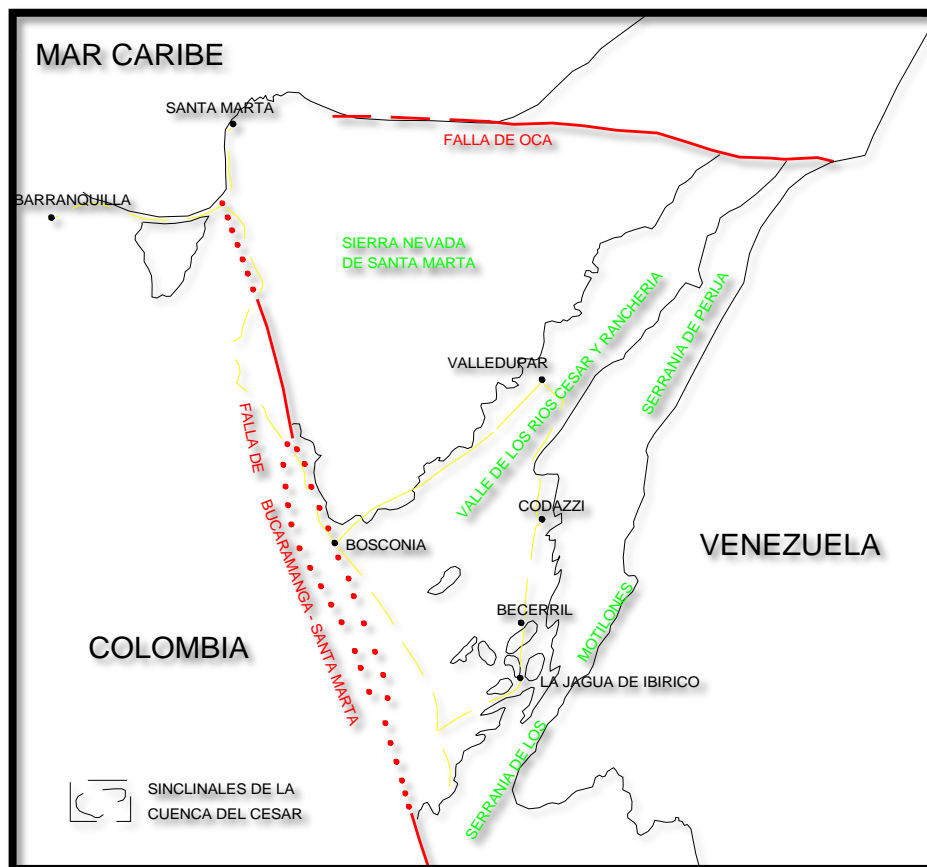
Fuente. Modificado de AYALA (2009), y MORA et al. (2006).

<sup>4</sup> Recursos Carboníferos de La Jagua de Ibirico (Cesar), Informe N0. 1732, L. J. Mejía, L. E. Mateus.

#### 4.10 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

La mina La Jagua se encuentra conformada en el sinclinal de La Jagua figura 11 el cual se presenta forma ovoide, alargada hacia el Norte, es ligeramente asimétrico, con un eje mayor de aproximadamente 10,4 km y más de 4 km de ancho. Hacia el sur, la estructura es amplia y se cierra al norte con un cabeceo al W. La dirección del eje es N55°E (+10°). Es un sinclinal abierto con un buzamiento en sus dos flancos entre 10° y 35° presentando su mayor punto de inflexión en el sector de Cerro De Piedra, el sinclinal afecta principalmente rocas del miembro medio de la Formación Los Cuervos y es el principal rasgo estructural que controla los depósitos que son objeto de explotación actual minera en el área; esta estructura presenta formación paleógena de edad Paleoceno a Eoceno<sup>5</sup>.

**Figura 11.** Mapa geológico regional, Sinclinales de la cuenca del Cesar



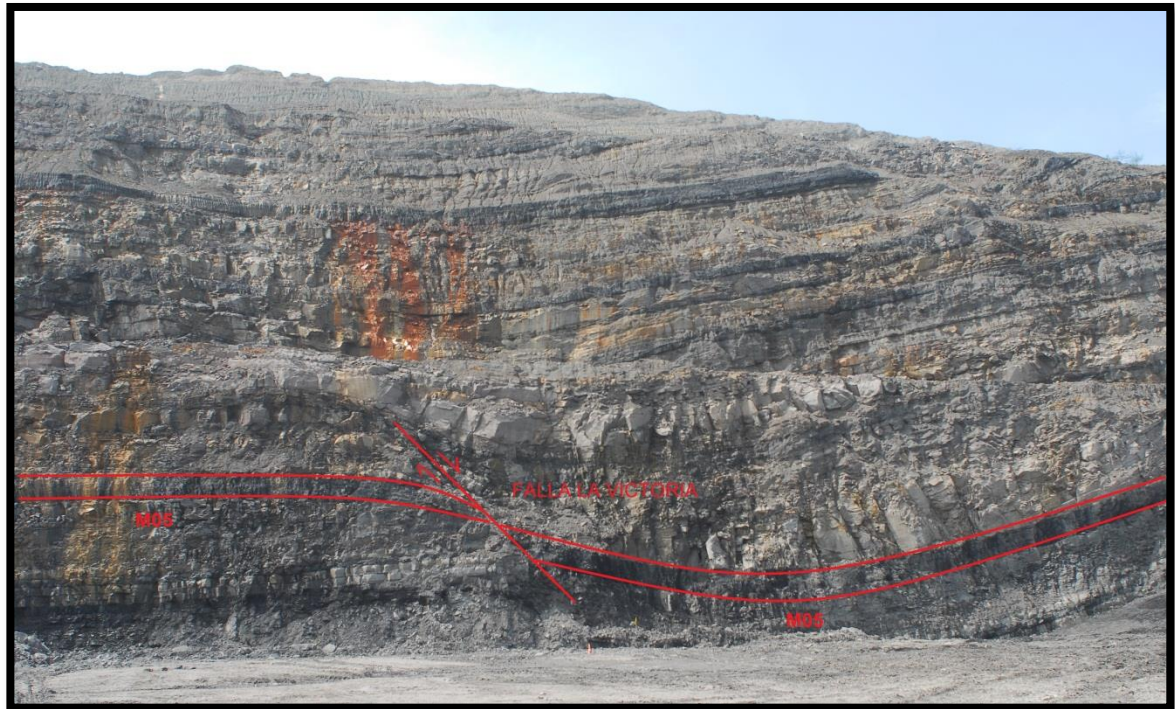
Fuente. Geología Jagua, Carbones del caribe 2002.

En el sector del sinclinal de la jagua, la formación los cuervos se encuentran afectada por diferentes fallas normales buzando al NW. La imagen 1 muestra una

<sup>5</sup> HERNÁNDEZ, M. 2003. Geología de la Plancha 48 La Jagua de Ibirico. Ingeominas.

de las fallas más importantes de la sinclinal es la falla La Victoria presenta una disposición  $N70^{\circ}E/45^{\circ}NW$ <sup>6</sup> y presenta un pequeño desplazamiento vertical<sup>7</sup>; la falla La Victoria presenta estructuras secundarias ramificadas, resultantes de los procesos de propagación del plano principal, también fallas sintéticas asociadas con rumbo y buzamiento promedio  $N83^{\circ}E/52^{\circ}NW$ <sup>8</sup>.

**Imagen 1.** Desplazamiento generado en el M05 por la falla La Victoria, Pared Bloque 5 Eje Nivel 2.



**Fuente.** Autor del proyecto

También se presentan otras fallas normales (Imagen 2) con pequeños desplazamientos controlando a los mantos de carbón pertenecientes al miembro medio de la formación los cuervos, mostrando buzamientos que varían desde los  $20^{\circ}$  hasta  $60^{\circ}$  aproximadamente con dirección NW y otras con dirección NE poniendo en contacto al miembro Medio y miembro Superior de la Formación los Cuervos con un trazado rectilíneo iniciando en Cerro Largo y terminado cerca al cierre del Anticlinal Loma Corazones<sup>9</sup>.

<sup>6</sup> RIVAS, O. 2006

<sup>7</sup> Mejía y Mateus, informe No. 1732. ( ingeominas, Minminas).

<sup>8</sup> Ruiz, S. 2011. Modelamiento de la falla La Victoria en el sector de Cerro de Piedra, Proyecto La Jagua, Municipio de la Jagua de Ibirico-Cesar.

<sup>9</sup> HERNÁNDEZ, M. Memoria explicativa de la geología de la Plancha 48 La Jagua de Ibirico. INGEOMINAS, 2003.

**Imagen 2.** Plano de falla con dirección NW afectando al M15 con una falla en cuña, pared bloque 5 occidental Nivel 35.



**Fuente.** Autor de proyecto.

#### 4.11 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

La compleja evolución geológica del norte de Suramérica fue estudiada principalmente por Maze (1984), Kellogg (1984), Cáceres et al. (1980) e Irving (1975). En el área del cesar se establece la existencia de 2 (dos) eventos principales de actividad tectónica relacionados con los patrones regionales de compresión del valle del río Cesar.

- El primer evento fue la orogenia caribe de edad Eoceno y Mioceno relacionada con las primeras deformaciones que dieron con origen al sinclinal de La Loma y el descanso.
- El segundo evento se relaciona con la orogenia Andina de edad Mioceno hasta el presente, la cual da forma actual de estas estructuras.

Para el Paleozoico Temprano Hernández (2003) indica ocurrió una deposición de sedimentos pelíticos hacia el Silúrico Temprano sufrieron procesos de metamorfismo de bajo grado y alta temperatura correspondiente a la Unidad Metasedimentaria de La Virgen<sup>10</sup>. En el Silúrico y Devónico Temprano ocurrieron

<sup>10</sup> Hernández. Marina. (2003). Memoria explicativa, Geología de la plancha 48 La Jagua de Ibirico a escala 1:100.000. Bogotá Ingeominas.

eventos simultáneos de levantamiento, plegamiento, actividad plutónica y erosión relacionados a la Orogenia Caledoniana. En el Paleozoico ocurre un segundo evento tectónico importante, la Orogenia Herciniana, correspondiente al Devónico Tardío y se caracteriza principalmente, por procesos de fallamiento y fuerte erosión que originan un hiato entre los sedimentos devónicos y carboníferos<sup>11</sup>.

Para el Triásico y Jurásico se presenta un evento de procesos distensivos que ocasionaron adelgazamiento en la corteza continental originando rifting<sup>12</sup>. Laurasia se divide y origina mares entre Norteamérica, Suramérica y África, produciendo la apertura del mar Caribe y a su vez se forman fosas tectónicas que permiten la depositación de la Formación La Quinta.

Para el cretácico temprano se deposita la Formación Rio Negro, Gil & Martínez (1990) indican que ocurre sobre paleodepresiones configurando una topografía suave que favorece la depositación de carbonatos hacia el tope de la formación<sup>13</sup>. En a el Cretácico tardío se deposita el Grupo Cogollo, Hernández (2003) indica que la subsidencia es continua y se forma un ambiente de depósito marino, donde predomina la precipitación química de carbonato<sup>14</sup>. Más tarde en el momento que la subsidencia alcanza su máxima profundidad se deposita la Formación La Luna y en ese mismo periodo se deposita la Formación Molino, Bayona propone que los sedimentos de esta Formación fueron aportes recibidos de los procesos erosivos en la Cordillera Occidental<sup>15</sup>.

Para el paleoceno se deposita la Formación Barco y la Formación Los Cuervos, en un ambiente continental producto de una lenta regresión<sup>16</sup>

Para el Eoceno y el Oligoceno se inicia un estilo estructural de bloques tectónicos que involucran el basamento, que culmina durante el Plioceno con el cabalgamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá sobre cuencas adyacentes.

Para el Mioceno y Plioceno ocurre el principal levantamiento de la Serranía de Perijá de la orogenia andina, originando fallas transcurrentes de Bucaramanga – Santa Marta, de Oca y el lineamiento de Sevilla, bajo un campo de esfuerzos

---

<sup>11</sup> Hernández. Marina. (2003). Memoria explicativa, Geología de la plancha 48 La Jagua de Ibirico a escala 1:100.000. Bogotá Ingeominas.

<sup>12</sup> ANH. Op. Cit., p.50.

<sup>13</sup> GIL, A y MARTINEZ, H. Citado por, Hernández. Marina. (2003). Memoria explicativa, Geología de la plancha 48 La Jagua de Ibirico a escala 1:100.000. Bogotá Ingeominas.

<sup>14</sup> Hernández. Marina. (2003). Memoria explicativa, Geología de la plancha 48 La Jagua de Ibirico a escala 1:100.000. Bogotá Ingeominas.

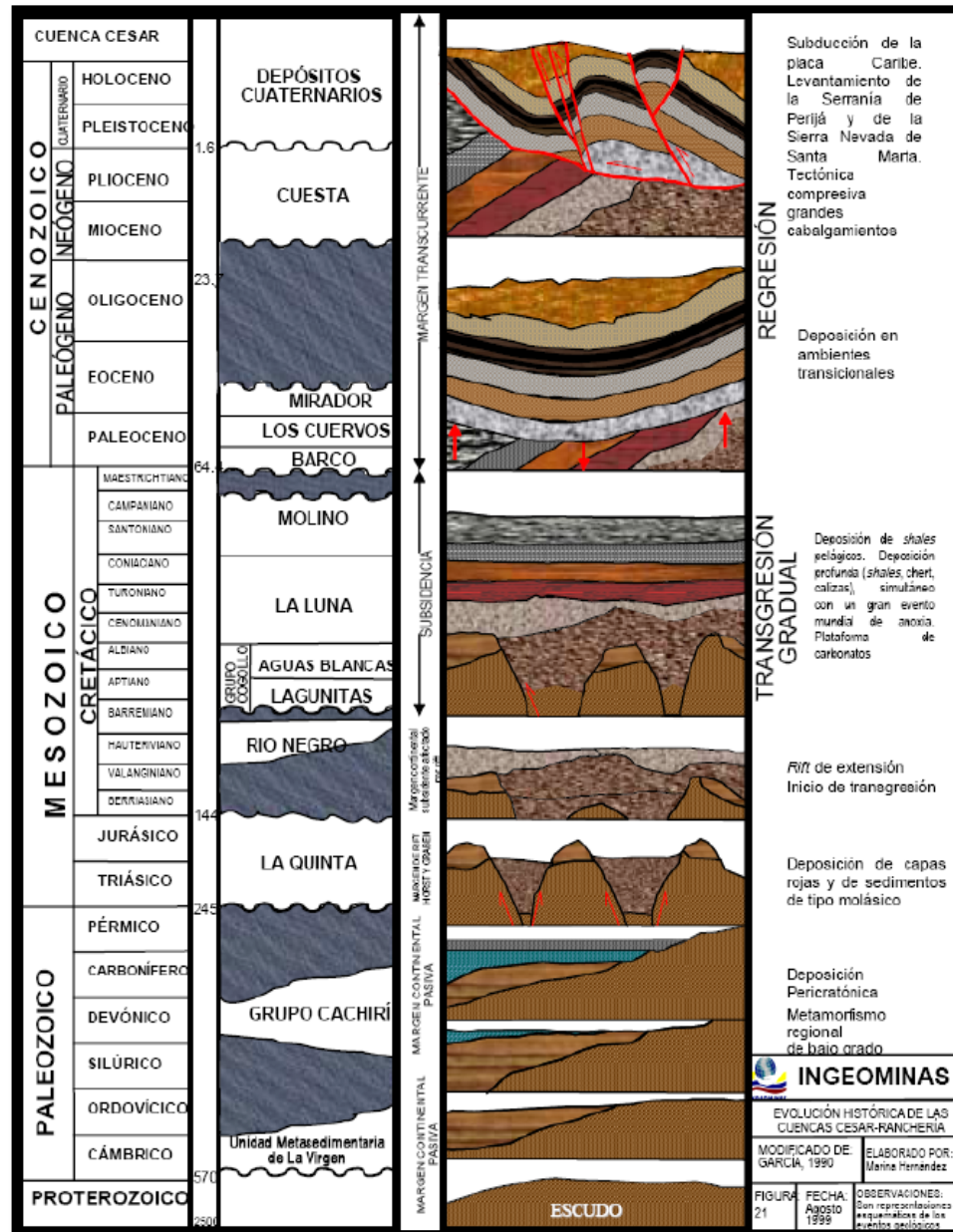
<sup>15</sup> Bayona et al. Procesos orogénicos del Paleoceno para la cuenca de Ranchería (Guajira, Colombia) y áreas adyacentes, definidos por análisis de proveniencia. Geología Colombiana. ISSN 0072 – 0992, 2007.

<sup>16</sup> Hernández. Marina. (2003). Memoria explicativa, Geología de la plancha 48 La Jagua de Ibirico a escala 1:100.000. Bogotá Ingeominas.

compresivos orientados<sup>17</sup>.

Finalmente para el Plioceno y Pleistoceno se formaron abanico aluviales, terrazas y planicies aluviales que se encuentran cubriendo el valle Cesar- Ranchería<sup>18</sup>.

**Figura 12.** Evolución geológica de la cuenca Cesar- Ranchería.



Fuente. Ingeominas, 2003.

<sup>17</sup> Galviz, J. y R. De la Espriella. Op. Cit., p.45.

<sup>18</sup> ANH Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Op. Cit., p. 79.

## 5. MARCO DE ANTECEDENTES

- **Caracterización geotécnica del macizo rocoso contenido en el sector explotado del sinclinal La Jagua, municipio La Jagua de Ibirico – Cesar.**

**Alcance:** determinar la clasificación geomecánica del macizo rocoso propuesto por Bieniaswski (1972), permite estimación la calidad del macizo rocoso mediante la cuantificación de parámetros de fácil medición.

**Aporte al proyecto:** este proyecto aporto a la identificación del RQD y la resistencia a la comprensión simple y a la caracterización geotécnica de macizo rocoso.

- **Photogrammetric mapping and survey assessment of complex structural geology in the design analysis of pit walls: superpit Kalgoorlie**

**Alcance:** analizar estructuras geológicas a partir de la fotogrametría y la evaluación geológica estructural para diseños de paredes del tajo de superpit, Kalgoorlie.

**Aporte al proyecto:** este artículo aporto a la identificación de estructuras geológicas por medio de fotogrametría.

## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1 MACIZO ROCOSO**

Es el conjunto de matriz rocosa, fallas, discontinuidades, pliegues y demás características geológicas. La presencia de discontinuidades de diversos tipos confiere al macizo rocoso un carácter heterogéneo y un comportamiento no continuo, condicionado por la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad y condiciona su comportamiento geomecánico e hidráulico.

Se acostumbra a clasificar los macizos rocosos como:

- Macizos de “roca dura”, si las fallas potenciales o reales están controladas por las estructuras (es decir que en los procesos de falla las masas desplazadas deslizan sobre la discontinuidad o se desprenden de ellas).
- Macizos de “roca blanda”, en el caso de que las superficies de falla se establezcan a través de los materiales, independientemente de la orientación que tengan las diaclasas estructurales.

### **6.2 LAS DISCONTINUIDADES**

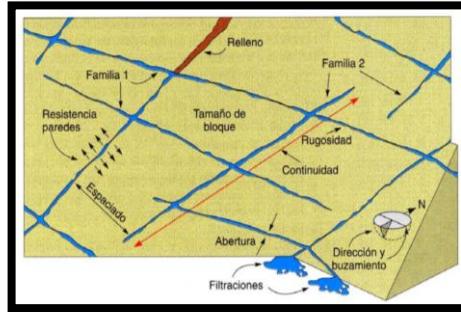
Las discontinuidades se forman por tracción, son rugosas y abiertas; estas aberturas se pueden rellenar con algún material débil, arcilla o clorita. Además, pueden tener cualquier grado de continuidad dentro de una masa rocosa y la roca misma puede estar sana o químicamente afectada lo que reduce su resistencia.

Muchas de las fallas de taludes o laderas se deben al desplazamiento de masas de roca a lo largo de las discontinuidades, por lo cual el ingeniero debe conocer las características y otros planos estructurales, con el fin de poder determinar sus características de resistencia.

Las discontinuidades tienen gran importancia práctica, ya que determinan en gran parte las propiedades geomecánicas y la porosidad de origen tectónico de un macizo rocoso. Por ello tienen un significado inmediato en minería y en labores a tajo abierto, en canteras, diseño de obras ingenieriles, circulación de aguas subterráneas, reservorios de hidrocarburos y circulación de fluidos hidrotermales y depósitos minerales.



**Figura 13.** Propiedades geométricas de las discontinuidades



**Fuente.** Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramiento. IGME, Ferrer, M. & Gonzales de Vallejo, L, Eds. (1999).

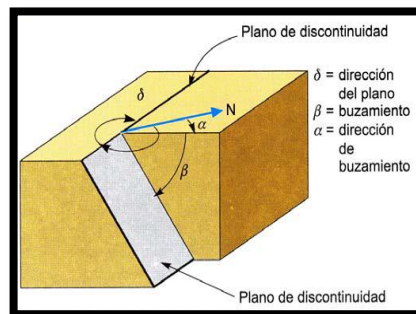
## 6.3 PARÁMETROS DE LAS DISCONTINUIDADES

### 6.3.1 Orientación

Las discontinuidades sistemáticas se presentan en familias con orientación y características más o menos homogéneas. La orientación relativa y el espaciado de las diferentes familias de un macizo rocoso definen la forma de los bloques que conforman el macizo. La orientación de las discontinuidades con respecto a las estructuras u obras de ingeniería condiciona la presencia de inestabilidades y roturas a su favor.

La Figura 14 muestra que la orientación de una discontinuidad en el espacio queda definida por la dirección de buzamiento (dirección de la línea de máxima pendiente del plano de discontinuidad respecto al norte y se mide siguiendo la dirección de las agujas del reloj desde el norte, y varía entre 0°-360°) y por su buzamiento (inclinación respecto a la horizontal de dicha línea y se mide mediante el clinómetro, con valores entre 0°-90°).

**Figura 14.** Medida de la orientación de discontinuidades.



**Fuente.** Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramiento. IGME, Ferrer, M. & Gonzales de Vallejo, L, Eds. (1999).

### 6.3.2 Espaciado

El espaciado entre los planos de discontinuidad condiciona el tamaño de los bloques de matriz rocosa y, por tanto, define el papel que ésta tendrá en el comportamiento mecánico del macizo rocoso, y su importancia con respecto a la influencia de las discontinuidades.

- Si el espaciado es muy grandes, de varios metros, en los procesos de deformación y rotura prevalecerán las propiedades de la matriz rocosa o de los planos de discontinuidad según la escala de trabajo considerada y la situación de la obra de ingeniería con respecto a las discontinuidades;
- si el espaciado es menor (varios decímetros a 1 o 2 metros) el comportamiento del macizo lo determinarán los planos de debilidad; por último
- si el espaciado es muy pequeño el macizo estará muy fracturado y presentará un comportamiento «isótropo», controlado por las propiedades del conjunto de bloques más o menos uniformes.

Colocando la cinta métrica perpendicular a las trazas de los planos de cada familia, se mide la distancia  $d$ , que deberá ser corregida para calcular el espaciado real:

$$e = d \operatorname{sen} \alpha$$

Dónde:

$e$ = espaciado real.

$d$ = distancia media medida con la cinta.

$\alpha$ = ángulo entre la línea de medición y la dirección de la familia.

También puede representarse un histograma con los espacios de todas las discontinuidades medidas utilizando la terminología recomendada por la Sociedad Internacional de Mecánicas de Rocas (SIMR) (Brown, 1981).

**Tabla 1.** Espaciamiento de las discontinuidades recomendada por SIMR19 (Brown, 1981).

Descripción	Espaciado (mm)
Muy separadas	>2 m
Separadas	0,6-2 m
Moderadas	0,2-0,6 m
Próximas	0,06-0,2 m
Muy próximas	0,02-0,06 m

**Fuente.** Fundamentos e ingeniería de taludes.

<sup>19</sup> Sistema Internacional de Mecánica de Rocas.

### 6.3.3 Persistencia (Dimensiones)

Este concepto hace referencia al grado de continuidad de las discontinuidades; en promedio determina la extensión para la cual el material rocoso y las discontinuidades afectan separadamente las propiedades mecánicas de la masa. Para la medida de la dimensión se recomienda medir la longitud de la discontinuidad, hasta su interrupción en el caso que sea visible, tanto a lo largo del buzamiento como a lo largo de la dirección de capa<sup>20</sup>.

La persistencia para diferentes familias de discontinuidad puede considerarse como: la imagen 3 muestra las discontinuidades persistentes, sub-persistentes, y no persistente.

**Imagen 3.** Persistencia de las discontinuidades, pared bloque 6 oriente, Nivel 190.



**Fuente.** Autor del proyecto

### 6.3.4 Rugosidad

La rugosidad de una discontinuidad tiene una gran influencia sobre su resistencia al corte; esta influencia es tanto menor cuanto mayor sea su apertura y el espesor de relleno<sup>21</sup>.

La SIMR (Brown, 1981)<sup>22</sup> propone una clasificación con dos escalas para determinar la rugosidad de las discontinuidades (**Figura 15**):

- Escala intermedia, para observaciones de varios metros de longitud;

<sup>20</sup> JUAN ORTRGA OLARTE, Profesor asociado UNAL. Caracterización Geológica de macizo rocoso; Cap. 11 Pag. 234.

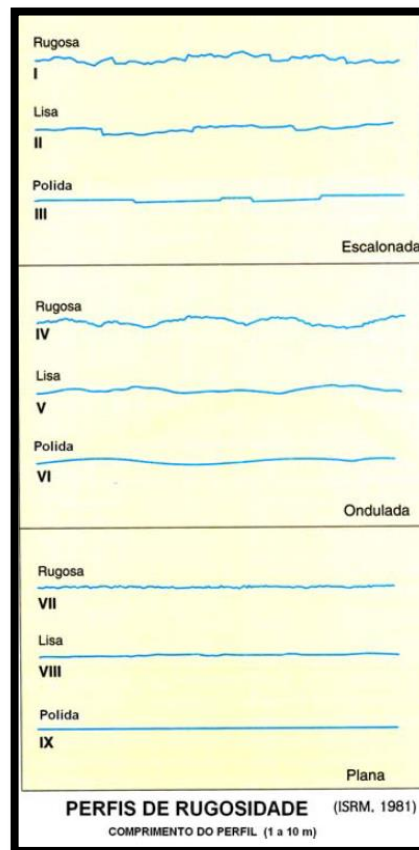
<sup>21</sup> GONZALEZ DE VALLEJO, L. I. Ingeniería Geológica, 2004.

<sup>22</sup> Sistema Internacional de Mecánica de Rocas.

comprende tres grados de rugosidad: escalonada, ondulada y plana.

- Escala pequeña, para observaciones de varios centímetros; comprende los siguientes grados: rugosa, lisa o suave y pulida o espejo de falla.

**Figura 15.** Descripción de la rugosidad en las discontinuidades



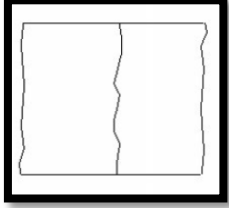

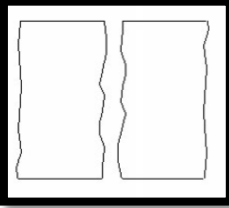

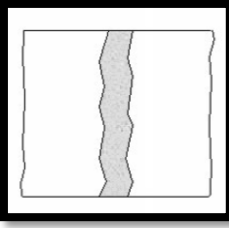

**Fuente.** Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

### 6.3.5 Abertura

Este parámetro puede ser muy variable en diferentes zonas de un mismo macizo rocoso; mientras que en superficie la abertura puede ser alta, ésta se reduce con la profundidad, pudiendo llegar a cerrarse. La influencia de la abertura en la resistencia al corte de la discontinuidad es importante incluso en discontinuidades muy cerradas, al modificar las tensiones efectivas que actúan sobre las paredes. Los procesos de desplazamiento en la discontinuidad o de disolución pueden dar lugar a aberturas importantes.

Los tipos de las discontinuidades y pueden ser:

**Tabla 2.** Conceptos e imágenes de los diferentes tipo de aberturas en las discontinuidades

<p><b>Discontinuidad Cerrada;</b> no hay nada de material ni hueco en las paredes de la discontinuidad.</p>		
<p><b>Discontinuidad Abierta;</b> existe una distancia entre ambas paredes de la discontinuidad, sin ningún material.</p>		
<p><b>Discontinuidad Rellena;</b> existe material de relleno entre ambas paredes de la discontinuidad.</p>		

Fuente. Autor del proyecto

### 6.3.6 Relleno

Es material presente entre las paredes de las discontinuidades y de propiedades distintas a la de la roca, aunque algunas veces se presenta duro generalmente es más blando que el macizo rocoso generándole una disminución de su resistencia<sup>23</sup>.

### 6.3.7 Filtración

El agua en el interior de un macizo rocoso procede generalmente del flujo que circula por las discontinuidades<sup>24</sup> la tabla 3 muestra el grado de filtración que está presentando las discontinuidades en el talud.

<sup>23</sup> GONZALEZ DE VALLEJO, L. I. Ingeniería Geológica, 2004.

<sup>24</sup> GONZALEZ DE VALLEJO, L. I. Ingeniería Geológica, 2004.

**Tabla 3.** Filtraciones en las discontinuidades

Código	Descripción
1	Discontinuidad seca
2	Discontinuidad húmeda
3	Discontinuidad con goteo
4	Discontinuidad con flujo constante

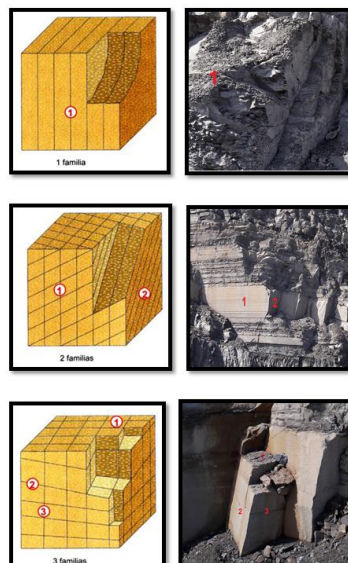
**Fuente.** Recolección de información Geotécnica para minas CDJ, CET, CMU Y Calenturitas, Dubier Cardona López 2008.

## 6.4 FAMILIA DE DISCONTINUIDADES

Es indicativo del grado de fracturamiento del macizo y depende de la dirección y tipo de esfuerzos. El menor número de familias en un macizo es tres; también las familias presentan características distintivas, no solamente en dirección y espaciamiento sino también en condiciones de relleno, caudal e incluso edad y tipo de esfuerzos que la origina<sup>25</sup>.

El número de familias de discontinuidades existentes en un macizo rocoso define su comportamiento; determina el grado en que puede deformarse sin que se produzcan roturas en los materiales rocosos<sup>26</sup>.

**Figura 16.** Número de familias de discontinuidades



**Fuente.** Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

<sup>25</sup> GONZALEZ DE VALLEJO, L. I. Ingeniería Geológica, 2004.

<sup>26</sup> RAMIREZ, P. & ALEJANO, L. Fundamento e Ingeniería de Taludes, Tomo 1.

## 6.5 CLASIFICACIÓN RMR

La clasificación RMR fue desarrollada por Bieniawski en 1973, con actualizaciones en 1979 y 1989, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación y sostenimiento en túneles. Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos<sup>27</sup>:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos del RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

El comportamiento de estos parámetros se calcula mediante el índice calidad de RMR el cual divide en 5 clases con una valoración entre 0 y 100. Esta se obtiene sumando los valores obtenidos de los 5 parámetros.

**Tabla 4.** Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

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

**Fuente.** Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

<sup>27</sup> GONZALEZ DE VALLEJO, L. I. Ingeniería Geológica, 2004.

**Tabla 5.** Corrección por la orientación de las discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorables	favorables	medidas	desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-7	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Fuente. Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

**Tabla 6.** Clasificación de las discontinuidades

Clase	I	II	III	IV	IV
Calidad	Muy buena	buena	media	mala	Muy mala
Puntuación	100-80	80-61	60-41	40-21	<20

Fuente. Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

**Tabla 7.** Características geotécnicas

Clase	I	II	III	IV	V
Cohesión	$> 4 \text{ Kg/cm}^2$	$3 - 4 \text{ Kg/cm}^2$	$2 - 3 \text{ Kg/cm}^2$	$1 - 2 \text{ Kg/cm}^2$	$< 1 \text{ Kg/cm}^2$
Angulo de rozamiento	$>45^\circ$	$35^\circ-45^\circ$	$25^\circ-35^\circ$	$15^\circ-25^\circ$	$<15^\circ$

Fuente. Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

**Tabla 8.** Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR

Clase	Calidad	valoración RMR	Cohesión	Angulo de rozamiento
I	Muy buena	100-80	$> 4 \text{ Kg/cm}^2$	$>45^\circ$
II	Buena	80-61	$3 - 4 \text{ Kg/cm}^2$	$35^\circ-45^\circ$
III	Media	60-41	$2 - 3 \text{ Kg/cm}^2$	$25^\circ-35^\circ$
IV	Mala	40-21	$1 - 2 \text{ Kg/cm}^2$	$15^\circ-25^\circ$
V	Muy mala	<20	$< 1 \text{ Kg/cm}^2$	$<15^\circ$

Fuente. Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

## 6.6 Clasificación GSI

Hoek et al., (1995) presentó el índice de resistencia geológica, como complemento a su criterio generalizado de falla en roca, y como una forma de estimar los parámetros en el criterio, El GSI estima la reducción de la resistencia del macizo para diferentes condiciones geológicas.

El GSI se ha actualizado para macizos débiles en varias ocasiones (1998, 2000 y 2001 (Hoek et al., 2002)). La caracterización del macizo rocoso es simple y está basada en la impresión visual de la estructura rocosa, en términos de bloques y de la condición superficial de las discontinuidades indicadas por la rugosidad y alteración de las juntas. La combinación de estos dos parámetros proporciona una base práctica para describir un rango amplio de tipos de macizos rocosos.



La determinación de los parámetros del GSI se basa en las descripciones de la calidad del macizo rocoso en lugar de formular datos de entrada cuantitativos como en los sistemas RMR, Q y RMI; es principalmente útil para macizos rocoso más blandos con RMR menor a 20. El GSI es utilizado para la estimación de los parámetros de entrada para el cálculo de la resistencia, solo es una relación empírica y los procesos asociados a las clasificaciones de la ingeniería de rocas<sup>28</sup>.

La tabla 9 La determinación al tamaño y entramamiento de bloques, composición y estructura; el ingreso vertical es referente a las condiciones de las discontinuidades, se converge posteriormente en el valor del GSI dispuesto en las líneas diagonales.

**Tabla 9.** Clasificación GSI (Hoek et al., (1995)

INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA		CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES	
De los códigos de letra que describen la estructura del macizo rocoso y la condición de las discontinuidades (en Tabla 4), seleccione el cuadro apropiado en esta tabla. Estime el valor típico del Índice Geológico de Resistencia, <b>GSI</b> , de los contornos que muestra la tabla. No trate de obtener un mayor grado de precisión. Indicar un rango de valores para <b>GSI</b> , por ejemplo de 36 a 42, es más realista que indicar un único valor, por ejemplo 38.		<b>MUY BUENA</b> Superficies rugosas y de cajas frescas (sin señales de intemperización ni de alteración)	<b>MUY BUENA</b> Superficies rugosas y de cajas frescas (sin señales de intemperización ni de alteración)
<b>ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO</b>		<b>BUENA</b> Superficies rugosas, cajas levemente intemperizadas y/o alteradas, con plintos de todo de fierro	<b>BUENA</b> Superficies rugosas, cajas levemente intemperizadas y/o alteradas, con plintos de todo de fierro
		<b>REGULAR</b> Superficies lisas, cajas moderadamente intemperizadas y/o alteradas	<b>REGULAR</b> Superficies lisas, cajas moderadamente intemperizadas y/o alteradas
		<b>MALA</b> Superficies lisas y azaladas, cajas intemperizadas y/o alteradas, con rellenos de fragmentos granulares y/o arcillosos finos	<b>MALA</b> Superficies lisas y azaladas, cajas intemperizadas y/o alteradas, con rellenos de fragmentos granulares y/o arcillosos finos
		<b>MUY MALA</b> Superficies lisas y azaladas, cajas muy intemperizadas y/o alteradas, con rellenos arcillosos blandos	<b>MUY MALA</b> Superficies lisas y azaladas, cajas muy intemperizadas y/o alteradas, con rellenos arcillosos blandos
		<b>EMPEORA LA CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES</b>	
		<b>DISMINUYE LA TRABAZON DE LOS BLOQUES DE ROCA</b>	
<b>FRACTURADO EN BLOQUES (BLOCKY)</b> MACIZO ROCOSO CONFORMADO POR TROZOS O BLOQUES DE ROCA BIEN TRABADOS, DE FORMA CÚBICA Y DEFINIDOS POR TRES SETS DE ESTRUCTURAS, ORTOGONALES ENTRE SI.	80		
<b>FUERTEMENTE FRACTURADO EN BLOQUES (VERY BLOCKY)</b> MACIZO ROCOSO ALGO PERTURBADO, CONFORMADO POR TROZOS O BLOQUES DE ROCA TRABADOS, DE VARIAS CARAS, ANGULOSOS Y DEFINIDOS POR CUATRO O MAS SETS DE ESTRUCTURAS.	70	60	
<b>FRACTURADO Y PERTURBADO (BLOCKY / DISTURBED)</b> MACIZO ROCOSO PLEGADO Y/O AFECTADO POR FALLAS, CONFORMADO POR TROZOS O BLOQUES DE ROCA DE VARIAS CARAS, ANGULOSOS Y DEFINIDOS POR LA INTERSECCION DE NUMEROSOS SETS DE ESTRUCTURAS.		50	40
<b>DESINTEGRADO (DISINTEGRATED)</b> MACIZO ROCOSO MUY FRACTURADO Y QUEBRADO, CONFORMADO POR UN CONJUNTO POBREMENTE TRABADO DE BLOQUES Y TROZOS DE ROCA, ANGULOSOS Y TAMBIÉN REDONDEADOS			30
			20
			10

**Fuente.** Ingeniería geológica, Luis I González de Vallejo 2004.

<sup>28</sup> GONZALEZ DE VALLEJO, L. I. Ingeniería Geológica, 2004.

## 6.5 TIPOS DE ROTURA

El término comúnmente usado para designar los movimientos producidos en los taludes es el deslizamiento. Dicho termino implica movimientos de masas formadas por diferentes tipos de materiales; rocas, suelos, relleno artificiales o también combinaciones de los mismos, a través de una superficie determinada denominada rotura. La velocidad con que se desarrollan las roturas de los taludes es variable, dependiendo de la clase de material involucrado en los mismos y del tipo de deslizamiento; el movimiento puede ser progresivo, produciéndose inicialmente una rotura local, que va progresando hasta convertirse en una rotura generalizada<sup>29</sup>.

### 6.5.1 Tipos de rotura desde el punto de vista mecánico

Desde el punto de vista mecánico, las clases de roturas que se suelen producir mayoritariamente en los taludes en roca se pueden dividir en cuatro grupos.

**Tabla 10.** Tipos de rotura desde el punto de vista mecánico

Tipos de roturas			
Rotura por deslizamiento según uno o varios planos de discontinuidad.	Rotura por movimiento relativo de bloques preexistente.	Roturas producidas por deslizamientos a los largo de la continuidad y parte de la roca.	Roturas que se producen siguiendo una superficie circular.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotura plana.</li> <li>• Rotura en cuña.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotura por vuelco.</li> <li>• Rotura que siguen discontinuidades paralelas al talud.</li> <li>• Rotura de varios bloques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotura en escalón.</li> <li>• Rotura mixta.</li> <li>• Rotura compleja</li> <li>• Rotura que siguen discontinuidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotura circular.</li> </ul>

Fuente. Autor del proyecto

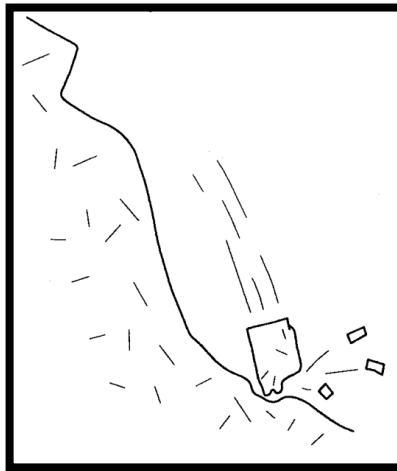
<sup>29</sup> RAMIREZ, P. & ALEJANO, L. Fundamento e Ingeniería de Taludes, Tomo 1.

### 6.5.2 Rotura de varios bloques o caída de roca

El desprendimiento se origina por el despegue de una masa de suelo o roca de una pared empinada o acantilado. El movimiento tiene lugar mediante caída libre y posterior rebote o rodadura. Es frecuente que al impactar contra la superficie del terreno, la masa caída se rompa en multitud de fragmentos; el movimiento es muy rápido.

Cuando las caídas son frecuentes, los bloques se acumulan al pie de los escarpes rocosos formando canchales que ocasionalmente experimentan roturas y originan corrientes de derrubios<sup>30</sup>.

**Figura 17.** Mecanismo de desprendimiento de roca



**Fuente.** Tipos de rotura en laderas y taludes, Jordi Corominas

- **Factores que inciden en la caída de rocas**

A continuación en la tabla 11 se indican algunos factores relacionados con aquellos aspectos operativos y otros agentes mecánicos que han sido identificados como elementos recurrentes en los resultados de las investigaciones realizadas.

<sup>30</sup> Corominas, J. tipos de rotura en laderas y taludes.

**Tabla 11.** Tipos de factores que inciden en la caída de rocas

<b>Factores geológicos</b>	Se relacionan directamente a las características del macizo rocoso; tipo de roca, alteraciones, fallas, discontinuidades o diaclasas, lo que origina el debilitamiento y luego el desprendimiento de rocas.
<b>Factores ambientales</b>	Los cambios bruscos de temperatura, la humedad y la presencia de agua subterránea, son factores que contribuyen a debilitar la roca.
<b>Campo de esfuerzo</b>	Cuando las excavaciones llegan a grandes profundidades se originan grandes esfuerzos en la masa rocosa, lo que origina fracturas y luego la caída de rocas.

**Fuente.** Autor de proyecto

### 6.5.3 Rotura plana o planar

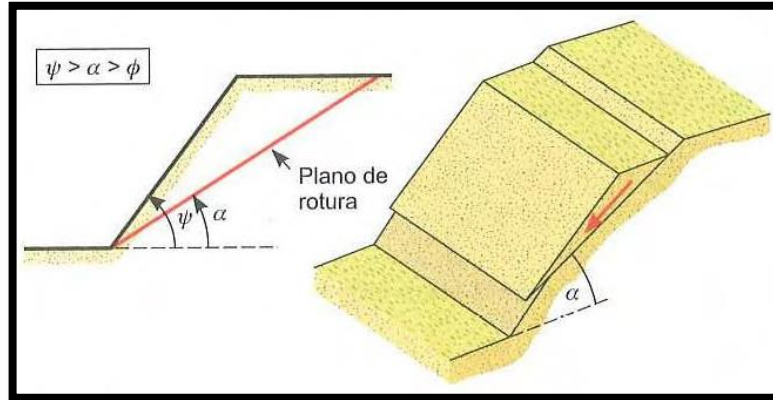
Se llama rotura planar o plana a aquella en la que el deslizamiento se produce a través de una única superficie plana. Es la más sencilla de las formas de rotura posibles y se produce cuando existe una fracturación dominante en la roca y convenientemente orientada respecto al talud (Figura 18). Frecuentemente se trata de fallas que interceptan al talud; también puede producirse en terrenos granulares en los que, entre dos terrenos de buenas características resistentes, se intercala un estrato de poco espesor de material con menos resistencia<sup>31</sup>.

- **Condiciones generales de la rotura plana o planar**

- El plano en el cual debe ocurrir el deslizamiento debe tener un paralelismo de  $\pm 20$  con el rumbo del talud.
- El plano de falla debe mostrar su trazo en el talud.
- El buzamiento del plano de falla debe ser más grande que el ángulo de fricción de este plano.  $\phi_p > \phi$

<sup>31</sup> Herrera, F. análisis de estabilidad de taludes

**Figura 18.** Rotura plana o planar



**Fuente.** Geología estructural aplicada a la minería y explotación minera, Javier Lillo & Roberto Oyarzun.

- **Análisis de rotura plana o planar**

En este tipo de falla pueden presentarse dos casos:

**Tabla 12.** Análisis de rotura plana o planar

<p><b>Talud con las grietas de tensión en la superficie superior del talud.</b></p>	
<p><b>Talud con una grieta de tensión en la cara del talud.</b></p>	

**Fuente.** Autor del proyecto

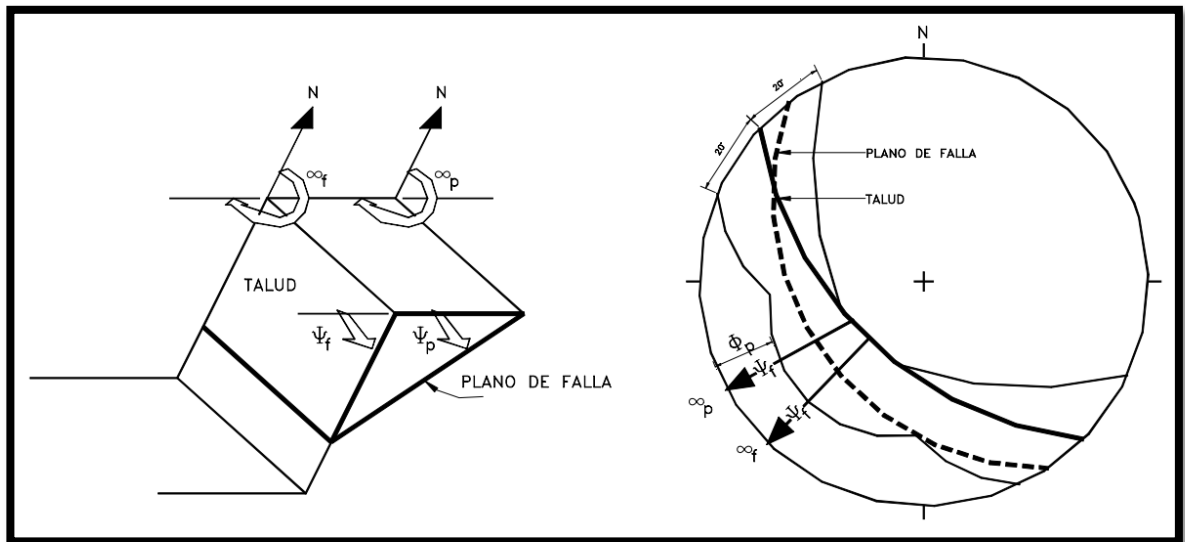
- **Condiciones Asumidas**

- El rumbo de la superficie de lanzamiento y la grieta de tracción son paralelos a la superficie del talud.
- Las grietas de tracción son verticales y están llenos o parcialmente llenos de agua.
- El agua ingresa a la superficie del deslizamiento a lo largo de la base de la grieta de tracción y se esparce desembocando por la traza. La presión que ejerce se visualiza en el gráfico.
- La fuerza W (peso del block deslizante), U (fuerza debido a la presión del agua en la superficie de deslizamiento) y V (fuerza debida a la presión del agua en la grieta de tracción) todos actuando a través del centro de masa deslizante. Se asume que no existe momentos.
- La resistencia al corte de la superficie de falla se define por c y  $\phi_r$  que se relaciona a la ecuación, si es rugosa y curvilíneo se utiliza cohesión y tracción aparente.

$$\tau = C + \phi \tan \phi_r$$

- Se asume que no hay resistencia al deslizamiento en las superficies perpendiculares al talud.

**Figura 19.** Representación estereográfica de las condiciones cinemáticas de la rotura plana o planar



Fuente. Modelos de análisis de estabilidad.

#### 6.5.4 Rotura en cuña

Se denomina rotura por cuña, aquella que se produce a través de dos discontinuidades oblicuamente a la superficie del talud, con la línea de intersección de ambas aflorando en la superficie del mismo y buzando en sentido desfavorable. Este tipo de rotura se origina preferentemente en macizos rocosos en los que se da una disposición adecuada, en orientación y buzamiento de las diaclasas<sup>32</sup>.

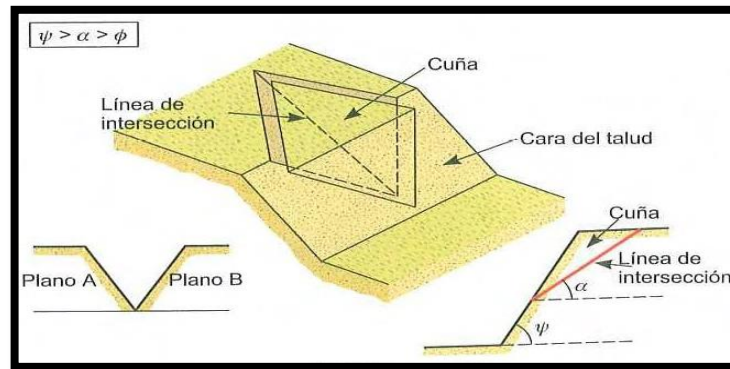
Principales tipos de ocurrencia de una rotura en cuña:

- **Falla en un solo banco:** Son de ocurrencia frecuente e imposibles de eliminar completamente, se presentan como pequeños deslizamientos de roca que afectan a un solo banco. Usualmente no tienen influencia en las operaciones de minado.
- **Falla en varios bancos:** La presencia de dos o más familias de discontinuidades que se interceptan o combinan con estructuras mayores (fallas, plegamientos) representan mucho más peligro que las fallas en un solo banco ya que pueden abarcan el movimientos de grandes masas rocosas<sup>33</sup>.

Figura 20. Rotura en cuña

<sup>32</sup> Herrera, F. análisis de estabilidad de taludes

<sup>33</sup> Ríos, F. Estabilidad de taludes en roca y suelo.



**Fuente.** Geología estructural aplicada a la minería y explotación minera, Javier Lillo & Roberto Oyarzun.

- **Condiciones generales de la rotura en cuña**

- Cuando existen dos discontinuidades dispuestas oblicuamente a la superficie del talud (línea de intersección con inclinación desfavorable).
- Comunes en macizos rocosos con discontinuidades bien marcadas (fallas y fracturas)

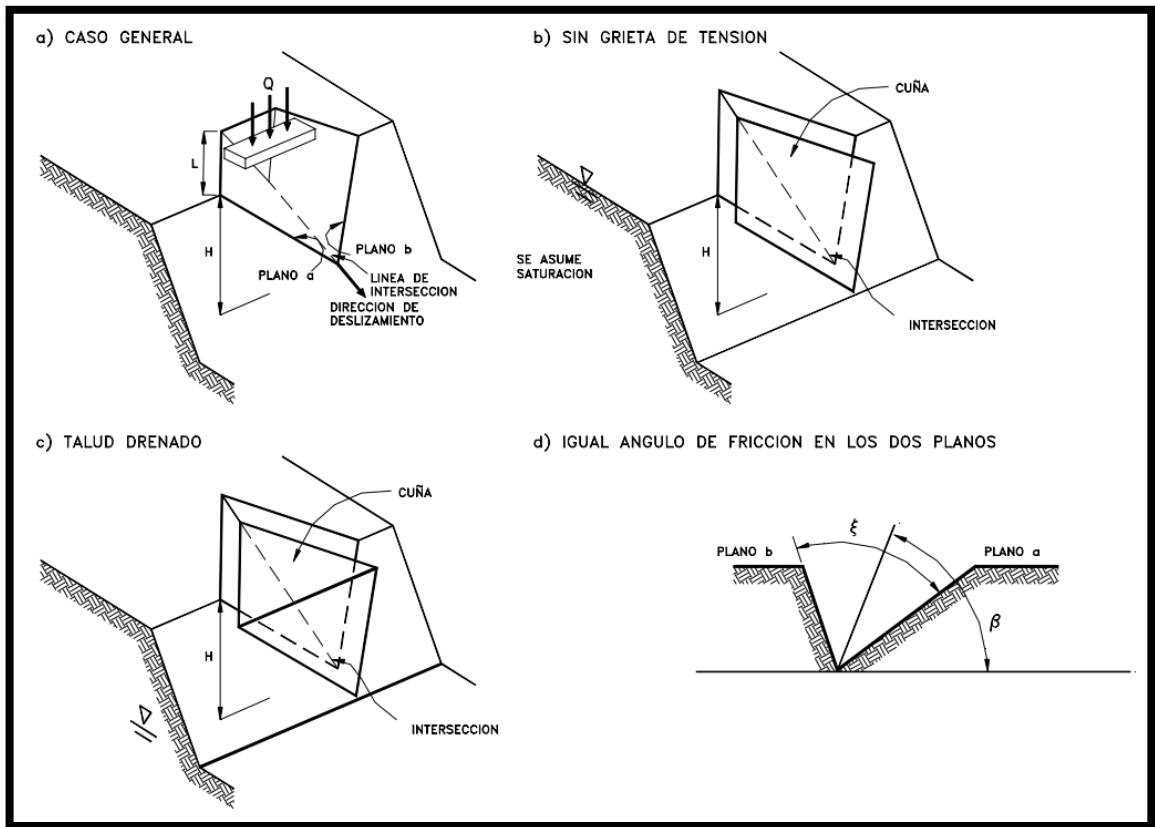
$$\varphi_t > \varphi_i > \emptyset$$

- **Análisis de rotura en cuña**

El análisis cinemático de una falla en cuña es controlado por la orientación de la línea de intersección de los dos planos.

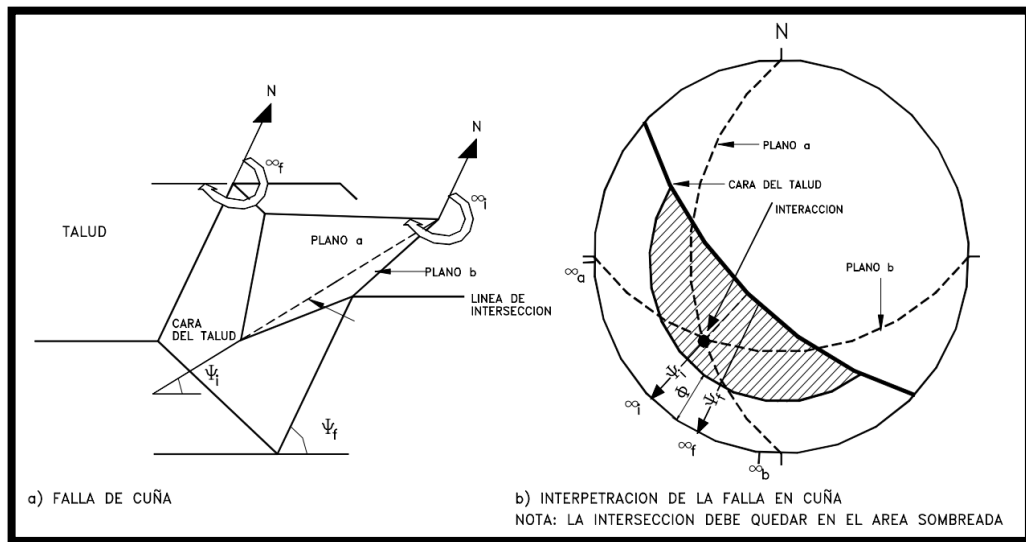
**Figura 21.** Esquema general de la rotura en cuña





Fuente. Modelos de análisis de estabilidad

Figura 22. Representación estereográfica de las condiciones cinemáticas de la rotura en cuña (Hoek y Bray, 1981)



Fuente. Modelos de análisis de estabilidad.

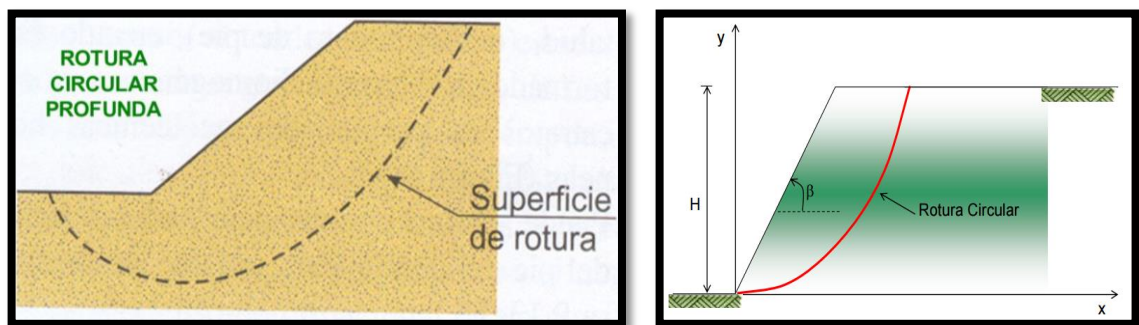
### 6.5.5 Rotura circular

Se llama rotura circular a aquella en la que la superficie de deslizamiento es asimilable a una superficie cilíndrica cuya sección transversal se asemeja a un arco de círculo (Figura 23). Este tipo de rotura se suele producir en terrenos homogéneos, ya sea suelos o rocas altamente fracturadas, sin direcciones preferenciales de deslizamiento, en los que además ha de cumplirse la condición de que el tamaño de las partículas de suelo o roca sea muy pequeño en comparación con el tamaño del talud<sup>34</sup>.

- **Condiciones generales de la rotura circular**

- El material de talud es homogéneo.
- El criterio de falla es el de Mohr - Coulomb  $\tau = C + \sigma \tan \phi$
- La falla ocurre en una superficie circular.
- El factor de seguridad es constante en toda la falla
- La existencia de una grieta de tensión cuya ubicación es la más desfavorable para las condiciones de geometría y flujo de agua.

**Figura 23.** Rotura circular



**Fuente.** Geología estructural aplicada a la minería y explotación minera, Javier Lillo & Roberto Oyarzun.

### 6.5.6 Rotura por vuelco o toppling

<sup>34</sup> Herrera, F. análisis de estabilidad de taludes

Se producen en taludes donde los estratos presentan buzamiento contrario a la inclinación del talud y dirección subparalela o paralela al mismo. Se caracteriza por una rotación de la columna o bloque de roca sobre su base, bajo la acción de la gravedad, fuerzas desarrolladas por rocas adyacentes o empuje del agua al penetrar en las discontinuidades.<sup>35</sup>

- **Condiciones generales de la rotura por vuelco o toppling**

$$(90^\circ - \Psi_p) \leq (\Psi_f - \phi_p)$$

Dónde:

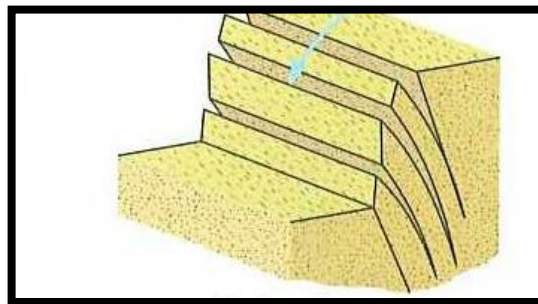
$\Psi_p$  = Buzamiento de las capas

$\Psi_f$  = Buzamiento de la superficie del talud

$\phi_p$  = Ángulo de fricción a lo largo de los planos

El plano de rotura debe tener un rumbo aproximadamente paralelo ( $\pm 20^\circ$ ) con relación al plano del talud.

**Figura 24.** Rotura por vuelco o toppling



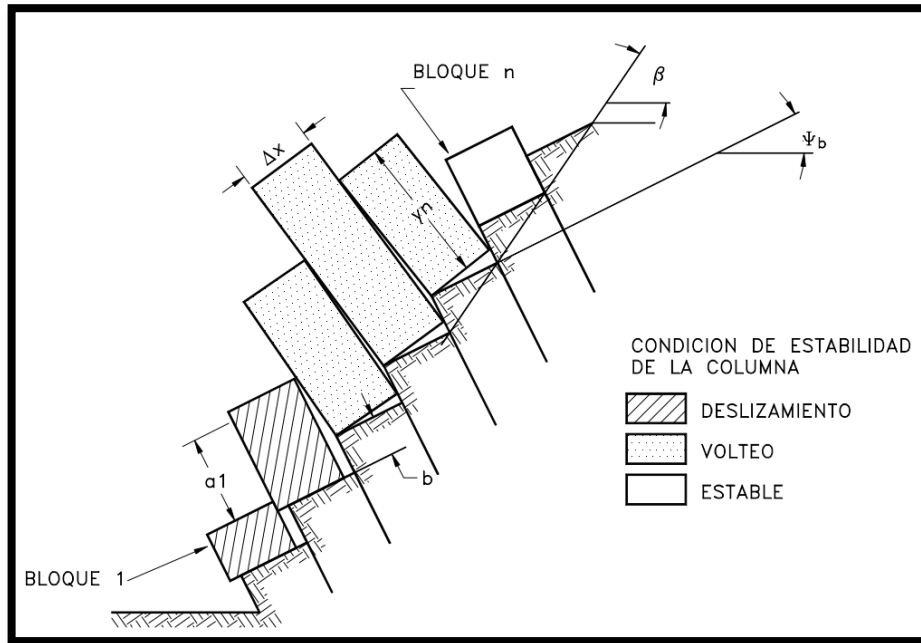
**Fuente.** Geología estructural aplicada a la minería y explotación minera, Javier Lillo & Roberto Oyarzun.

- **Análisis de rotura por vuelco o toppling**

- Determinar si forma de los bloques puede producir volcamiento.
- Determinar si esfuerzos normales permitirán deslizamiento entre bloques.
- Determinar si el rumbo de estructuras permitirá deslizamiento.

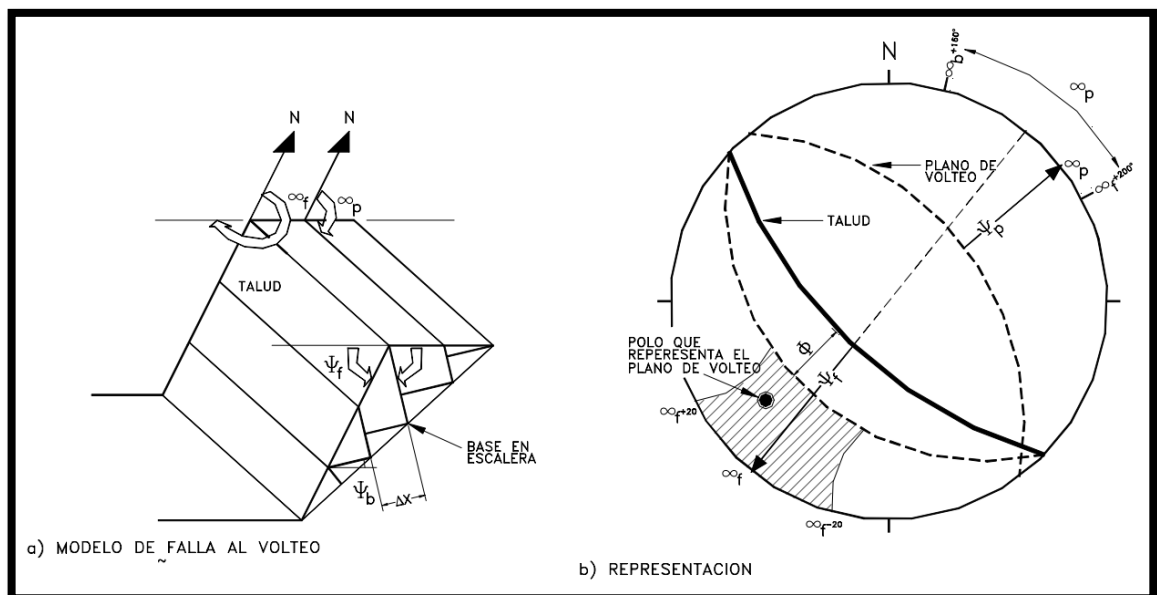
<sup>35</sup> Herrera, F. análisis de estabilidad de taludes

**Figura 25.** Esquema general de la rotura por vuelco o toppling



Fuente. Modelos de análisis de estabilidad.

**Figura 26.** Representación estereográfica de las condiciones cinemáticas de la rotura por vuelco o toppling (Norris y Wyllie, 1996)

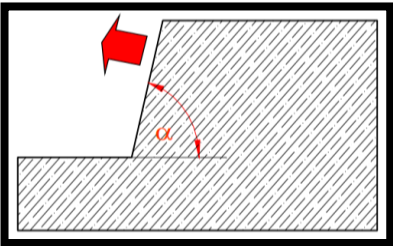
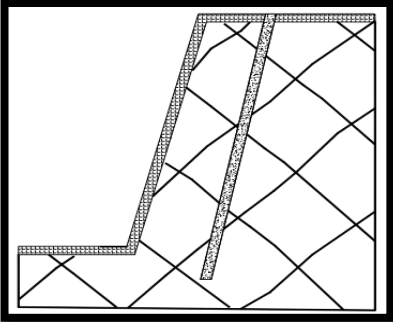
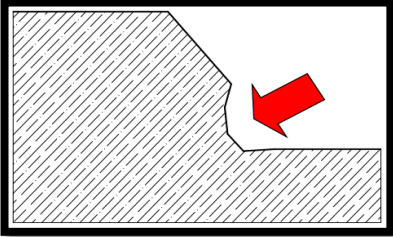


Fuente. Modelos de análisis de estabilidad.

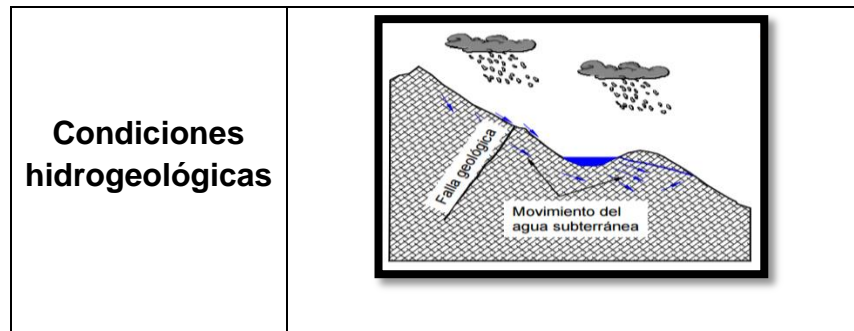
## 6.6 FACTORES QUE DESENCADENAN LOS FENÓMENOS DE INESTABILIDAD DE UN TALUD

La posibilidad de que produzcan movimientos en el talud depende de la estructura geológica litología, las condiciones hidrogeológicas y la morfología propia del mismo; una variación de alguno de dichos factores, por causas naturales o debidas a la actividad humana (Tabla 13), puede traducirse en un incremento o disminución de las tensiones o de la resistencia al corte cuyo efecto inmediato puede ser la inestabilidad de una masa de roca<sup>36</sup>.

**Tabla 13.** Fenómenos de inestabilidad

<p><b>Excavación</b></p>	
<p><b>Voladura</b></p>	
<p><b>Sobrecarga</b></p>	

<sup>36</sup> RAMIREZ, P. & ALEJANO, L. Fundamento e Ingeniería de Taludes, Tomo 1.



Fuente. Autor del proyecto

## 6.7 MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN

Los métodos de estabilización de taludes generalmente, están dirigidos a reducir las fuerzas actuantes, a incrementar las fuerzas resistentes o una combinación de los dos efectos (Tabla 14). Es común que existan varios factores que determinen las fuerzas actuantes y resistentes y se requieran varios métodos de estabilización para lograr un efecto combinado<sup>37</sup>.

**Tabla 14.** Fuerzas actuantes y resistentes

Las fuerzas actuantes pueden reducirse de varias formas:	Las fuerzas resistentes pueden incrementarse de varias formas:
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Excavando el material de un sector apropiado del talud.</li> <li>● Construyendo sistemas de drenaje para reducir las presiones hidrostáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Drenaje para incrementar la resistencia de los materiales.</li> <li>● Eliminación de estratos débiles o zonas potenciales de falla.</li> <li>● Estructuras de contención.</li> <li>● Refuerzo del suelo.</li> <li>● Tratamiento químico.</li> </ul>

Fuente. Autor del proyecto

Etapas de la estabilización de un talud:

- Determinación del sistema o combinación de sistemas de estabilización más apropiados, teniendo en cuenta todas las circunstancias del talud estudiado.
- Diseño en detalle, el sistema que se va a emplear, incluyendo planos y especificaciones.

<sup>37</sup> Suarez, J. métodos de manejo y estabilización. Pág. 14.

- Construcción de las obras de estabilización.
- Instrumentación y control del comportamiento durante y después de la estabilización.

**Tabla 15.** Métodos de conformación topográfica del talud<sup>38</sup>.

Método	Ventajas	Desventajas
<b>Remoción de materiales de la cabeza del talud</b>	Muy efectivo en la estabilización de los deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes, las masas que se van a remover tendrían una gran magnitud.
<b>Abatimiento de la pendiente</b>	Efectivo, especialmente en los suelos friccionantes.	No es viable económicamente, en los taludes de gran altura.
<b>Terraceo de la superficie</b>	Además de darle estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.

Fuente. Autor del proyecto

### 6.7.1 Conformación de la superficie

Es una las técnicas más utilizadas para la estabilización de taludes; al modificar la forma de la superficie del talud, se puede lograr un equilibrio de masas, que reduzca las fuerzas que producen el movimiento y que aumente la longitud del círculo crítico de falla.

### 6.7.2 Bermas bajas o contrabermas

El sistema de contrapesos es muy útil para la estabilización de taludes de terraplenes sobre zonas de suelos blandos, donde las fallas ocurren generalmente por falta de resistencia en el manto de cimentación del terraplén. Las bermas o contrabermas son usadas para colocar una carga al pie de un terraplén sobre el suelo blando y de esta forma, aumentar la resistencia abajo del pie.

La berma se coloca en el área que de acuerdo con el análisis de estabilidad, se puede levantar al producirse un deslizamiento y se debe diseñar de forma que sea efectiva para garantizar la estabilidad del terraplén principal y al mismo tiempo, que sea estable por sí misma<sup>39</sup>.

<sup>38</sup> Suarez, J. métodos de manejo y estabilización. Pág. 15.

<sup>39</sup> Suarez, J. métodos de manejo y estabilización. Pág. 17.

## 6.8 SOFTWARE SIROVISION

Sirovision es un sistema de modelamiento fotogramétrico que permite en base a dos fotografías digitales de una superficie, las cuales deben ser tomadas desde diferentes posiciones, generar una completa, detallada y georeferenciada imagen 3D de la cual se puede obtener información para el análisis geotécnico y mapeo, por ejemplo; identificación de estructuras presentes en la foto con su dip y dip direction, redes estereográficas, distancia entre conjuntos de discontinuidades<sup>40</sup>.

Sirovision en cielo abierto es una manera rápida, sencilla y rentable para generar imágenes precisas en 3D de las paredes de roca en superficie. De esta forma se puede mapear y analizar estructuras<sup>41</sup>.

### 6.8.1 Etapas de sirovision

- **Trabajo de campo**

Consiste en tomar las fotografías; se deben georeferenciar los puntos desde los cuales se toman las fotografías más aun punto de referencia que debe aparecer en ambas fotos, la distancia considerable de la toma de fotografía es dependiendo del lente que se utilice.

- **Procesamiento de las imágenes**

Terminada la toma de fotografías, estas deben ser procesadas, el resultado es una fotografía en 3D del talud en un formato TIFF, en el que está contenida la posición espacial (coordenadas x,y,z).

- **Análisis geotécnico**

Se realiza el análisis geotécnico de la imagen 3D. Algunas de las funciones provistas por Sirovision son:

- Visualizar e identificar planas de fallas y discontinuidades.
- Medir dip y dip direction.
- Calcular áreas y distancia.
- Realizar el análisis estructural del talud mediante redes estereográficas.
- Protección de estructuras.

---

<sup>40</sup> CAE Mining

<sup>41</sup> Datamine



- Obtención de información estadística.
- **Administración de la información geotécnica**

La información generada por Sirovision que da almacenada en el formato digital para registro histórico, trazabilidad y auditoría. La información puede ser exportada a diferentes sistemas de modelamiento geológico o sistemas CAD para efectos de procesamiento posterior de la información.

La tecnología de Sirovision ha sido desarrollada por la división de Exploración y Minería de CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization). CSIRO es un instituto de investigación del gobierno Australiano dedicado al desarrollo de nuevas tecnologías de valor para la industria<sup>42</sup>.

## 6.9 SOFTWARE DIPS

Dips está diseñado para el análisis de características relacionadas con el análisis de ingeniería de estructuras de roca, sin embargo, el formato libre del archivo de datos Dips permite el análisis de cualquier información basada en la orientación. Representa gráficamente planos, polos, curvas contorneadas y rosetas de distribución; además, tiene muchas características computacionales, como el contorno estadístico del agrupamiento de orientación, la orientación media y el cálculo de la confianza, la variabilidad de los grupos, el análisis cinemático y el análisis cualitativo y cuantitativo de los atributos de las características<sup>43</sup>.

El DIPS posee aplicaciones obvias en los campos de:

- Investigaciones de Estabilidad/inestabilidad en Minería u operaciones de trabajo en carretera.
- Exploración mineral en sistemas de MENA estructuralmente controlados.
- Análisis geométricos en terrenos deformados.

### 6.9.1 Proyección de igual ángulo

La proyección de igual ángulo preserva solamente la geometría de las formas proyectadas. El área en la superficie de la esfera, representada por la proyección de una región, depende de su localización. El área proyectada de un círculo dado se incrementa hacia el ecuador. La proyección B de un punto A que se encuentra sobre la superficie de la esfera se define como el punto donde el plano horizontal que pasa por el centro de la esfera queda perforado por una línea que va de A al

---

<sup>42</sup> CAE Mining.

<sup>43</sup> Rocscience.

zenit de la esfera<sup>44</sup>.

### 6.9.2 Ponderación de Terzagui

El software tiene configurado un ángulo Bias (error) límite de 15°. Este ángulo es usado por la corrección de Terzagui, en la cual un ponderado es aplicado a la orientación de los datos. Cuando las mediciones son hechas, un error es introducido en favor de los cuadros que son perpendiculares a la dirección de afloramiento<sup>45</sup>.

**Tabla 16.** Ponderador geométrico

$\alpha$		Minimun angle between plane traverse
$D'$		Apparent spacing along traverse
$D$	$= D' \sin \alpha = D' 1/W$	True spacing of discontinuity set
$R'$	$= 1/D'$	Apparent density of joint population
$R$	$= 1/D = 1/D' \sin \alpha$ $= D' \operatorname{cosec} \alpha$	True density of joint population
$W$	$= (1) \operatorname{cosec} \alpha$	Weighing applied to individual pole before density calculation

Fuente. Fernando Alex Ríos Ríos

### 6.9.3 Características, ventajas y desventajas

Entre las características más resaltantes tenemos:

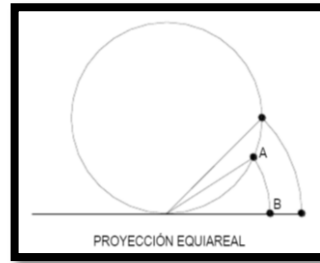
1. La versión básica y avanzada que puede disponer el usuario según el grado de experiencia en el uso del programa.
2. Los tipos de proyecciones que usa:

**Equiareal** (conservación de áreas proyectadas) que permite una evaluación estadística de los datos geométricos-geológicos. Un punto A sobre la superficie de la esfera se proyecta al punto B trasladándolo en un arco centrado en el punto de contacto de la esfera y de un plano horizontal sobre el que esta esfera descansa. Si se repite esta operación en varios puntos localizados por la intersección de círculos latitudinales y longitudinales de espaciamiento igual sobre la esfera, se obtendrá una red de áreas iguales.

<sup>44</sup> RIOS, FERNANDO. 2013. ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCAS Y SUELOS.

<sup>45</sup> RIOS, FERNANDO. 2013. ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCAS Y SUELOS.

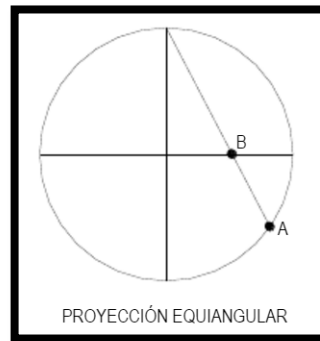
**Figura 27.** Equiareal



**Fuente.** Rocscience

**Equiangular** (conservación de ángulos) la proyección B de un punto A que se encuentra sobre la superficie de una esfera se define como el punto donde el plano horizontal que pasa por el centro de la esfera queda perforado por una línea que va de A al zenit de la esfera, y se obtiene una red de ángulos iguales.

**Figura 28.** Equiangular



**Fuente.** Rocscience

3. El cálculo de la concentración estadística de polos se pueden hacer de dos tipos: Sea utilizando la distribución de SCHMIDT o la de FISHER. Siendo la primera recomendable usar en cantidades considerables de datos de una forma más rápida. En cambio si los datos son limitados la gráfica en Schmidt saldría con contornos imperfectos y que conducirían al error.
4. Escoger las coordenadas globales a utilizarse en ciertos trabajos, bien mediante la dirección e inclinación, la dirección de buzamiento y buzamiento, o por el rumbo y buzamiento con cierta orientación.
5. Si se trabaja en el hemisferio inferior o superior de la proyección estereográfica.

**Tabla 17.** Ventajas y desventajas

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Su sencillez, su potencia de análisis de gráficos y estadístico de datos estructurales.</li><li>• Rapidez en el cálculo de gráficos, dibujo entre otros</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El formato libre de los archivos del DIPS permiten el análisis de algunas cuantas bases de datos de orientación.</li><li>• Dejando el análisis de cuñas más detallado a otros programas como el UNWEDGE</li></ul>

**Fuente.** Autor del proyecto

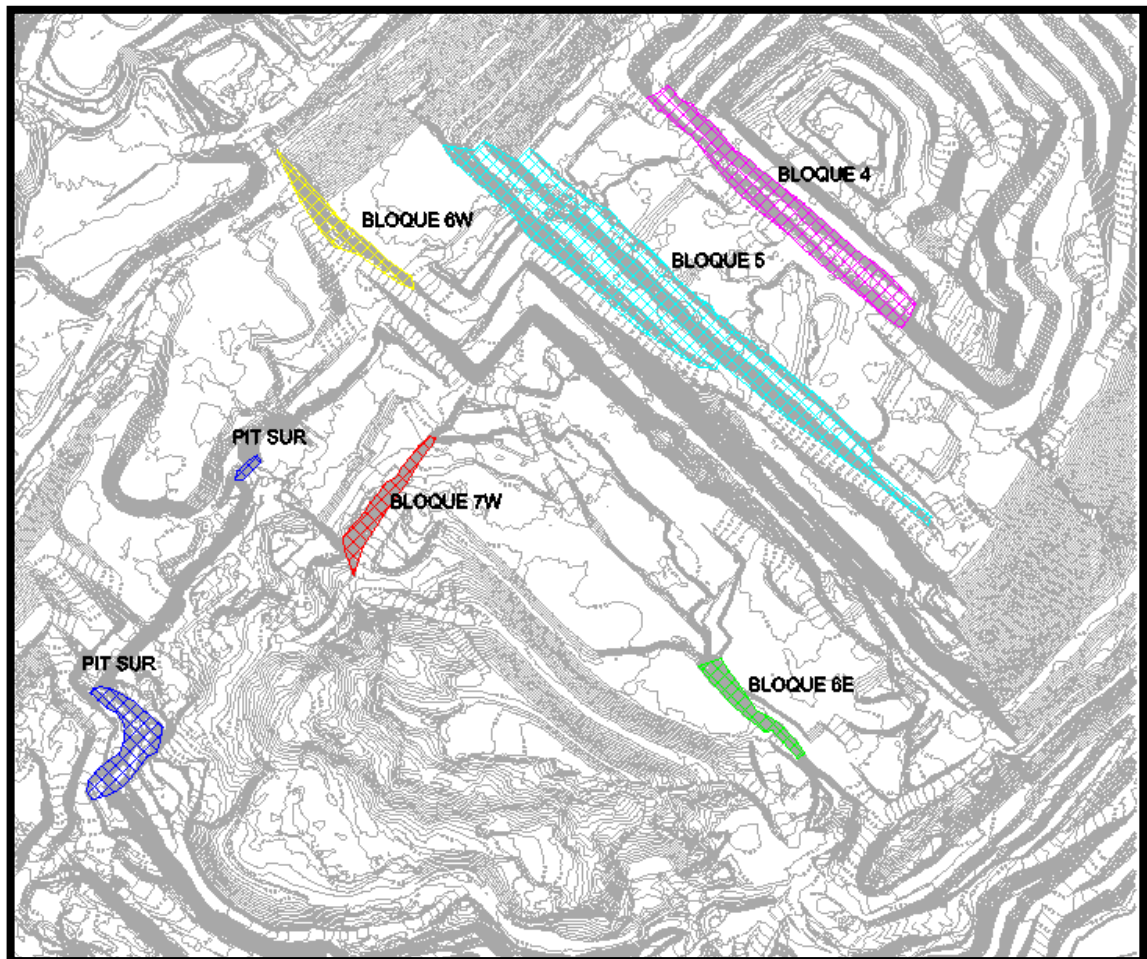
## 7. METODOLOGÍA

### 7.1 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

La mina la jagua se encuentra situada en el sinclinal de la jagua el cual presenta paredes de avance con buzamientos E-W.

Los sistemas estructurales correspondientes a los bloques fueron tomados a partir de imágenes 3D del software Sirovision y datos en campo, permitiendo identificar las familias de discontinuidades, los buzamientos de la estratificación y las fallas geológicas.

**Figura 29.** Áreas levantadas con el software sirovision en la mina la jagua



Fuente. Autor del proyecto

### 7.2 LEVANTAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE DATOS ESTRUCTURALES

La toma de datos estructurales se realizó con el fin de observar las diferentes familias de discontinuidades en los taludes de la mina La Jagua. El procedimiento que se ejecutó en el levantamiento de las discontinuidades fue a partir de datos en campo e imágenes del Software Sirovision generándose una base de datos con todos los datos tomados en los bloques de la mina la jagua.

### 7.2.1 Levantamiento estructural de imágenes procesadas del software Sirovision

- **Registros fotográficos**

Para la toma de imágenes debemos usar los siguientes materiales:

- Trípode
- Cámara Canon D200
- Lentes de 24mm, 50mm, 105mm
- GPS
- Estacas
- Spray y/o cono reflectivo
- Libreta de anotaciones
- Cinta métrica

- **Distancia óptima y el lente adecuado para la toma de imágenes**

Marcar en la pared el punto de referencia o punto de control el cual se debe hacer con spray color de color visible y/o cono reflectivo. A partir del punto de control, tomar una distancia perpendicular (DP) a la dirección de la pared para la ubicación de la cámara luego de haber marcado el punto DP ubicar dos puntos perpendiculares, hacia la izquierda y derecha a una distancia DP/14, marcar con estacas los puntos para la toma fotográfica, los cuales estarán separados entre sí a un séptimo de la distancia perpendicular a la pared objetivo (DP/7).

Esta distancia dependerá del tipo de lente a utilizar:

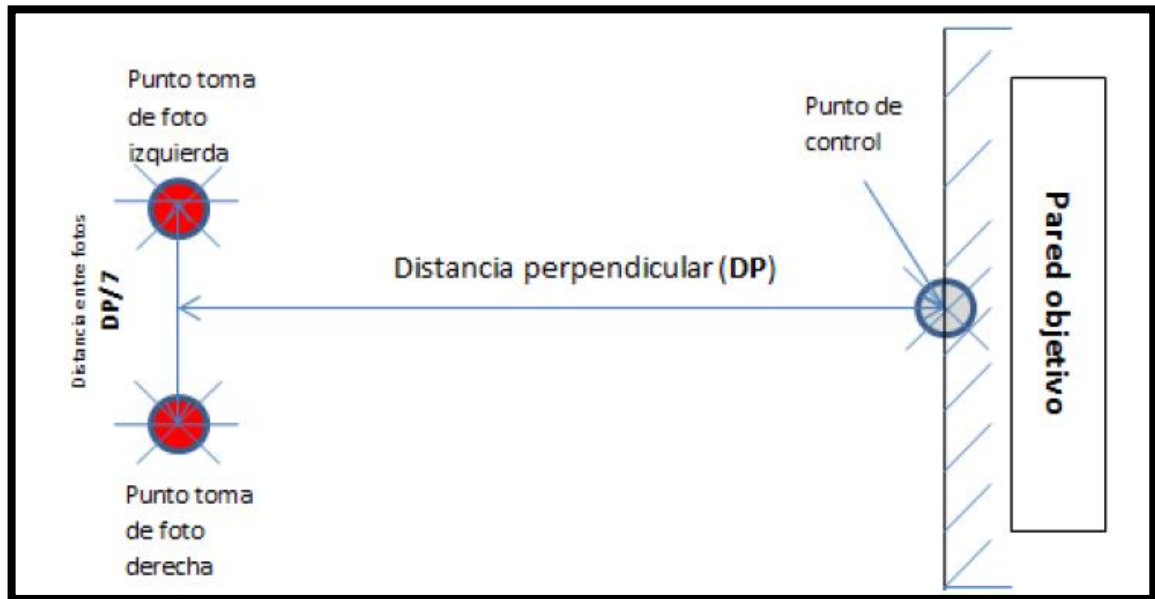
**Tabla 18.** Distancia óptima y el lente adecuado para la toma de imágenes

Lente	Distancia
24 mm	50-160
50 mm	180-130
105 mm	350-50

Fuente. Mina La Jagua

**Figura 30.** Esquema para la toma de las fotos Sirovision en campo. Fuente mina

La Jagua.

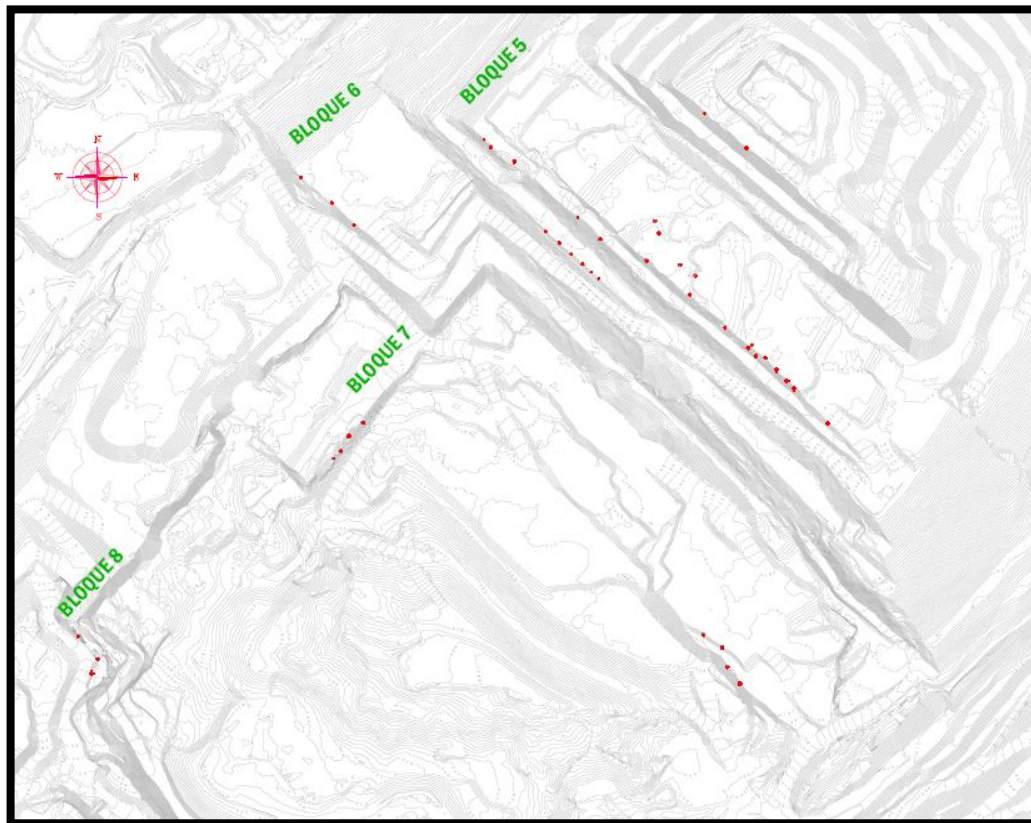


Fuente. Autor del proyecto

- **Tomar imágenes georeferenciadas a los taludes**

- La toma de la fotografía se debe tener en cuenta que el sol debe estar en la parte posterior del punto de la toma de la foto.
- Armar el trípode, nivelar la cámara en el punto de toma fotográfica y registrar en la libreta la altura de la cámara desde el terreno
- Se deben tomar mínimo dos fotos en cada punto de toma fotográfica.
- Realizar levantamiento topográfico del punto de referencia y los puntos de toma de imágenes.

**Figura 31.** Ubicación de los diferentes puntos de control de las imágenes tomadas



**Fuente.** Autor del proyecto.

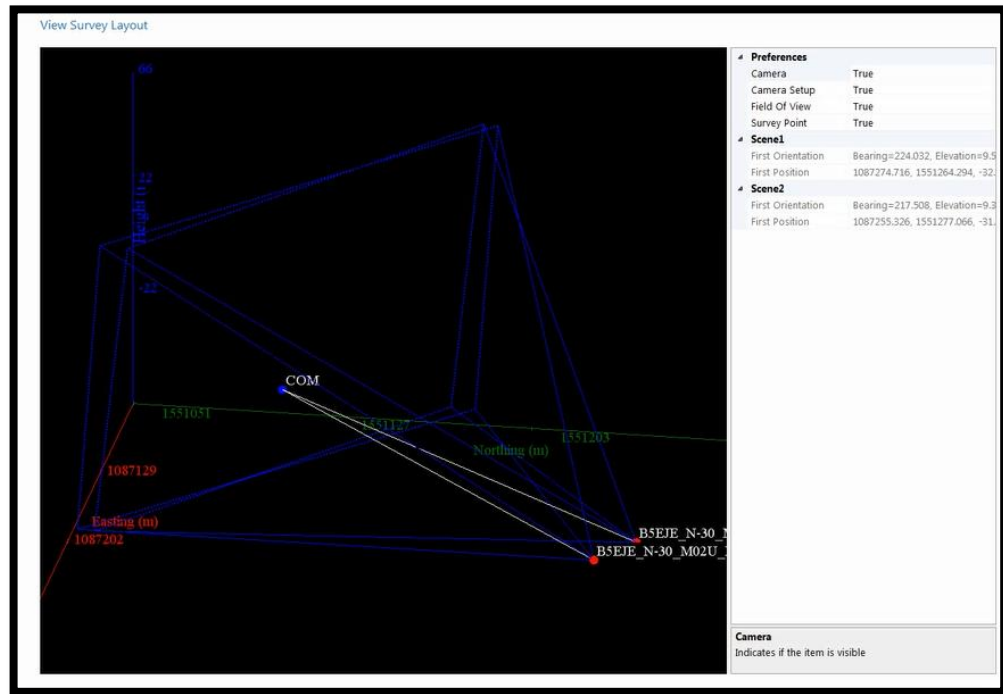
- **Procesar las imágenes en el software Sirovision**

Luego de tomar las imágenes en campo, se organizan identificando la imagen izquierda y la imagen derecha, son llevadas al software Sirovision donde son procesadas con sus respectivas coordenadas y su punto de control como lo muestra la figura 32.

La figura 33 muestra las imagen en 3D donde se logró hacer levantamientos a los diferente taludes mina La Jagua obteniendo de ella información estructural (buzamientos, dirección de buzamientos y desplazamiento de fallas) necesaria para elaboración una base de datos, como lo muestra la figura 34.

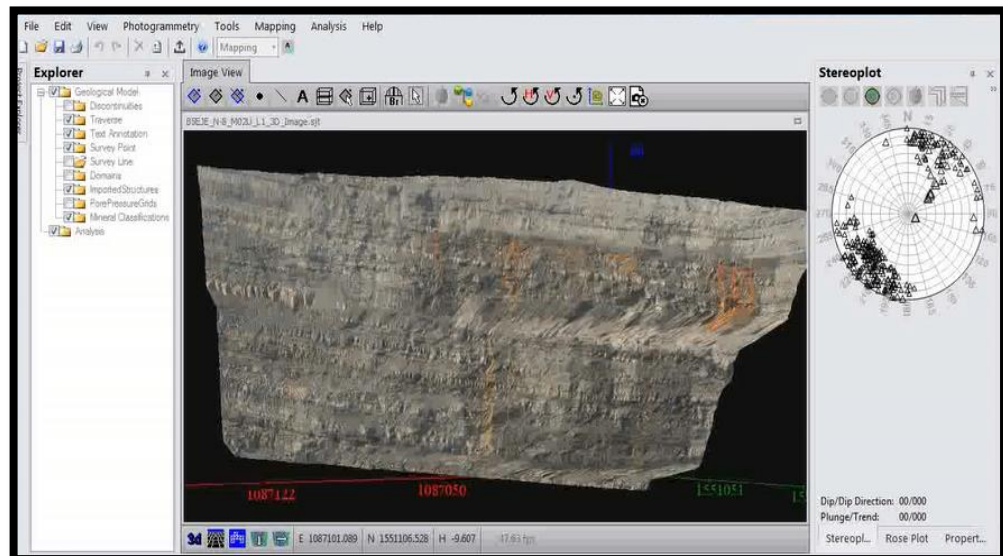


**Figura 32.** Georeferenciación de imagen



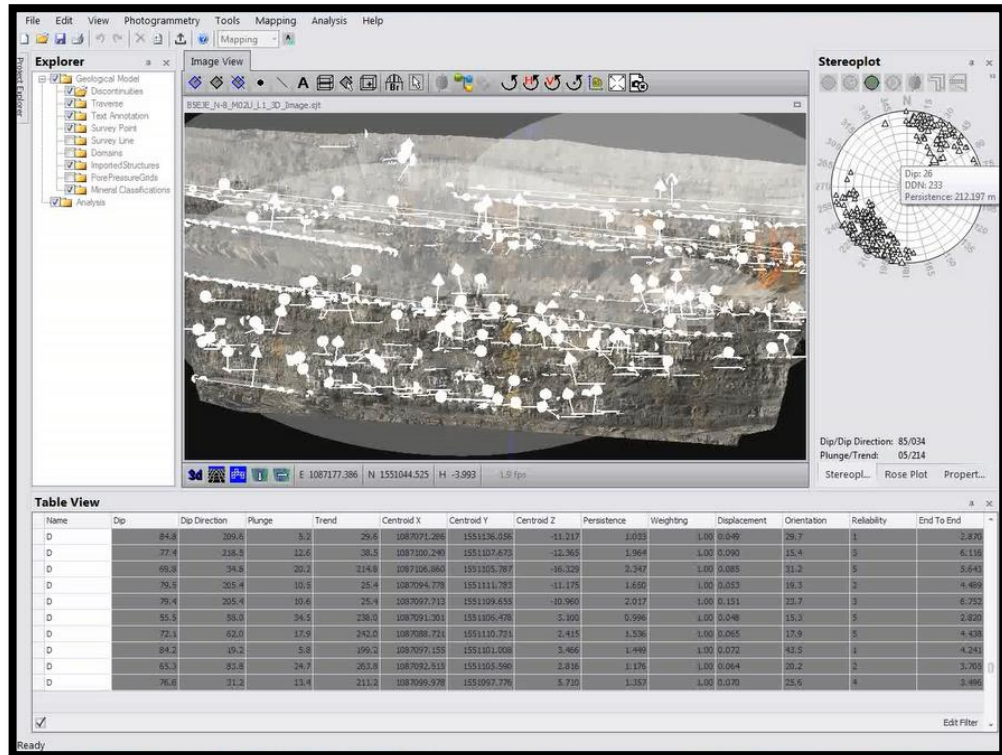
**Fuente.** Autor del proyecto

**Figura 33.** Creación imagen tridimensional



**Fuente.** Autor del proyecto

**Figura 34.** Identificar los planos de fallas, los planos de discontinuidades, las estratificaciones y las trazas de los carbones



Fuente. Autor del proyecto

**Tabla 19.** Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 4.

NOMBRE	DIP	DIP DIRECTION	RUMBO	BUZAMIENTO	PERSISTENCIA (m)	ESPACIADO (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	UBICACIÓN
D4	86,5	94,2	4,2	86,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B4_N-70_P1
TM28	10	35,6	35,6	10						B4_N-70_P1
TM35	16,8	56	56	16,8						B4_N-70_P1
TM40	22,3	60,6	60,6	22,3						B4_N-70_P1
TM35	9,9	52	52	9,9						B4_N-70_P1
TM28	20,7	25,3	25,3	20,7						B4_N-70_P1
TM25	11,8	113,7	23,7	11,8						B4_N-70_P1
D1	88,1	245	155	88,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D3	86,6	351,2	81,2	86,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	82	10,1	10,1	82	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D1	57,6	195,7	105,7	57,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	80,6	69,2	69,2	80,6	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	84,5	76,8	76,8	84,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	75,1	15,2	15,2	75,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	87,7	67,8	67,8	87,7	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	83	19,8	19,8	83	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D1	89,7	208	118	89,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	47,8	24,4	24,4	47,8	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	64,1	75,2	75,2	64,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	47,9	38,5	38,5	47,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	60,2	25,9	25,9	60,2	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	65,2	22,5	22,5	65,2	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	72,4	41,2	41,2	72,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	82	12,8	12,8	82	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	88,1	71,6	71,6	88,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	83,5	5,8	5,8	83,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	63,4	26,7	26,7	63,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	78,3	34,9	34,9	78,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	48,1	35,2	35,2	48,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D1	75,9	222,9	132,9	75,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1
D2	75,4	18,8	18,8	75,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4_N-70_P1

Fuente. Autor del proyecto

**Tabla 20.** Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 5.

NOMBRE	DIP	DIP DIRECTION	RUMBO	BUZAMIENTO	PERSISTENCIA (m)	ESPACIADO (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	UBICACIÓN
T M15	29,6	85,4	85,4	29,6						BSW_N35_P1
T M20	27,4	142,6	52,6	27,4						BSW_N35_P1
T M25	28,6	156,7	66,7	28,6						BSW_N35_P1
T M28	22,3	124,3	34,3	22,3						BSW_N35_P1
T M1011	45,7	55,3	55,3	45,7						BSW_N35_P1
T M20	33,7	96,5	6,5	33,7						BSW_N35_P1
FALLA	49,4	349,2	79,2	49,4						BSW_N35_P1
T M28	41,7	166,2	76,2	41,7						BSW_N35_P1
T M30	34,8	155,5	65,5	34,8						BSW_N35_P1
D1	80,3	236	146	80,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	86,6	257,6	167,6	86,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	67	58,7	58,7	67	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	70,4	243,1	153,1	70,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	75,6	64	64	75,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	86,1	55,1	55,1	86,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	75,9	36,1	36,1	75,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	87,5	32,5	32,5	87,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	75,7	42,6	42,6	75,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	84,8	217,2	127,2	84,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	83	246,8	156,8	83	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	83,6	201,2	111,2	83,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	89,5	211,8	121,8	89,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	81,4	234	144	81,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	76,8	49,6	49,6	76,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	81,1	60,3	60,3	81,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	73,9	31,1	31,1	73,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	85	245,8	155,8	85	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	82,3	233,8	143,8	82,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D1	75,3	198,8	108,8	75,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1
D2	89,8	43,4	43,4	89,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_N35_P1

Fuente. Autor del proyecto

**Tabla 21.** Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 6.

NOMBRE	DIP	DIP DIRECCION	RUMBO	BUZAMIENTO	PERSISTENCIA (mn)	ESPACIADO (mm)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	UBICACIÓN
T M05	16,3	276,6	6,6	16,3						MP6E_N190_P1
T M03U	22,6	16,5	16,5	22,6						MP6E_N190_P1
T M04 PNCH	15,2	277,7	7,7	15,2						MP6E_N190_P1
T M03A M03B	22,7	21,9	21,9	22,7						MP6E_N190_P1
D2	84,1	29,2	29,2	84,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	79,1	43,7	43,7	79,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D1	72,7	235	145	72,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	70,5	39,4	39,4	70,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	50,3	50,3	50,3	50,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	49,6	35,3	35,3	49,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	63,5	35,8	35,8	63,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	56,8	37,4	37,4	56,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	48,4	35,1	35,1	48,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	64,5	81,7	81,7	64,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D4	84,6	93,3	3,3	84,6	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_P1
D1	89,5	214,7	124,7	89,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	73	45	45	73	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	51,2	62	62	51,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	49,5	60,4	60,4	49,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	78,2	77,6	77,6	78,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D1	48,4	284,9	14,9	48,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D1	60,7	226,8	136,8	60,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	84,8	54,4	54,4	84,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D1	85,8	197,6	107,6	85,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	89,7	20,3	20,3	89,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	76,4	69,3	69,3	76,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D1	75,7	254	164	75,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D1	84,1	206,1	116,1	84,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D1	77,5	205,7	115,7	77,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	86,7	71,8	71,8	86,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
D2	79	70	70	79	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1

Fuente. Autor del proyecto

**Tabla 22.** Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 7.

NOMBRE	DIP	DIP DIRECCION	RUMBO	BUZAMIENTO	PERSISTENCIA (mn)	ESPACIADO (mm)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	UBICACIÓN
D3	78,7	300,6	30,6	78,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	69,1	294	24	69,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	64	299,7	29,7	64	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D1	89,2	188,8	98,8	89,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25- 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D2	89	24,7	24,7	89	1-3 m	6-20 m	0,25- 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D2	85,3	66,5	66,5	85,3	1-3 m	6-20 m	0,25- 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D1	73,4	267,6	177,6	73,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25- 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
T MANTO	22,9	117,1	27,1	22,9						MP7_P1
T MANTO	49,9	313,4	43,4	49,9						MP7_P1
D3	79,5	303,5	33,5	79,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	80,7	301,5	31,5	80,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	75,6	299,5	29,5	75,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	77,5	296,9	26,9	77,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	70,2	297,8	27,8	70,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	57,2	307,3	37,3	57,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	74	281,6	11,6	74	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	69,2	297,4	27,4	69,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	71	299,7	29,7	71	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	69,9	298,5	28,5	69,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	62,3	304,7	34,7	62,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	70,1	304,8	34,8	70,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	67,4	310	40	67,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	71,3	315,6	45,6	71,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	62,4	308,9	38,9	62,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	81,4	358,6	88,6	81,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D2	84,5	2,7	2,7	84,5	1-3 m	6-20 m	0,25- 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	53,8	298,2	28,2	53,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D1	78,6	251	161	78,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25- 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D1	66,5	261,7	171,7	66,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25- 0,5	Rugosa	N	MP7_P1

Fuente. Autor del proyecto

**Tabla 23.** Base de datos arrojados a partir de imágenes procesadas en el Software Sirovision de la pared de bloque 8 (Pitsur)

NOMBRE	DIP	DIP DIRECTION	RUMBO	BUZAMIENTO	PERSISTENCIA (mm)	ESPACIADO (mm)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	UBICACIÓN
T M15	15,8	119	29	15,8						PIT SUR
T M20	16,4	119,1	29,1	16,4						PIT SUR
T M1011	17,1	119,9	29,9	17,1						PIT SUR
D3	36,6	306,8	36,8	36,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	44,9	294,7	24,7	44,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	48,2	281,5	11,5	48,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	49,9	319,5	49,5	49,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	53,2	306,1	36,1	53,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	53,8	321,9	51,9	53,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	54,2	325,4	55,4	54,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	54,3	298,8	28,8	54,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	54,8	294,1	24,1	54,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	55,7	318,9	48,9	55,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	56,2	305,7	35,7	56,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	56,6	296,7	26,7	56,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	58,5	303,8	33,8	58,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	58,9	346,5	76,5	58,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	59,3	294,1	24,1	59,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	59,4	324,6	54,6	59,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	59,5	299	29	59,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	59,7	333,7	63,7	59,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	60,1	313,1	43,1	60,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	60,7	326,1	56,1	60,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	60,9	333,1	63,1	60,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	61,5	308,5	38,5	61,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	62	312,4	42,4	62	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	62,5	299,5	29,5	62,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	63,1	317,2	47,2	63,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	63,2	329	59	63,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR

Fuente. Autor del proyecto

### 7.2.2 Descripción de los datos estructurales de los registros fotográficos procesados en el software Sirovision

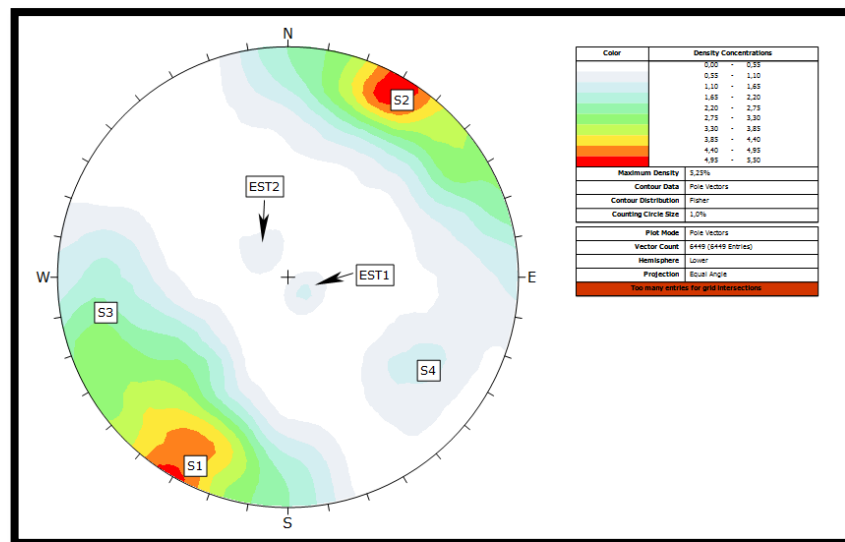
A partir de 6104 datos estructurales medidos en el software Sirovision y distribuidos en cinco bloques fue posible identificar los principales sistemas de discontinuidades existentes en el sinclinal donde se encuentra ubicada mina La Jagua; para este procedimiento se utilizó el software Dips V6.008 por medio del cual se obtuvieron los diagramas de polos y las orientación de los sistemas de discontinuidades anteriormente descritas.

- **Número y orientación de los sistemas de discontinuidades**

El análisis de los sistemas de discontinuidades se realizó inicialmente en cada uno de los bloques que presenta el sinclinal; observando densidades de polos para los diferentes bloques se encuentran distribuidas en todo el sinclinal. Por este motivo se realizó un análisis general de las familias de discontinuidades donde se involucran todos los datos recolectados de las imágenes procesadas del software Sirovision.

La figura 35 muestra el diagrama de densidad de polos con todos los datos obtenidos de las imágenes Sirovision.

**Figura 35.** Diagrama de densidad de polos de los taludes.



**Fuente.** Autor del proyecto.

En este diagrama se observan cinco sistemas de discontinuidades principales, dos corresponden a las estratificaciones y las otras a discontinuidades. Las estratificaciones fueron llamadas EST y los sistemas de discontinuidades S.



## 7.3 DESCRIPCIÓN POR BLOQUE

### 7.3.1 Bloque 4

La pared de avance del bloque 4 se pueden observar los mantos M10-11-M15-M20-M25-M28-M30-M35-M40 y estratificaciones que varían desde 2.4m hasta 22.5m de espesor, las areniscas se caracteriza por presentar variaciones de colores que van desde gris oscuro a gris claro, con un tamaño de grano medio a fino con espesores que van desde 1m hasta 3.5m e intercalaciones de capas de arcillas compactas y láminas de limolitas, se presenta grado medio de meteorización, altamente oxidado; las arcillolitas presentan un color gris claro con estructura muy laminar con espesores que van desde 1m hasta 2m y las limolitas son las rocas predominantes en toda la pared de avance y se caracteriza por presentar una variación de colores que van desde gris claro a gris oscuro con intercalaciones de arcillolitas compactas con espesores que van desde 0,9m hasta 5m observándose diaclasadas.

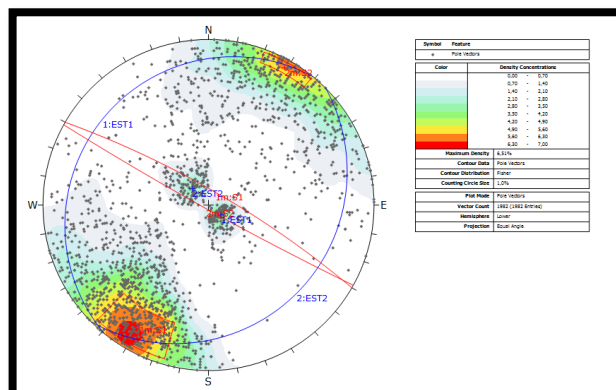
La pared de bloque 4 genera una dirección preferencial N37°E presentando buzamientos desde los 45°-60° de inclinación; esta pared en roca fresca forma bancos de 20 m de altura con una inclinación de 63° y en paredes meteorizadas con una inclinación de 23°-25°.

**Tabla 24.** Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 4.

Tipo	DIP	DIP Direction	Rumbo	Buzamiento
EST1	11	309	N39°E	11°NW
EST2	16	135	N45°E	16°SE
S1	80	30	N30°W	80°NE
S2	87	210	N29°W	87°SW

Fuente. Autor del proyecto

**Figura 36.** Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 4.



Fuente. Autor del proyecto.

**Tabla 25.** Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 4.

		Parámetros de las discontinuidades													
Localización	Orientación	Tipo	Espaciado (m)			Abertura (m)			Persistencia (m)		Rugosidad		Relleno		
			0,02-0,06	0,2-0,6	6-20	0,25-0,5	<0,1	<1	1-3	3-10	Rugosa	Lisa	N	CL	
Bloque 5	N39°E/11°NW	EST1													
	N45°E/16°SE	EST2													
	N30°W/80°NE	S1													
	N29°W/87°SW	S2													

Fuente. Autor del proyecto.

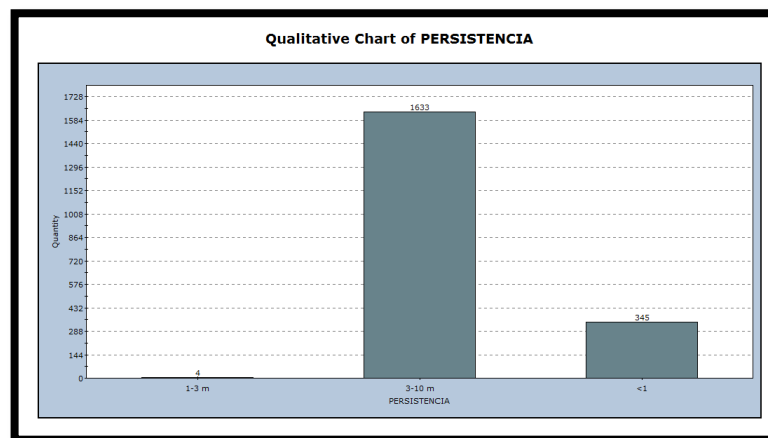
Mediante el software Sirovision se identificaron las disposiciones de los diferentes planos de discontinuidad presentes en la pared y con ayuda del diagrama de densidad de polos en el software Dips se obtuvieron 2 familias de discontinuidades; la familia 1 presenta una disposición general de N30°W/80°NE y la familia 2 presenta una disposición general de N29°W/87°SW. La tabla 25 muestra los parámetros de las familias de discontinuidades recogidos de los datos tomados en campo.

### 7.3.1.1 Histograma del bloque 4

- Persistencia**

En la gráfica 1 se observa que la persistencia o continuidad predominante para estas familias de discontinuidades es de 3m a 10m aproximadamente.

**Gráfica 1.** Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 4.

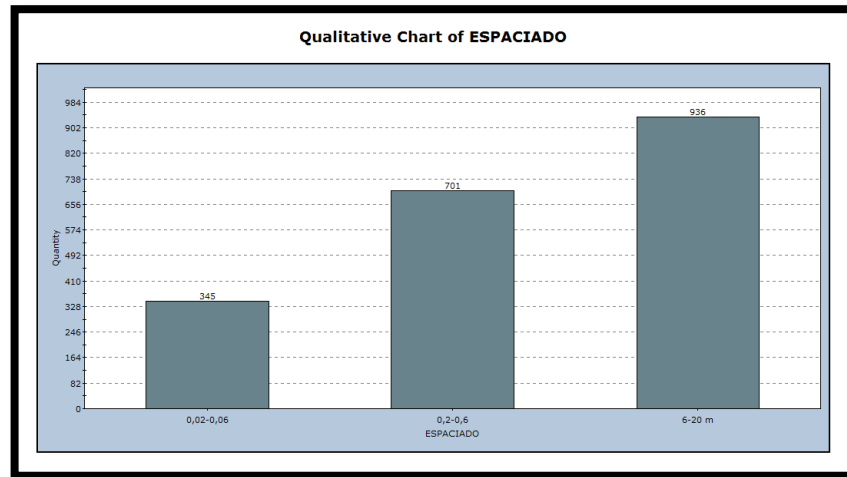


Fuente. Autor del proyecto.

- **Espaciado**

En la gráfica 2 se observa que el espaciado predominante para estas familias de discontinuidades es de 6m a 20m aproximadamente.

**Gráfica 2.** Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 4.

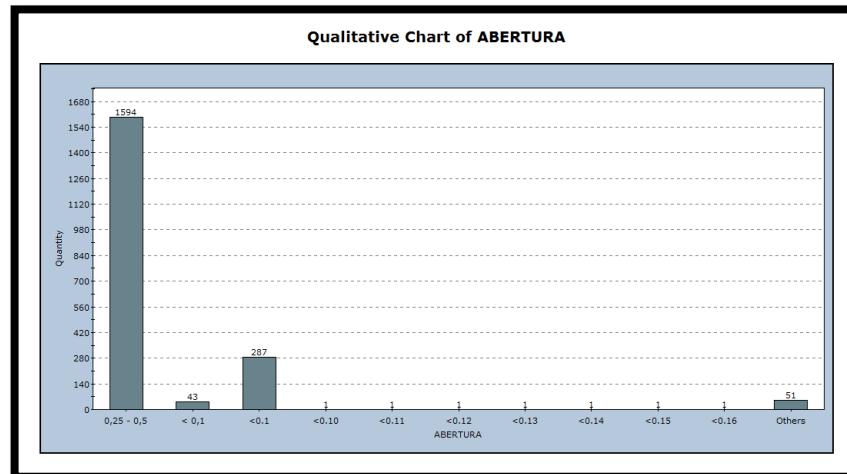


Fuente. Autor del proyecto.

- **Abertura**

En la gráfica 3 se observa que la abertura predominante para estas familias de discontinuidades es de 0,25mm a 0,5mm aproximadamente.

**Gráfica 3.** Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 4.

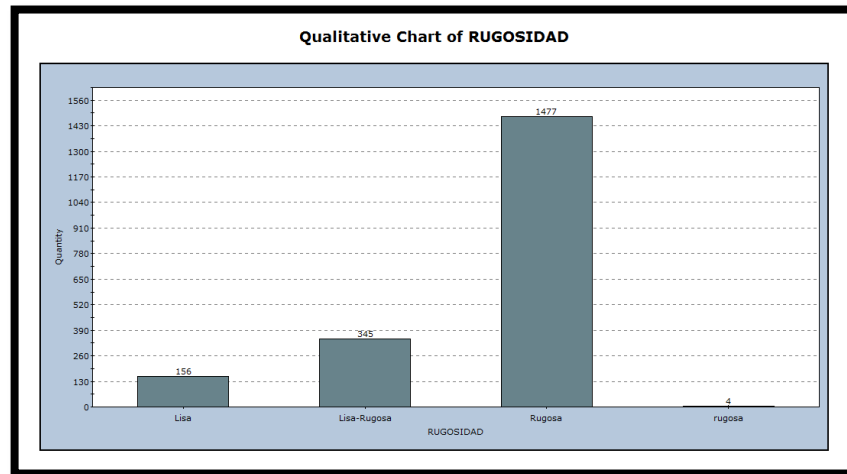


Fuente. Autor del proyecto.

- **Rugosidad**

En la grafica 4 se observa que la rugosidad predominante para estas familias de discontinuidades es rugosa.

**Gráfica 4.** Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 4.

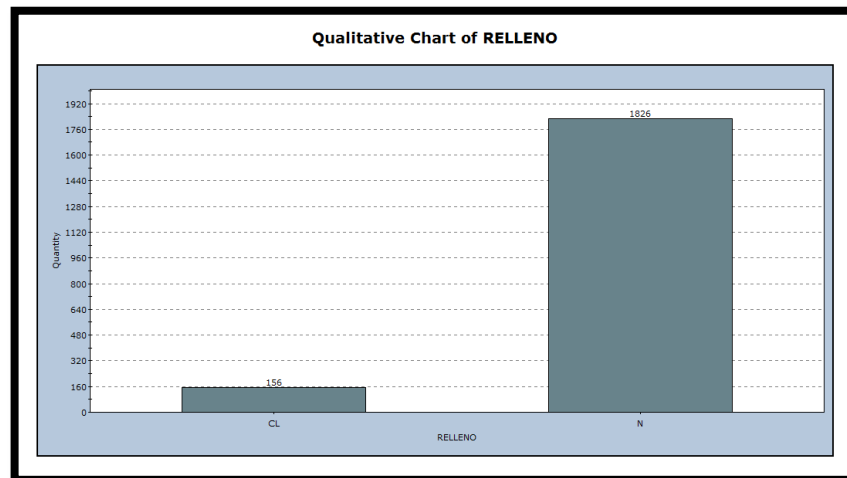


Fuente. Autor del proyecto.

- **Relleno**

En la gráfica 5 se observa que el relleno predominante para estas familias de discontinuidades se encuentra sin relleno.

**Gráfica 5.** Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.



Fuente. Autor del proyecto.

### 7.3.2 Bloque 5

La pared de avance del bloque 5 se pueden observar los mantos M00-M01-M02U-M03U-M03A-M03B-M04-M05-M08-M10-11-M15-M20-M25-M28-M30-M35-M40-M45 y estratificaciones que varían desde 2.4m hasta 22.5m de espesor, las areniscas se caracteriza por presentar variaciones de colores que van desde gris oscuro a gris claro, con un tamaño de grano medio a fino con espesores que van desde 1m hasta 3.5m e intercalaciones de capas de arcillas compactas y láminas de limolitas; las arcillolitas presentan un color gris claro con estructura muy laminar con espesores que van desde 0.5m hasta 2.2m y las limolitas son las rocas predominantes en toda la pared de avance del bloque 5 y se caracteriza por presentar una variación de colores que van desde gris claro a gris oscuro con intercalaciones de arcillolitas compactas con espesores que van desde 1m hasta 7m.

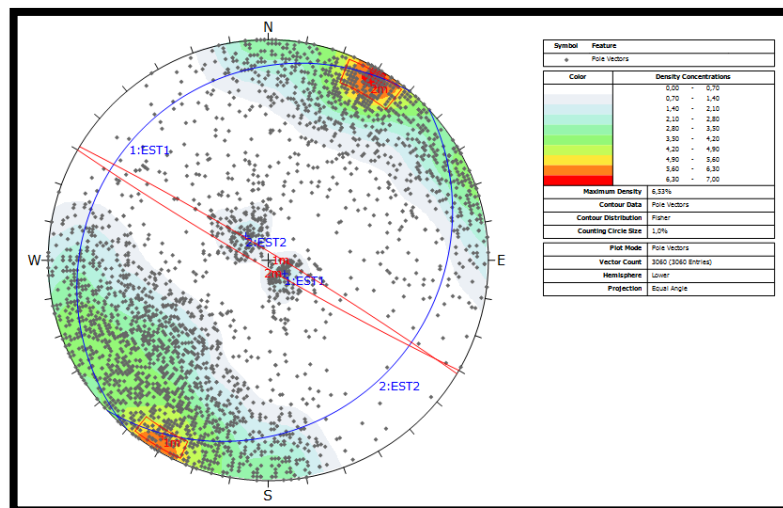
La pared de bloque 5 genera una dirección preferencial N42°E presentando buzamientos desde los 40°-65° de inclinación; esta pared en roca fresca forma bancos de 20 m de altura con una inclinación de 63°.

**Tabla 26.** Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 5

Tipo	DIP	DIP Direction	Rumbo	Buzamiento
EST1	11	310	N40°E	11°NW
EST2	17	137	N47°E	17°SE
S1	87	30	N30°W	87°NE
S2	86	210	N30°W	86°SW

Fuente. Autor del proyecto

**Figura 37.** Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 5.



Fuente. Autor del proyecto.

**Tabla 27.** Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 5.

		Parámetros de las discontinuidades													
Localización	Orientación	Tipo	Espaciado (m)			Abertura (m)		Persistencia (m)			Rugosidad		Relleno		
			0,02-0,06	0,2-0,6	6-20	0,25-0,5	<0,1	<1	1-3	3-10	Rugosa	Lisa	N	CL	
Bloque 5	N40°E/11°NW	EST1													
	N47°E/17°SE	EST2													
	N30°W/87°NE	S1													
	N30°W/86°SW	S2													

Fuente. Autor del proyecto.

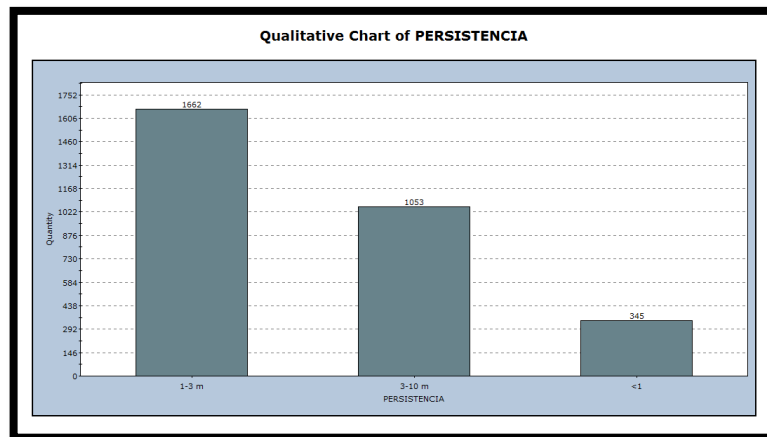
Mediante el software Sirovision se identificaron las disposiciones de los diferentes planos de discontinuidad presentes en la pared y con ayuda del diagrama de densidad de polos en el software Dips se obtuvieron 2 familias de discontinuidades; la familia 1 presenta una disposición general de N30°W/87°NE y la familia 2 presenta una disposición general de N30°W/86°SW. La tabla 27 muestra los parámetros de las familias de discontinuidades recogidos de los datos tomados en campo.

### 7.3.2.1 Histograma del bloque 5

- **Persistencia**

En la Grafica 6 se observa que la persistencia o continuidad predominante para estas familias de discontinuidades es de 1m a 3m aproximadamente.

**Gráfica 6.** Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 5.



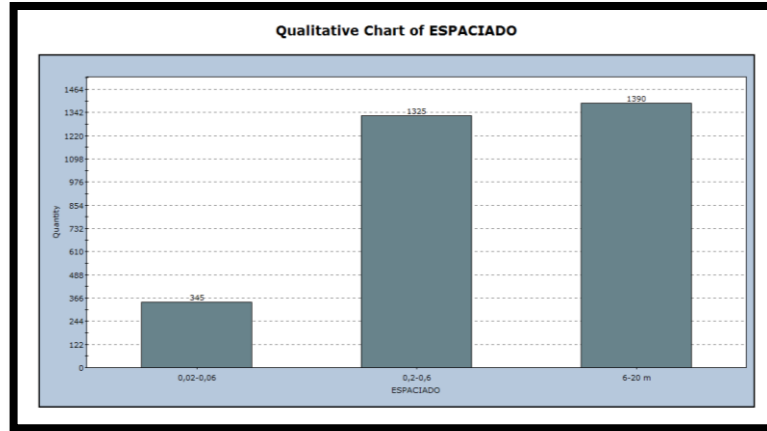
Fuente. Autor del proyecto.

- **Espaciado**

En la gráfica 7 se observa que el espaciado predominante para estas familias de

discontinuidades es de 6m a 20m aproximadamente.

**Gráfica 7.** Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 5.

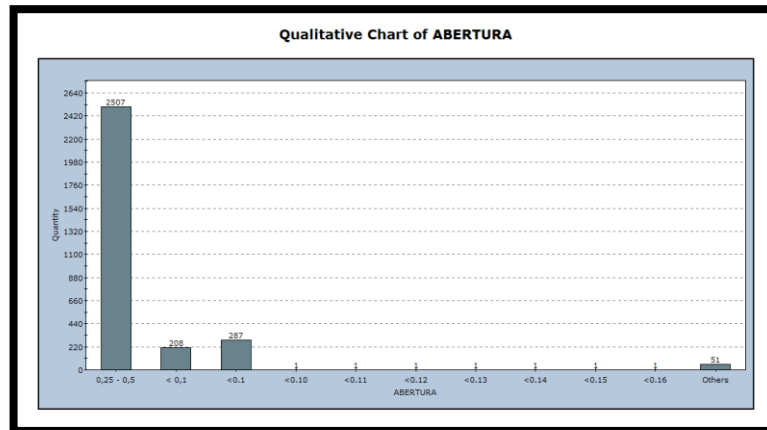


Fuente. Autor del proyecto.

- **Abertura**

En la gráfica 8 se observa que la abertura predominante para estas familias de discontinuidades es de 0,25mm a 0,5mm aproximadamente.

**Gráfica 8.** Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.

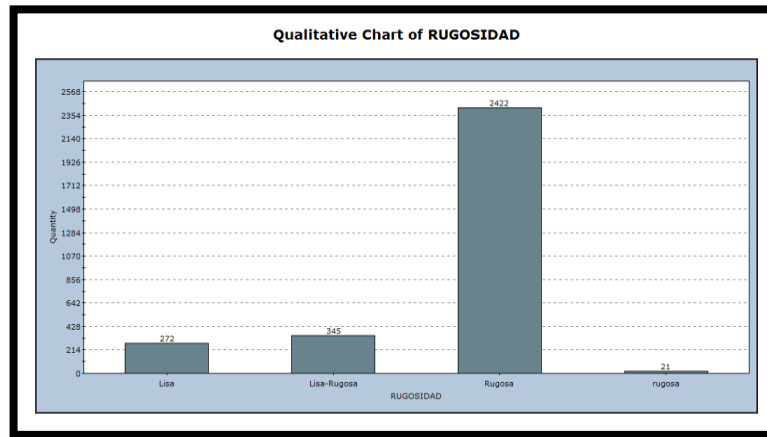


Fuente. Autor del proyecto.

- **Rugosidad**

En la gráfica 9 se observa que la rugosidad predominante para estas familias de discontinuidades es rugosa.

**Gráfica 9.** Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.

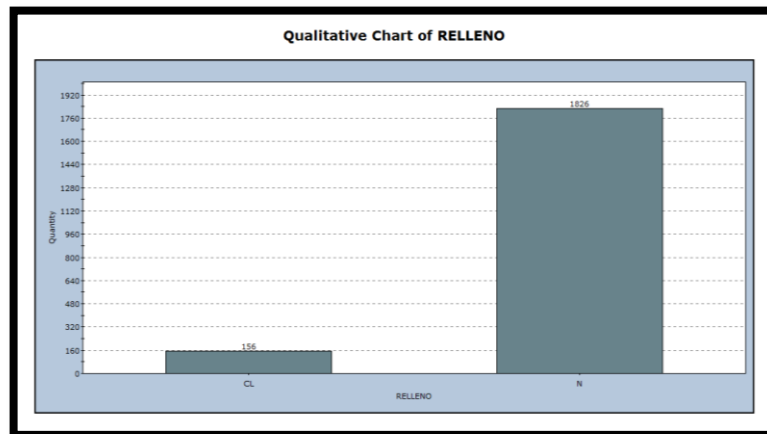


**Fuente.** Autor del proyecto.

- **Relleno**

En la gráfica 10 se observa que el relleno predominante para estas familias de discontinuidades se encuentra sin relleno.

**Gráfica 10.** Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.



**Fuente.** Autor del proyecto.

### 7.3.3 Bloque 6

La pared de bloque 6 occidente se pueden observar los mantos M15-M20-M25-M30-M35-M40-M45 y estratificaciones que varían desde 1m hasta 20m de espesor, las areniscas se caracteriza por presentar variaciones de colores que van desde gris oscuro a gris claro con un grado medio de meteorización y tamaño de grano medio a fino con espesores que van desde 1.5m hasta 3m e intercalaciones



de láminas de limolitas; las arcillolitas presentan un color gris claro con estructura muy laminar con espesores que van desde 1m hasta 2.2m altamente diaclasado y con un grado medio de meteorización y las limolitas presentan espesores que van desde 2m hasta 9m y se caracteriza por presentar una variación de colores que van desde gris claro a gris oscuro con presencia de oxidación e intercalaciones de arcillolitas compactas.

La pared de bloque 6 occidental se observan los mantos M00-M01-M02U-M03U-M03A-M03B-M04-M05 y estratificaciones que varían entre 2m hasta 24.4m de espesor; los mantos M00 y M01 se encuentran afectados por la minería subterránea que anteriormente era usada y el M02U se presenta quemado nombrando esa área como una zona de quema del M02U. Las limolitas se presentan de color gris claro a gris oscuro con espesores que van desde 1.9m hasta 3.5m y altamente diaclasada, grado medio de meteorización y oxidación con intercalaciones arcillosas compactas de color marrón oscuro, las areniscas se presenta de color gris claro y granos medio a fino con un espesor que varían entre 1m hasta 4m de espesor con un grado medio de meteorización con láminas de limolitas carbonosas (0.3m-0.9m espesor) y las arcillolitas se presentan de color gris claro con espesores que varían entre 0.5m hasta 1m.

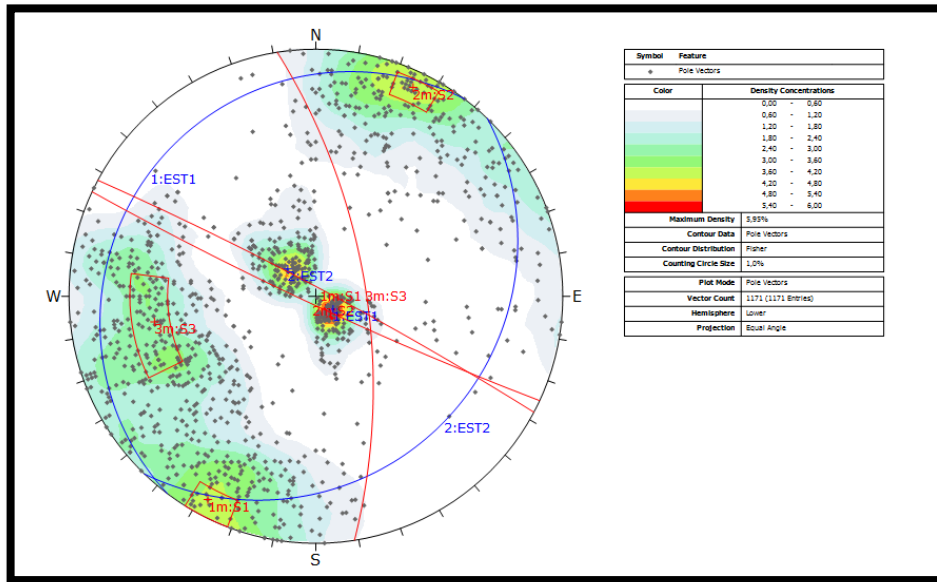
La pared de bloque 6 genera una dirección preferencial N53°E presentando buzamientos desde los 40°-65° de inclinación; esta pared en roca fresca forma 10m de altura con inclinación de 63° y en paredes meteorizadas con una inclinación de 23°-25°.

**Tabla 28.** Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 6

Tipo	DIP	DIP Direction	Rumbo	Buzamiento
EST1	10	307	N37°E	10°NW
EST2	18	134	N44°E	18°SE
S1	87	28	N28°W	87°NE
S2	86	205	N25°W	86SW
S3	81	67	N67°W	86°NE

Fuente. Autor del proyecto

**Figura 38.** Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 6.



Fuente. Autor del proyecto.

**Tabla 29.** Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 6.

		parámetros de las discontinuidades												
Localización	Orientación	Tipo	Espaciado (m)			Abertura (m)		Persistencia (m)			Rugosidad		Relleno	
			0,02-0,06	0,2-0,6	6-20	0,25-0,5	<0,1	<1	1-3	3-10	Rugosa	Lisa	N	CL
Bloque 6	N37°E/10°NW	EST 1												
	N44°E/18°SE	EST 2												
	N28°W/86°NE	S1												
	N25°W/86°SW	S2												
	N67°W/86°NE	S3												

Fuente. Autor del proyecto.

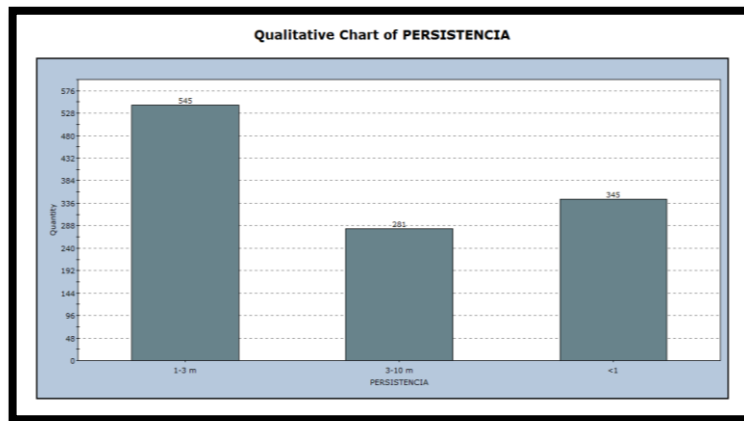
Mediante el software Sirovision se identificaron las disposiciones de los diferentes planos de discontinuidad presentes en la pared y con ayuda del diagrama de densidad de polos en el software Dips se obtuvieron 3 familias de discontinuidades; la familia 1 presenta una disposición general de N28°W/86°NE, la familia 2 presenta una disposición general de N25°W/86°SW y la familia 3 presenta una disposición general de N67°W/86°NE. La tabla 29 muestra los parámetros de las familias de discontinuidades recogidos de los datos tomados en campo.

### 7.3.3.1 Histograma del bloque 6

- **Persistencia**

En la gráfica 11 se observa que la persistencia o continuidad predominante para estas familias de discontinuidades es de 1m a 3m aproximadamente.

**Gráfica 11.** Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 6.

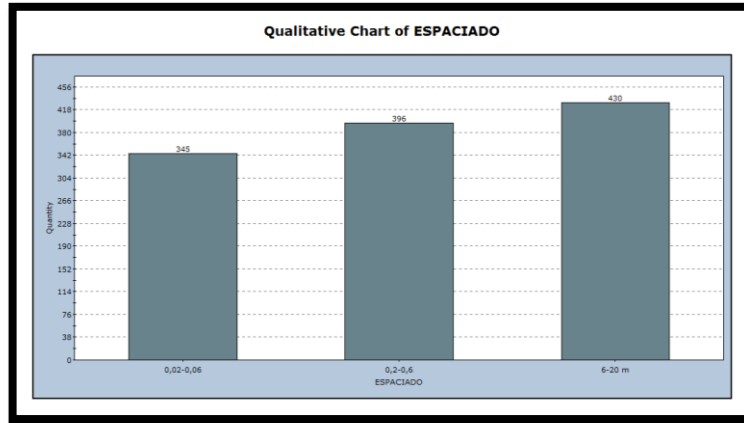


Fuente. Autor del proyecto.

- **Espaciado**

En la gráfica 12 se observa que el espaciado predominante para estas familias de discontinuidades es de 6m a 20m aproximadamente.

**Gráfica 12.** Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 6.

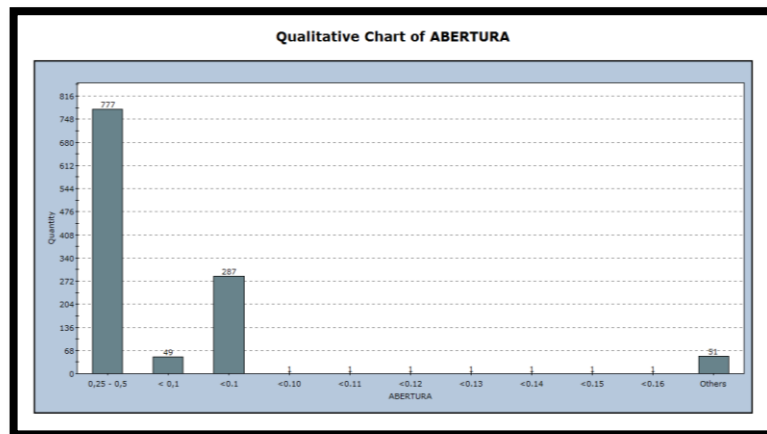


Fuente. Autor del proyecto.

- **Abertura**

En la gráfica 13 se observa que la abertura predominante para estas familias de discontinuidades es de 0,25mm a 0,5mm aproximadamente.

**Gráfica 13.** Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.

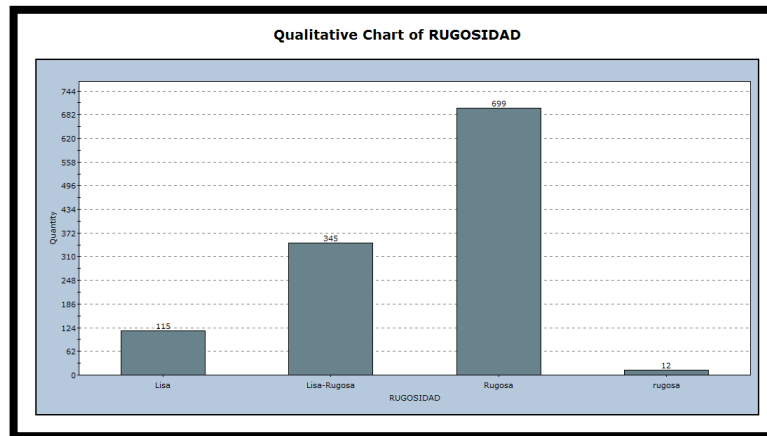


Fuente. Autor del proyecto.

- **Rugosidad**

En la gráfica 14 se observa que la rugosidad predominante para estas familias de discontinuidades es rugosa.

**Gráfica 14.** Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.

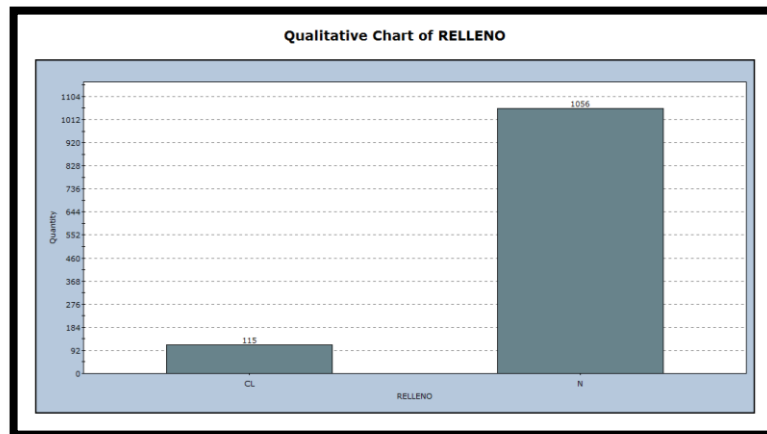


Fuente. Autor del proyecto.

- **Relleno**

En la gráfica 15 se observa que el relleno predominante para estas familias de discontinuidades se encuentra sin relleno.

**Gráfica 15.** Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.



Fuente. Autor del proyecto.

### 7.3.4 Bloque 7

La pared de bloque 7 occidental lateral se observan los mantos M00-M01 y estratificaciones que varían entre 1m hasta 5m de espesor; las limolitas se caracterizan presentar grado medio de meteorización, coloración gris claro, tamaño de grano muy fino y diaclasamiento, las areniscas presentan espesores que van desde 1m hasta 5m de espesor e intercalaciones de limolitas con

espesor que varían entre 0.5m hasta 1m.

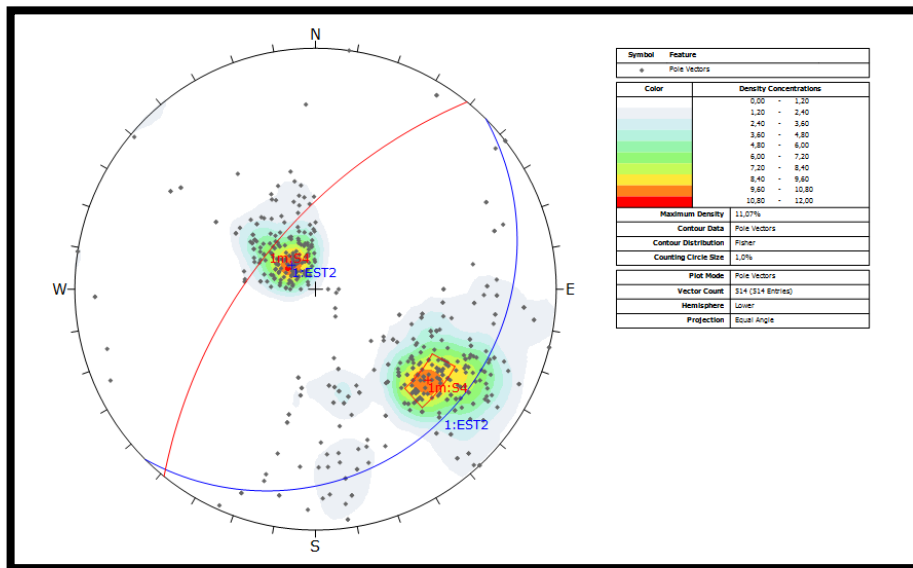
La pared de bloque 7 occidental lateral presenta una dirección preferencial N38°E presentando buzamientos desde los 25°-35° de inclinación; esta pared en roca fresca forma 10m de altura con inclinación de 63° y en paredes meteorizadas con una inclinación de 23°-25°.

**Tabla 30.** Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 6

Tipo	DIP	DIP Direction	Rumbo	Buzamiento
EST2	16	135	N45°E	16°SE
S4	62	309	N39°E	62°NW

Fuente. Autor del proyecto

**Figura 39.** Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 6.



Fuente. Autor del proyecto.

**Tabla 31.** Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 6.

Parámetros de las discontinuidades													
Localización	Orientación	Tipo	Espaciado (m)		Abertura (m)		Persistencia (m)			Rugosidad		Relleno	
			0,02-0,06	0,2-0,6	6-20	0,25-0,5	<0,1	<1	1-3	3-10	Rugosa	Lisa	N
Bloque 5	N45°E/16°SE	EST2											
	N39°E/62°NW	S4											

Fuente. Autor del proyecto.

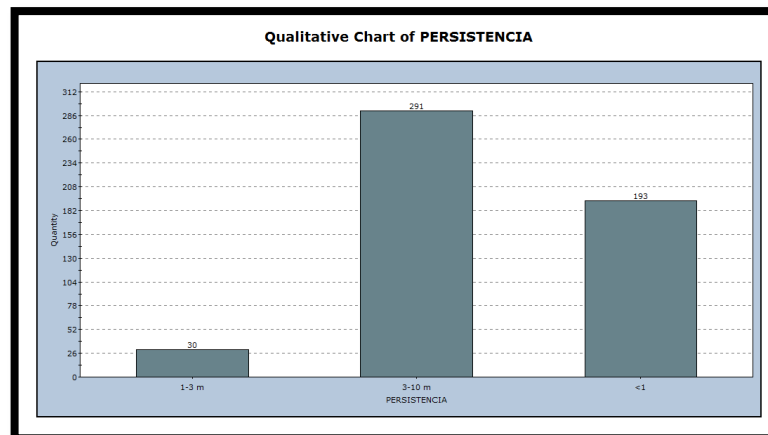
Mediante el software Sirovision se identificaron las disposiciones de los diferentes planos de discontinuidad presentes en la pared y con ayuda del diagrama de densidad de polos en el software Dips se obtuvo 1 familia de discontinuidad; la familia 1 presenta una disposición general de N39°E/62°NW. La tabla 31 muestra los parámetros de las familias de discontinuidades recogidos de los datos tomados en campo.

### 7.3.4.1 Histograma del bloque 7

- **Persistencia**

En la gráfica 16 se observa que la persistencia o continuidad predominante para estas familias de discontinuidades es de 3m a 10m aproximadamente.

**Gráfica 16.** Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 7.

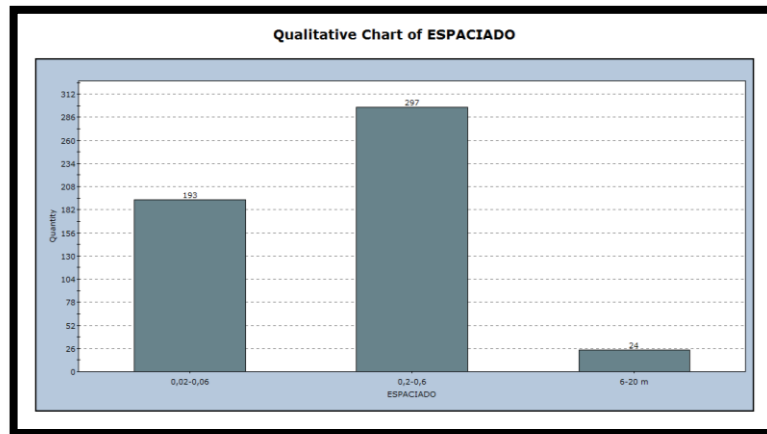


Fuente. Autor del proyecto.

- **Espaciado**

En la gráfica 17 se observa que el espaciado predominante para estas familias de discontinuidades es de 0,2m a 0,6m aproximadamente.

**Gráfica 17.** Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 7.

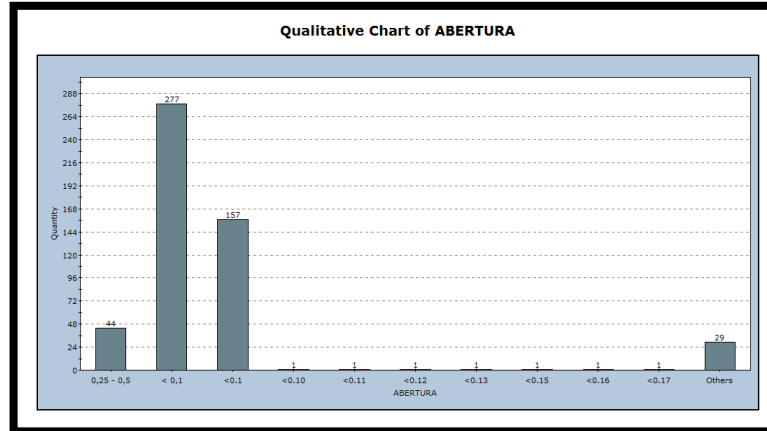


Fuente. Autor del proyecto.

- **Abertura**

En la gráfica 18 se observa que la abertura predominante para estas familias de discontinuidades es <0,1mm aproximadamente.

**Gráfica 18.** Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.



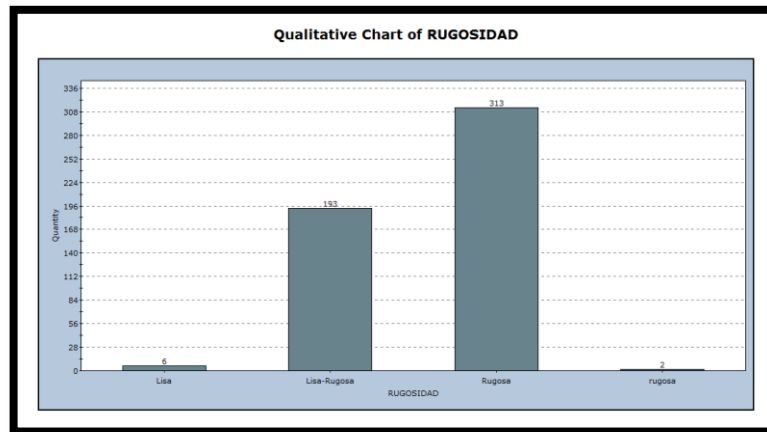
Fuente. Autor del proyecto.

- **Rugosidad**

En la gráfica 19 se observa que la rugosidad predominante para estas familias de discontinuidades es rugosa.

**Gráfica 19.** Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.



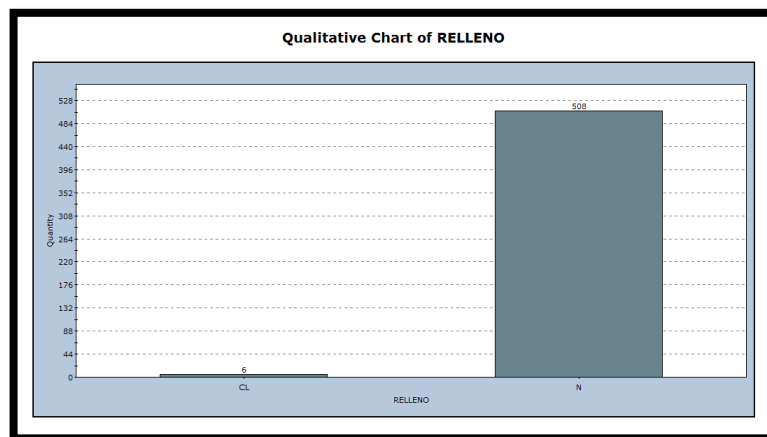


Fuente. Autor del proyecto.

- **Relleno**

En la gráfica 20 se observa que el relleno predominante para estas familias de discontinuidades se encuentra sin relleno.

**Gráfica 20.** Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.



Fuente. Autor del proyecto.

### 7.3.5 Bloque 8 (pitSur)

La pared de bloque 8 occidental lateral se observan los mantos M04-M05-M08-M10-11-M15 y estratificaciones que varían entre 0.5 hasta 10m de espesor con presencia de materia orgánica; las limolitas se caracterizan por presentar diaclasamiento con una grado medio de meteorización, tamaño de grano muy fino, roca muy compacta y colores que van de gris claro a gris oscuro, las areniscas se presentan de color gris oscuro, tamaño de grano fino a medio con espesores que

varían desde 0.5m hasta 2.5m e intercalaciones de limolitas y paquetes de arcillas con espesores que van desde 0.5 hasta 1m.

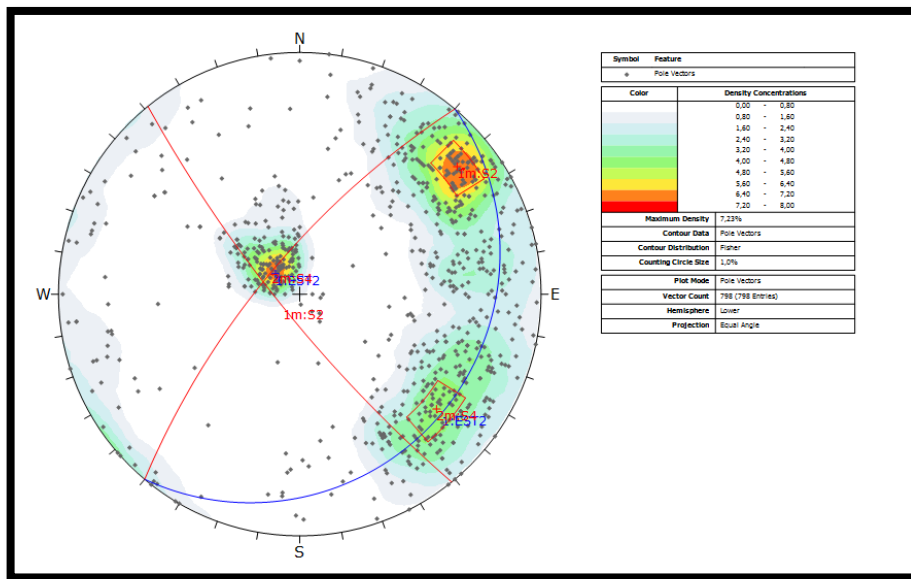
La pared de bloque 8 occidental lateral presenta una dirección preferencial N68°E presentando buzamientos desde los 45°-60° de inclinación; esta pared en roca fresca forma 10m de altura con inclinación de 63°.

**Tabla 32.** Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 8

Tipo	DIP	DIP Direction	Rumbo	Buzamiento
EST2	15	130	N40°E	15°SE
S2	80	231	N51°W	80°SW
S4	73	310	N40°E	73°NW

Fuente. Autor del proyecto

**Figura 40.** Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 8.



Fuente. Autor del proyecto.

**Tabla 33.** Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 8.

		Parámetros de las discontinuidades														
Localización	Orientación	Tipo	Espaciado (m)			Abertura (m)		Persistencia (m)			Rugosidad		Relleno			
			0,02-0,06	0,2-0,6	6-20	0,25-0,5	<0,1	<1	1-3	3-10	Rugosa	Lisa	N	CL		
Bloque 5	N40°E/15°SE	EST2														
	N51°W/80°SW	S2														
	N40°E/74°NW	S4														

Fuente. Autor del proyecto.

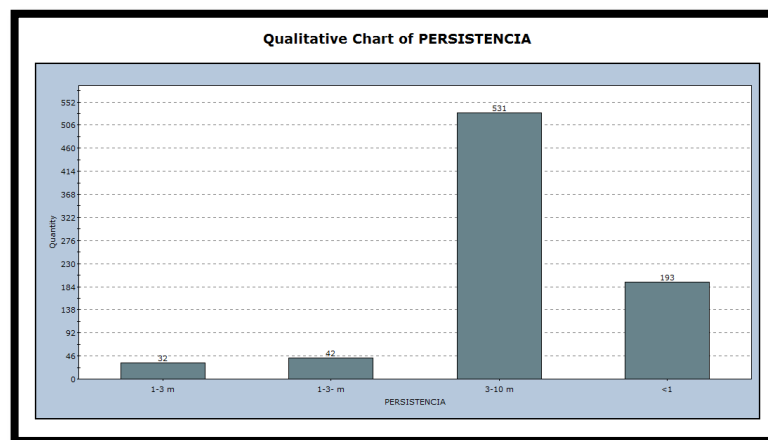
Mediante el software Sirovision se identificaron las disposiciones de los diferentes planos de discontinuidad presentes en la pared y con ayuda del diagrama de densidad de polos en el software Dips se obtuvieron 2 familia de discontinuidades; la familia 1 presenta una disposición general de N51°W/80°SW y la familia 2 presenta una disposición general de N40°E/74°NW. La tabla 33 muestra los parámetros de las familias de discontinuidades recogidos de los datos tomados en campo.

### 7.3.5.1 Histograma del bloque 8

- **Persistencia**

En la gráfica 21 se observa que la persistencia o continuidad predominante para estas familias de discontinuidades es de 3m a 10m aproximadamente.

**Gráfica 21.** Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 8.

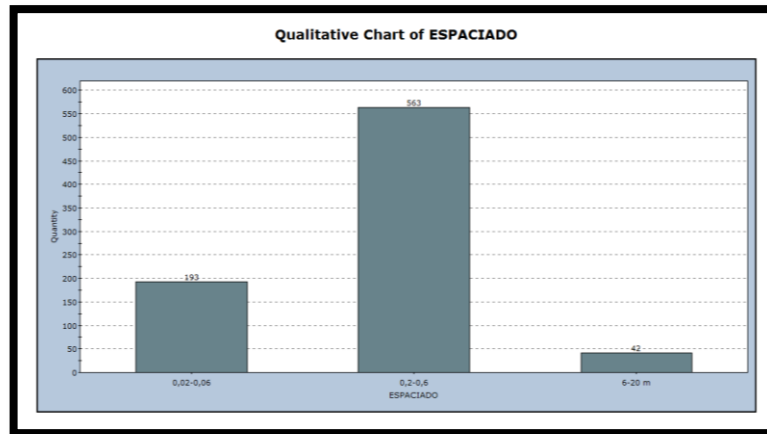


Fuente. Autor del proyecto.

- **Espaciado**

En la gráfica 22 se observa que el espaciado predominante para estas familias de discontinuidades es de 0,2m a 0,6m aproximadamente.

**Gráfica 22.** Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 8.

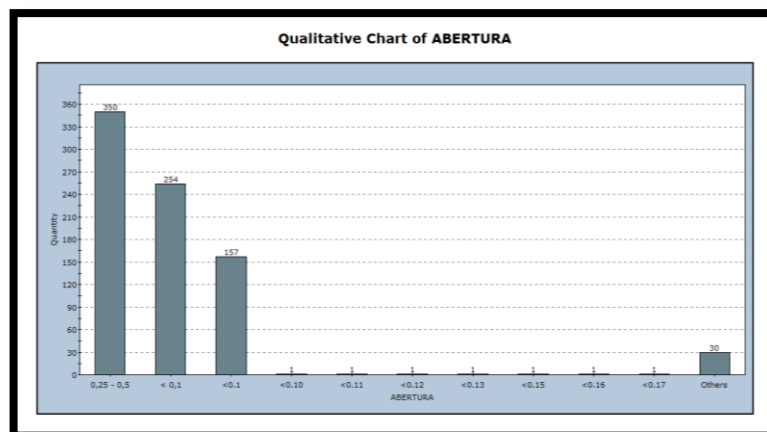


Fuente. Autor del proyecto.

- **Abertura**

En la gráfica 23 se observa que la abertura predominante para estas familias de discontinuidades es de 0.25mm a 0,5mm aproximadamente.

**Gráfica 23.** Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 8.

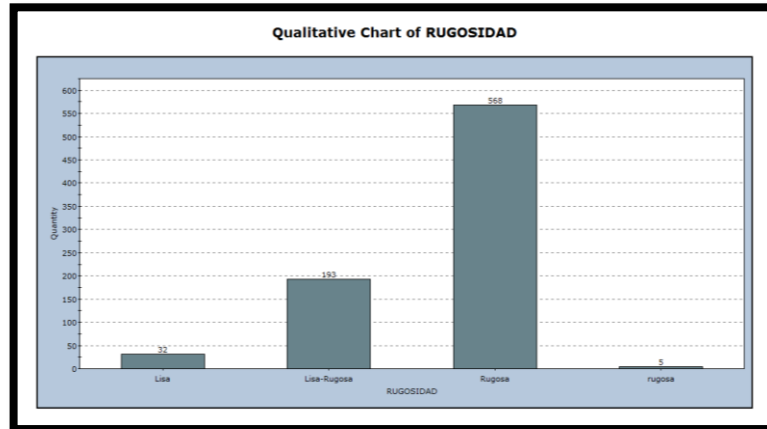


Fuente. Autor del proyecto.

- **Rugosidad**

En la gráfica 24 se observa que la rugosidad predominante para estas familias de discontinuidades es rugosa.

**Gráfica 24.** Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.

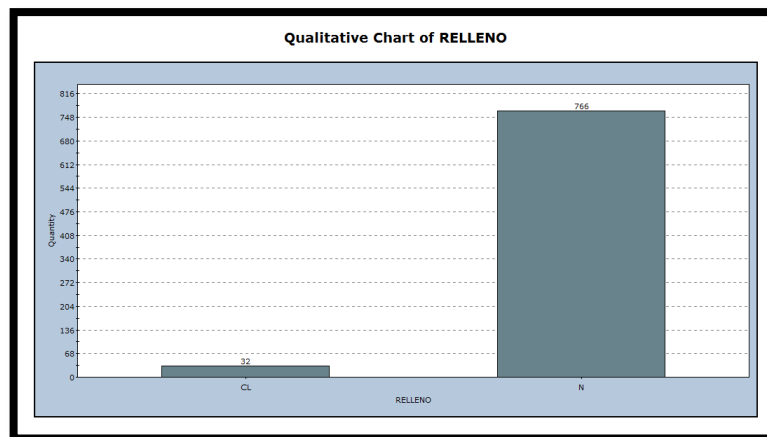


Fuente. Autor del proyecto.

- **Relleno**

En la gráfica 25 se observa que el relleno predominante para estas familias de discontinuidades se encuentra sin relleno.

**Gráfica 25.** Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 7.



Fuente. Autor del proyecto.

## **7.4 LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL EN CAMPO**

El levantamiento estructural en campo se enfocó en los taludes de mina La Jagua donde se observaron planos de discontinuidades y características importantes como orientación, persistencia, espaciado, rugosidad, abertura y relleno; y fallas geológicas afectando la continuidad de los mantos en el sinclinal donde se encuentra la mina La Jagua.

La recolección de información de las estructuras geológicas presentes en campo se realizó con diferentes herramientas que provee la empresa, esta información recopilada en campo se pasaba inmediatamente a una base de datos, con fin de no tener pérdidas de:

- Brújula Brunton
- Libreta de campo
- Martillo geológico
- GPS

Las tablas 34 y 35 muestra los datos estructurales tomadas en cada talud.

**Tabla 34.** Base de datos del levantamiento en campo de la pared de bloque 5.

NOMBRE		RUMBO		BUZAMIENTO		DIP	DIP DIRECTION	PERSISTENCIA (m)	ESPACIADO (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	UBICACIÓN
D2	N	59	W	79	NE	79	31	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	19	W	73	NE	73	71	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	32	W	46	NE	46	58	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	70	W	62	NE	62	20	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D3	N	75	E	53	NW	53	345	>20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	BSEJE_N20
D4	N	22	E	55	SE	55	112	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Lisa	CL	BSEJE_N20
D3	N	79	E	56	NW	56	349	>20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	BSEJE_N20
D3	N	12	E	62	NW	62	282	>20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	57	W	89	NE	89	33	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D4	N	64	E	65	SE	65	154	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Lisa	CL	BSEJE_N20
D2	N	57	W	89	NE	89	33	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D4	N	64	E	65	SE	65	154	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Lisa	CL	BSEJE_N20
D3	N	89	E	76	NW	76	359	>20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	25	W	87	NE	87	65	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D4	N	25	E	71	SE	71	115	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Lisa	CL	BSEJE_N20
D3	N	20	E	60	NW	60	290	>20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	79	W	82	NE	82	11	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	39	W	77	NE	77	51	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D3	N	75	E	74	NW	74	345	>20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	24	W	55	NE	55	66	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D3	N	55	E	64	NW	64	325	>20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	BSEJE_N20
D4	N	20	E	66	SE	66	110	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Lisa	CL	BSEJE_N20
D2	N	75	W	69	NE	69	15	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	55	W	81	NE	81	35	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	71	W	89	NE	89	19	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D4	N	35	E	80	SE	80	125	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Lisa	CL	BSEJE_N20
D4	N	40	E	82	SE	82	130	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Lisa	CL	BSEJE_N20
D2	N	20	W	68	NE	68	70	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D2	N	60	W	80	NE	80	30	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSEJE_N20
D3	N	76	E	73	NW	73	346	>20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	BSEJE_N20
D4	N	25	E	65	SE	65	115	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Lisa	CL	BSEJE_N20
D2	N	45	W	70	NE	70	45	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	BSW_MIRADOR

Fuente. Autor del proyecto

**Tabla 35.** Base de datos del levantamiento en campo de la pared de bloque 6.

NOMBRE	RUMBO	BUZAMIENTO	DIP	DIP DIRECTION	PERSISTENCIA (m)	ESPACIADO (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	UBICACIÓN			
D2	N	30	W	78	NE	78	60	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D2	N	78	W	79	NE	79	12	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D4	N	40	E	88	SE	88	130	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGE_N190
D2	N	38	W	89	NE	89	52	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D2	N	54	W	62	NE	62	36	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D4	N	39	E	85	SE	85	129	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGE_N190
D4	N	20	E	81	SE	81	110	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGE_N190
D2	N	78	W	76	NE	76	12	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D2	N	20	W	89	NE	89	70	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D2	N	65	W	83	NE	83	25	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D2	N	45	W	89	NE	89	45	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D2	N	25	W	86	NE	86	65	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D2	N	20	W	66	NE	66	70	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D2	N	21	W	75	NE	75	69	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGE_N190
D4	N	40	E	71	SE	71	130	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGE_N190
D4	N	45	E	74	SE	74	135	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGE_N190
D4	N	39	E	70	SE	70	129	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGE_N190
D4	N	44	E	71	SE	71	134	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGE_N190
D2	N	10	W	80	NE	80	80	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGW_190
D3	N	81	E	76	NW	76	351	> 20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MPGW_190
D3	N	69	E	81	NW	81	339	> 20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MPGW_190
D4	N	8	E	79	SE	79	98	3-10 m	0,25 - 0,5	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGW_190
D4	N	40	E	70	SE	70	130	3-10 m	0,25 - 0,5	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGW_190
D2	N	19	W	55	NE	55	71	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGW_190
D2	N	20	W	53	NE	53	70	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGW_190
D4	N	16	E	66	SE	66	106	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGW_190
D4	N	45	E	89	SE	89	135	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGW_190
D2	N	21	W	74	NE	74	69	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGW_190
D3	N	78	E	78	NW	78	348	> 20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MPGW_190
D3	N	75	E	75	NW	75	345	> 20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MPGW_190
D3	N	81	E	77	NW	77	351	> 20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MPGW_190
D3	N	75	E	60	NW	60	345	> 20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MPGW_190
D4	N	29	E	59	SE	59	119	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGW_190
D2	N	15	W	60	NE	60	75	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGW_190
D4	N	36	E	76	SE	76	126	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGW_190
D2	N	20	W	65	NE	65	70	1-3 m	6-20 m	0,25-0,5	Rugosa	N	MPGW_190
D4	N	45	E	89	SE	89	135	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MPGW_190
D3	N	81	E	89	NW	89	351	> 20	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MPGW_190

Fuente. Autor del proyecto



### 7.4.1 Descripción de los datos estructurales

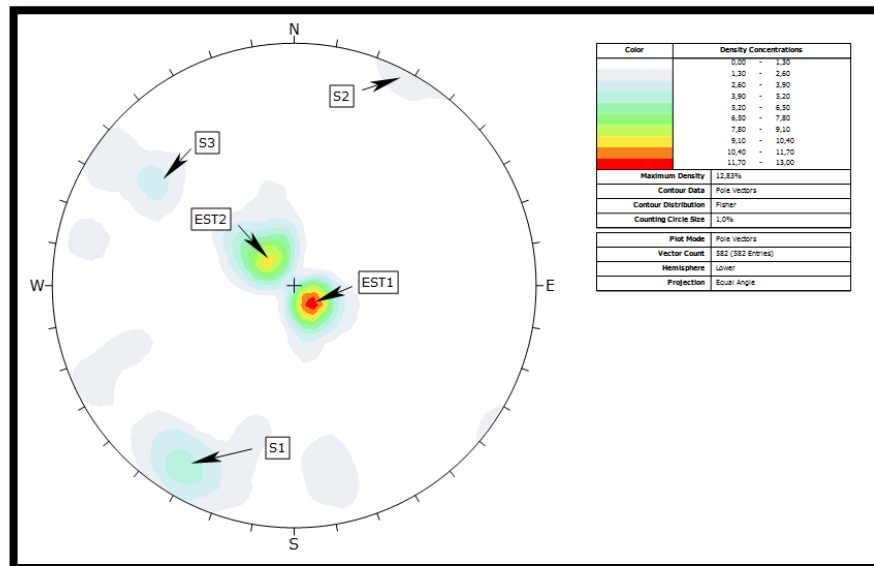
A partir de 237 datos estructurales medidos en campo y distribuidos en dos bloques fue posible identificar los principales sistemas de discontinuidades existentes en el sinclinal donde se encuentra ubicada mina La Jagua; para este procedimiento se utilizó el software Dips V6.008 por medio del cual se obtuvieron los diagramas de polos y las orientación de los sistemas de discontinuidades anteriormente descritas.

- **Número y orientación de las discontinuidades**

El análisis de los sistemas de discontinuidades se realizó inicialmente en cada uno de los bloques que presenta el sinclinal; observando densidades de polos para los diferentes bloques se encuentran distribuidas en todo el sinclinal. Por este motivo se realizó un análisis general de las familias de discontinuidades donde se involucran todos los datos recolectados de las imágenes procesadas del software Sirovision.

La figura 41 muestra el diagrama de densidad de polos con todos los datos obtenidos en campo.

**Figura 41.** Diagrama de densidad de polos de los taludes.



Fuente. Autor del proyecto.

## 7.5 DESCRIPCIÓN DE BLOQUES

En este diagrama se observan cinco sistemas de discontinuidades principales, dos corresponden a las estratificaciones y las otras a discontinuidades. Las

estratificaciones fueron llamadas EST y los sistemas de discontinuidades S.

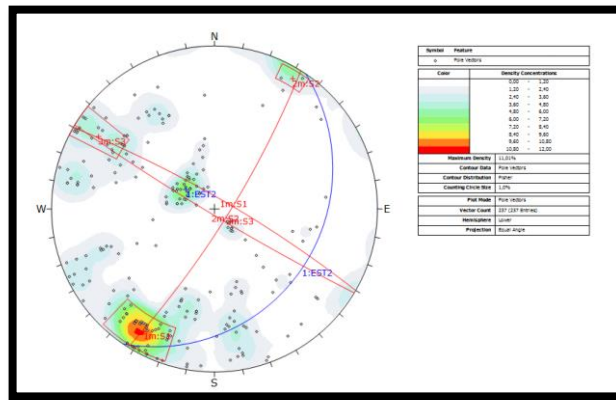
### 7.5.1 Bloque 5

**Tabla 36.** Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 5

Tipo	DIP	DIP Direction	Rumbo	Buzamiento
EST2	24	124	N34°E	24°SE
S1	82	30	N30°W	82°NE
S2	86	211	N31°W	87°SW
S3	80	122	N32°E	80°SE

Fuente. Autor del proyecto

**Figura 42.** Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 5.



Fuente. Autor del proyecto.

**Tabla 37.** Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 5.

		Parámetros de las discontinuidades													
Localización	Orientación	Tipo	Espaciado (m)			Abertura (m)		Persistencia (m)			Rugosidad		Relleno		
			0,02-0,06	0,2-0,6	6-20	0,25-0,5	<0,1	<1	1-3	3-10	Rugosa	Lisa	N	CL	
Bloque 5	N34°E/24°SE	EST 2													
	N30°W/32°NE	S1													
	N31°W/87°SW	S2													
	N32°E/80°SE	S3													

Fuente. Autor del proyecto.

Mediante el levantamiento en campo se identificaron las disposiciones de los diferentes planos de discontinuidades presentes en el talud y con ayuda del diagrama de densidad de polos en el software Dips se obtuvieron 3 familias de discontinuidades; la familia 1 presenta una disposición general de N30°W/82°NE, la familia 2 presenta una disposición general de N31°W/87°SW y la familia 3 presenta una disposición general de N32°E/80°SE. La tabla 37 muestra los

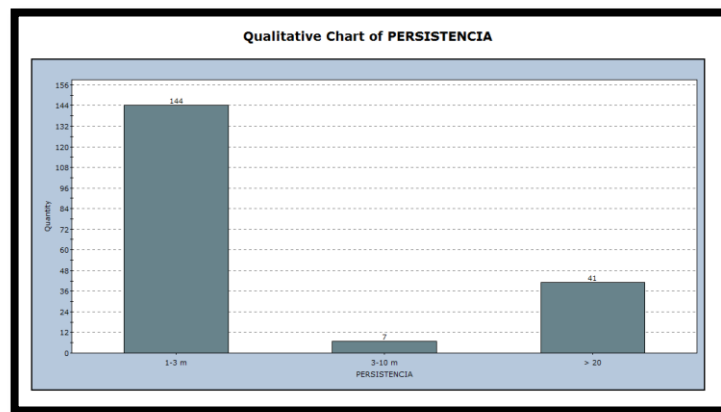
parámetros de las familias de discontinuidades recogidos de los datos tomados en campo.

### 7.5.1.1 Histograma del bloque 5

- **Persistencia**

En la gráfica 26 se observa que la persistencia o continuidad predominante para estas familias de discontinuidades es de 1m a 3m aproximadamente.

**Gráfica 26.** Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 5.

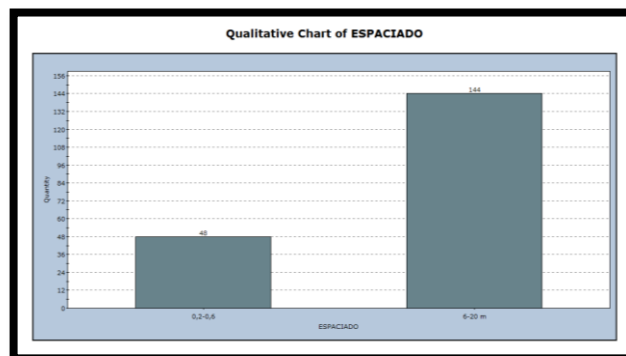


Fuente. Autor del proyecto.

- **Espaciado**

En la gráfica 27 se observa que el espaciado predominante para estas familias de discontinuidades es de 6m a 20m aproximadamente.

**Gráfica 27.** Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 5.

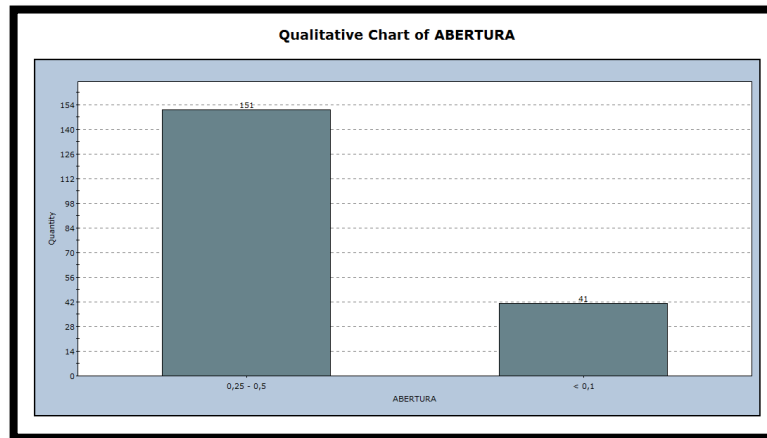


Fuente. Autor del proyecto.

- **Abertura**

En la gráfica 28 se observa que la abertura predominante para estas familias de discontinuidades es de 0,25mm a 0,5mm aproximadamente.

**Gráfica 28.** Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.

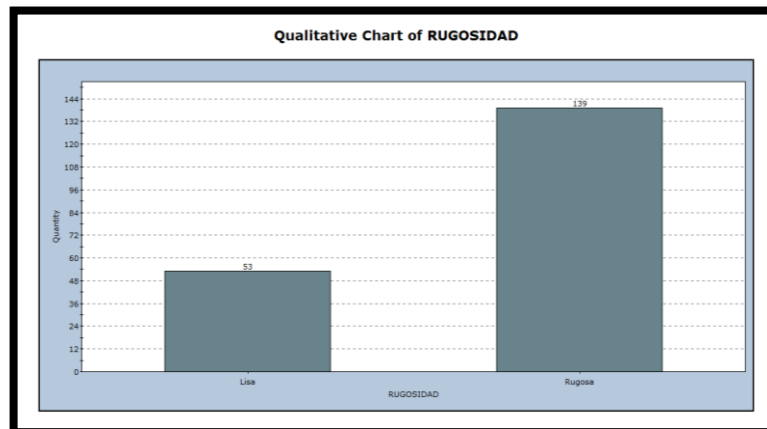


Fuente. Autor del proyecto.

- **Rugosidad**

En la gráfica 29 se observa que la rugosidad predominante para estas familias de discontinuidades es rugosa.

**Gráfica 29.** Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.

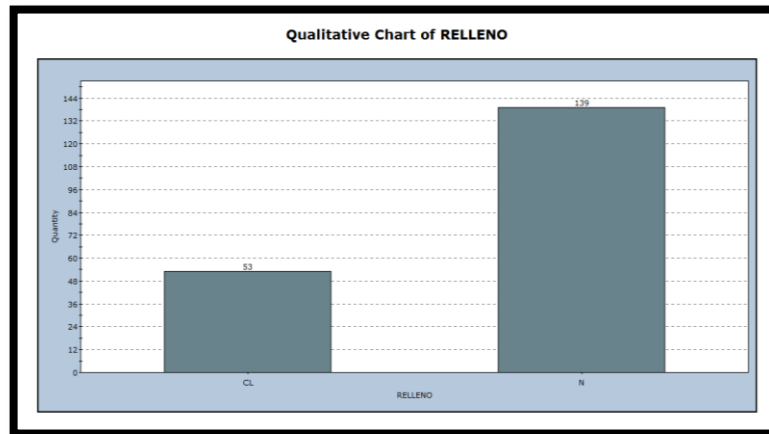


Fuente. Autor del proyecto.

- **Relleno**

En la gráfica 30 se observa que el relleno predominante para estas familias de discontinuidades se encuentra sin relleno.

**Gráfica 30.** Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 5.



**Fuente.** Autor del proyecto.

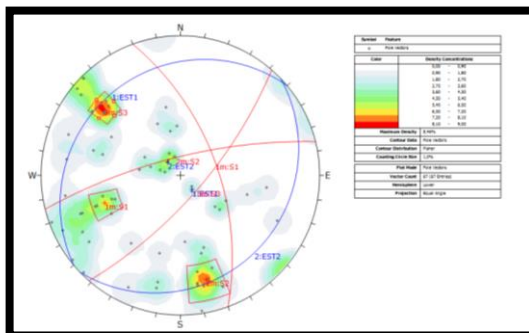
### 7.5.2 Bloque 6

**Tabla 38.** Direcciones de las principales discontinuidades presente en el bloque 6

Tipo	DIP	DIP Direction	Rumbo	Buzamiento
EST1	15	320	N50°E	15°NW
EST2	15	136	N46°E	15°SE
S1	60	70	N70°W	60°NE
S2	75	346	N76°E	75°NW
S3	72	131	N41°E	72°SE

**Fuente.** Autor del proyecto

**Figura 43.** Diagrama de densidad de polos de la pared de bloque 6.



**Fuente.** Autor del proyecto.

**Tabla 39.** Parámetros de las discontinuidades de la pared del bloque 6.

		Parámetros de las discontinuidades													
Localización	Orientación	Tipo	Espaciado (m)			Abertura (m)		Persistencia (m)			Rugosidad		Relleno		
			0,02-0,06	0,2-0,6	6-20	0,25-0,5	<0,1	<1	1-3	3-10	Rugosa	Lisa	N	CL	
Bloque 6	N50°E/15°NW	EST1													
	N46°E/15°SE	EST2													
	N70°W/60°NE	S1													
	N76°E/75°NW	S2								0					
	N41°E/72°SE	S3													

Fuente. Autor del proyecto.

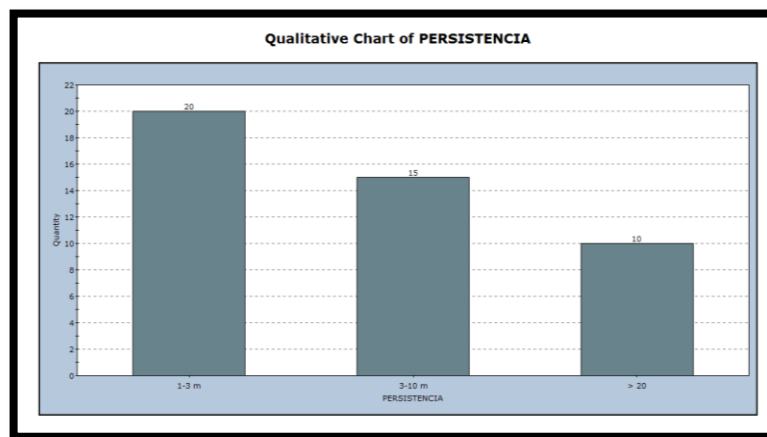
Mediante el levantamiento en campo se identificaron las disposiciones de los diferentes planos de discontinuidades presentes en el talud y con ayuda del diagrama de densidad de polos en el software Dips se obtuvieron 3 familias de discontinuidades; la familia 1 presenta una disposición general de N70°W/60°NE, la familia 2 presenta una disposición general de N76°E/75°NW y la familia 3 presenta una disposición general de N41°E/72°SE. La tabla 39 muestra los parámetros de las familias de discontinuidades recogidos de los datos tomados en campo.

### 7.5.2.1 Histograma del bloque 6

- **Persistencia**

En la gráfica 31 se observa que la persistencia o continuidad predominante para estas familias de discontinuidades es de 1m a 3m aproximadamente.

**Gráfica 31.** Persistencia de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 6.

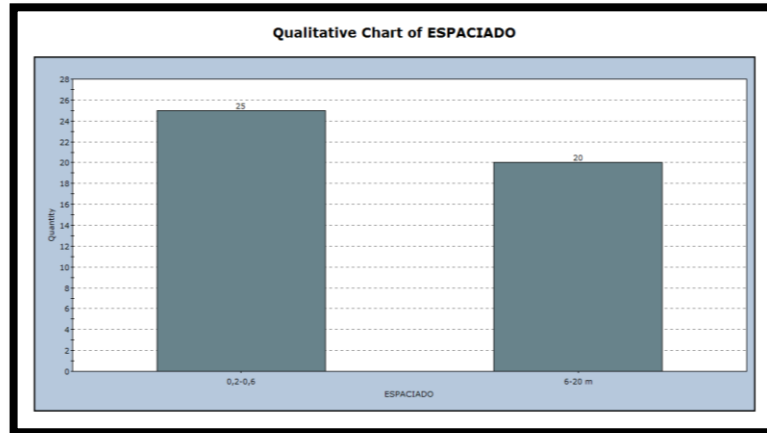


Fuente. Autor del proyecto.

- **Espaciado**

En la gráfica 32 se observa que el espaciado predominante para estas familias de discontinuidades es de 6m a 20m aproximadamente.

**Gráfica 32.** Espaciado de las familias de discontinuidades de la pared del bloque 6.

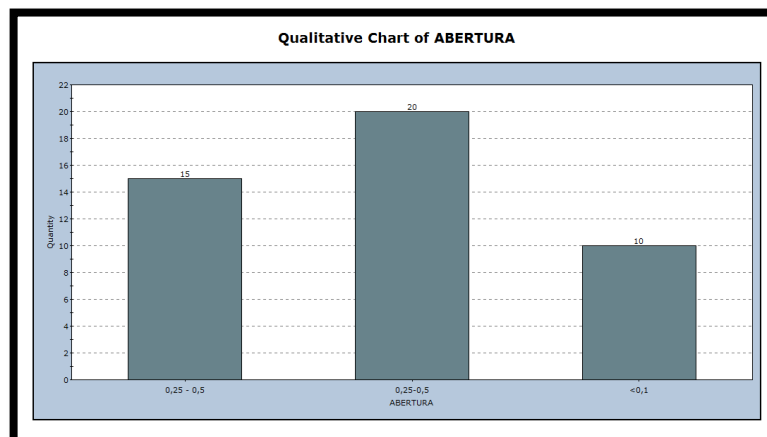


Fuente. Autor del proyecto.

- **Abertura**

En la gráfica 33 se observa que la abertura predominante para estas familias de discontinuidades es de 0,25mm a 0,5mm aproximadamente.

**Gráfica 33.** Abertura de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.

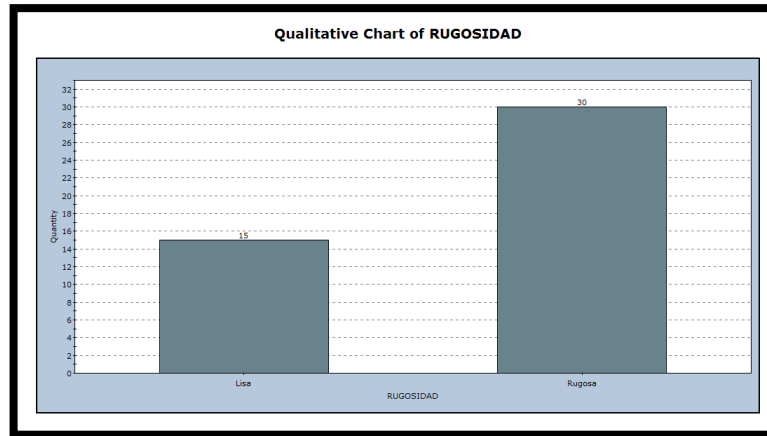


Fuente. Autor del proyecto.

- **Rugosidad**

En la gráfica 34 se observa que la rugosidad predominante para estas familias de discontinuidades es rugosa.

**Gráfica 34.** Rugosidad de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.

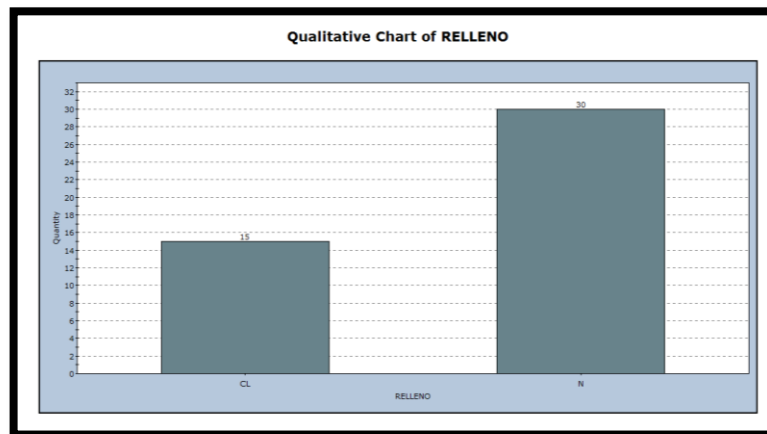


**Fuente.** Autor del proyecto.

- **Relleno**

En la gráfica 35 se observa que el relleno predominante para estas familias de discontinuidades se encuentra sin relleno.

**Gráfica 35.** Relleno de las familias de discontinuidades de la pared de bloque 6.



**Fuente.** Autor del proyecto.



## 7.6 RQD

Los valores de RQD han sido obtenidos con trabajos realizados anteriormente, en la descripción geotécnica el RQD se calculó por corridas, descripciones de litologías y espesores. Este cálculo ha sido comparado y ajustados con información de campo para así obtener la clasificación geomecánica de los macizos rocosos presentes en el sinclinal.

La tabla 40 corresponde a valores promedios de RQD teniendo en cuenta los rangos que describen la calidad del macizo rocoso

**Tabla 40.** Clasificación del RQD del sinclinal.

Litología	RQD	Calidad del macizo
Arcillolitas	25-50	Mala
Areniscas	50-75	Regular
Limolitas	75-90	Buena
Carbón	50-7985	Regular

Fuente. Autor del proyecto.

## 7.7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (UCS)

La resistencia a la compresión simple se obtuvo a partir de estudios realizados anteriormente, este estudio se determinó con registros geofísico sónicos En la tabla 41 corresponde a valores promedio de UCS obtenidos a partir de pozos exploratorios teniendo en cuenta los rangos.

**Tabla 41.** Resistencia a la compresión simple (UCS) del sinclinal.

UCS (MPa)
5 – 25
25 – 50
50 – 100

Fuente. Autor del proyecto.

## 8. RESULTADOS

En el sinclinal donde se encuentra ubicada mina La Jagua se identificaron 6 taludes los cuales fueron divididos por bloques (bloque4, bloque 5, bloque 6, bloque 7W y bloque 8 (pitsur)). A cada uno de los bloque fue necesario realizar la clasificación geomecánica mediante el sistema establecido por bieniawski en 1989, que consta de un índice de calidad que sirve como guía para la elaboración de túneles, taludes y cimentaciones.

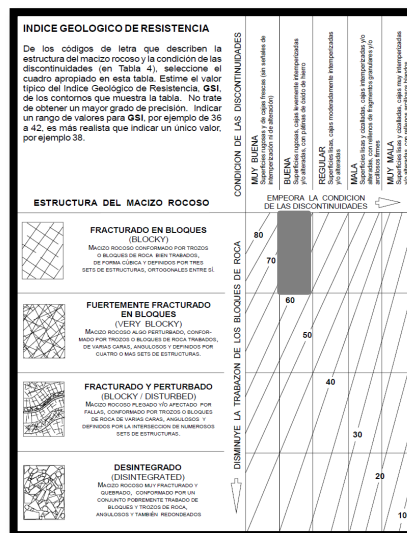
### 8.1 BLOQUE 4

Tabla 42. Clasificación RMR del bloque 4.

PARÁMETRO		DESCRIPCIÓN	VALOR
UCS (MPa)		50-100	7
R.Q.D (%)		50-75	13
Estado de las discontinuidades	Persistencia	3-10 m	2
	Espaciado	6-20 m	8
	Abertura	0,25-0,5 mm	3
	Rugosidad	Rugosa	5
	Relleno	Ninguno	6
	Alteración	Moderadamente alterada	3
Infiltración		Goteando	4
<b>TOTAL</b>			<b>51</b>

Fuente. Autor del proyecto.

Figura 44. Clasificación GSI del bloque 4.



Fuente. Autor del proyecto

De acuerdo a la clasificación RMR y GSI, el bloque 4 presenta una valoración de 51, según los parámetros establecidos de la tabla 42 la corrección por las orientaciones de las discontinuidades del talud es favorable a estas restando un valor constante (5) a la clasificación adquirida según la tabla 5; obteniendo un resultado de 46. Esta clasificación se encuentra en un rango de 41-60 de clase III y calidad media, las características geotécnicas implantadas dentro del índice de calidad del macizo rocoso indica que el talud presenta una cohesión 2 – 3 Kg/cm<sup>2</sup> y un ángulo de fricción de 25°-35°.

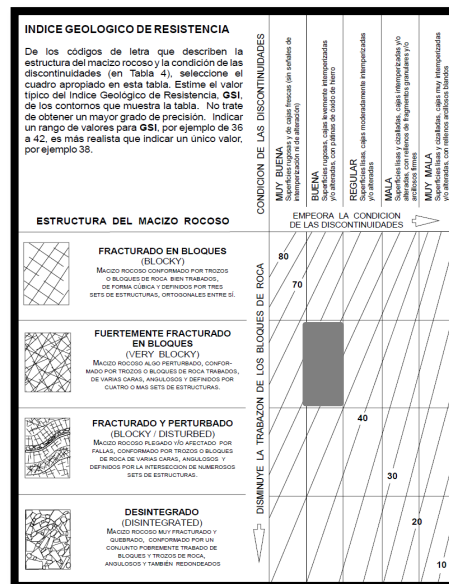
## 8.2 BLOQUE 5

**Tabla 43.** Clasificación RMR del bloque 5.

PARÁMETRO		DESCRIPCIÓN	VALOR
UCS (MPa)		25-50	4
R.Q.D (%)		75-90	17
Estado de las discontinuidades	Persistencia	1-3 m	4
	Espaciado	6-20 m	8
	Abertura	0,25-0,5	3
	Rugosidad	Rugosa	5
	Relleno	Ninguno	6
	Alteración	Ligeramente alterada	5
Infiltración		Seca	15
<b>TOTAL</b>			<b>67</b>

Fuente. Autor del proyecto.

**Figura 45.** Clasificación GSI del bloque 5.



Fuente. Autor del proyecto

De acuerdo a la clasificación RMR y GSI, el bloque 5 presenta una valoración de 67, según los parámetros establecidos de la tabla 43 la corrección por las orientaciones de las discontinuidades del talud es favorable a estas restando un valor constante (5) a la clasificación adquirida según la tabla 5; obteniendo un resultado de 62. Esta clasificación se encuentra en un rango de 61-80 de clase II y calidad buena, las características geotécnicas implantadas dentro del índice de calidad del macizo rocoso indica que el talud presenta una cohesión  $3 - 4 \text{ Kg/cm}^2$  y un ángulo de rozamiento de  $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$ .

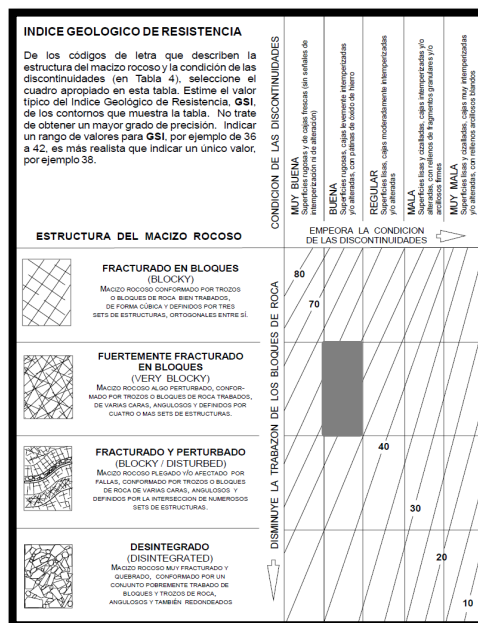
### 8.3 BLOQUE 6

Tabla 44. Clasificación RMR del bloque 6.

PARÁMETRO		DESCRIPCIÓN	VALOR
UCS (MPa)		25-50	4
R.Q.D (%)		75-90	17
Estado de las discontinuidades	Persistencia	1-3 m	4
	Espaciado	6-20 m	8
	Abertura	0,25-0,5 mm	3
	Rugosidad	Rugosa	5
	Relleno	Ninguno	6
	Alteración	Moderadamente alterada	3
Infiltración		Seca	15
<b>TOTAL</b>			<b>65</b>

Fuente. Autor del proyecto.

Figura 46. Clasificación GSI del bloque 6.



Fuente. Autor del proyecto

De acuerdo a la clasificación RMR y GSI, el bloque 6 presenta una valoración de 65, según los parámetros establecidos de la tabla 44 la corrección por las orientaciones de las discontinuidades del talud es favorable a estas restando un valor constante (5) a la clasificación adquirida según la tabla 5; obteniendo un resultado de 60. Esta clasificación se encuentra en un rango de 41-60 de clase III y calidad media, las características geotécnicas implantadas dentro del índice de calidad del macizo rocoso indica que el talud presenta una cohesión 2 – 3 Kg/cm<sup>2</sup> y un ángulo de fricción de 25°-35°.

### 8.4 BLOQUE 7

**Tabla 45.** Clasificación RMR del bloque 7.

PARÁMETRO		DESCRIPCIÓN	VALOR
UCS (MPa)		25-50	4
R.Q.D (%)		50-75	13
Estado de las discontinuidades	Persistencia	3-10 m	2
	Espaciado	0,2-0,6 m	10
	Abertura	<0,1 mm	5
	Rugosidad	Rugosa	5
	Relleno	Ninguno	6
	Alteración	Moderadamente alterada	3
Infiltración		seca	15
<b>TOTAL</b>			<b>63</b>

Fuente. Autor del proyecto.

**Figura 47.** Clasificación GSI del bloque 7.



Fuente. Autor del proyecto

De acuerdo a la clasificación RMR y GSI, el bloque 7 presenta una valoración de 63, según los parámetros establecidos de la tabla 45 la corrección por las orientaciones de las discontinuidades del talud es favorable a estas restando un valor constante (5) a la clasificación adquirida según la tabla 5; obteniendo un resultado de 58. Esta clasificación se encuentra en un rango de 41-60 de clase III y calidad media, las características geotécnicas implantadas dentro del índice de calidad del macizo rocoso indica que el talud presenta una cohesión  $2 - 3 \text{ Kg/cm}^2$  y un ángulo de fricción de  $25^\circ - 35^\circ$ .

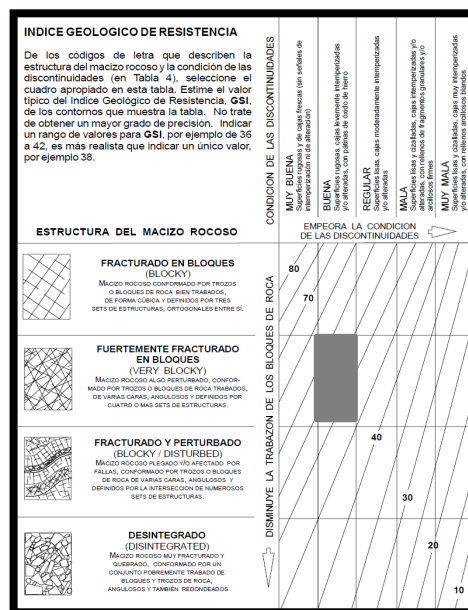
### 8.5 BLOQUE 8

**Tabla 46.** Clasificación RMR del bloque 8.

PARÁMETRO		DESCRIPCIÓN	VALOR
UCS (MPa)		50-100	7
R.Q.D (%)		75-90	17
Estado de las discontinuidades	Persistencia	3-10 m	2
	Espaciado	0,2-0,6 m	10
	Abertura	0,25-0,5	3
	Rugosidad	Rugosa	5
	Relleno	ninguno	6
	Alteración	Moderadamente alterada	3
Infiltración		seca	15
<b>TOTAL</b>			<b>68</b>

Fuente. Autor del proyecto.

**Figura 48.** Clasificación GSI del bloque 8.



Fuente. Autor del proyecto

De acuerdo a la clasificación RMR y GSI, el bloque 8 presenta una valoración de 68, según los parámetros establecidos de la tabla 48 la corrección por las orientaciones de las discontinuidades del talud es favorable a estas, restando un valor constante (5) a la clasificación adquirida según la tabla 5; obteniendo un resultado de 63. Esta clasificación se encuentra en un rango de 61-80 de clase II y calidad buena, las características geotécnicas implantadas dentro del índice de calidad del macizo rocoso indica que el talud presenta una cohesión  $3 - 4 \text{ Kg/cm}^2$  y un ángulo de rozamiento de  $30^\circ - 45^\circ$ .

## 9. INTERPRETACIÓN CINEMÁTICA A PARTIR DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DEL SOFTWARE SIROVISION Y DATOS TOMADOS EN CAMPO

### 9.1 DATOS SIROVISION

La mina la jagua se encuentra ubicada en el sinclinal de la jagua con rumbo NE-SW, en lo que corresponde al área de interés de este proyecto, se seleccionaron cinco (5) bloques que posiblemente presenten condiciones de inestabilidad cabe resaltar que en estos bloques se observan diferentes litología (limolitas, arcillolitas y areniscas) de la formación los cuervos pertenecientes al miembro medio. La posible inestabilidad está regida por el diaclasamiento, orientación de la estratificación con respecto a la orientación de los bloques. Para el análisis cinemático, se tomaron datos estructurales anteriormente descritos.

#### 9.1.1 Bloque 4

Se encuentra ubicada dentro del sinclinal la jagua. El talud forma bancos de 20 metros con una inclinación de  $63^{\circ}$ , se ubica en la parte W-E del sinclinal y tiene una longitud aproximada de 462 metros; presenta planos de discontinuidades con direcciones NE y SW delimitadas verticalmente de los planos de estratificación, estos planos presentan algunas superficies con rellenos de arcillas.

**Imagen 4.** Aspecto general del talud presente en bloque 4. Ubicación E-W.



**Fuente.** Autor del proyecto.

El talud presenta grado medio de meteorización y erosión, presencia de agua en algunas parte del talud como se puede ver en la imagen 4.

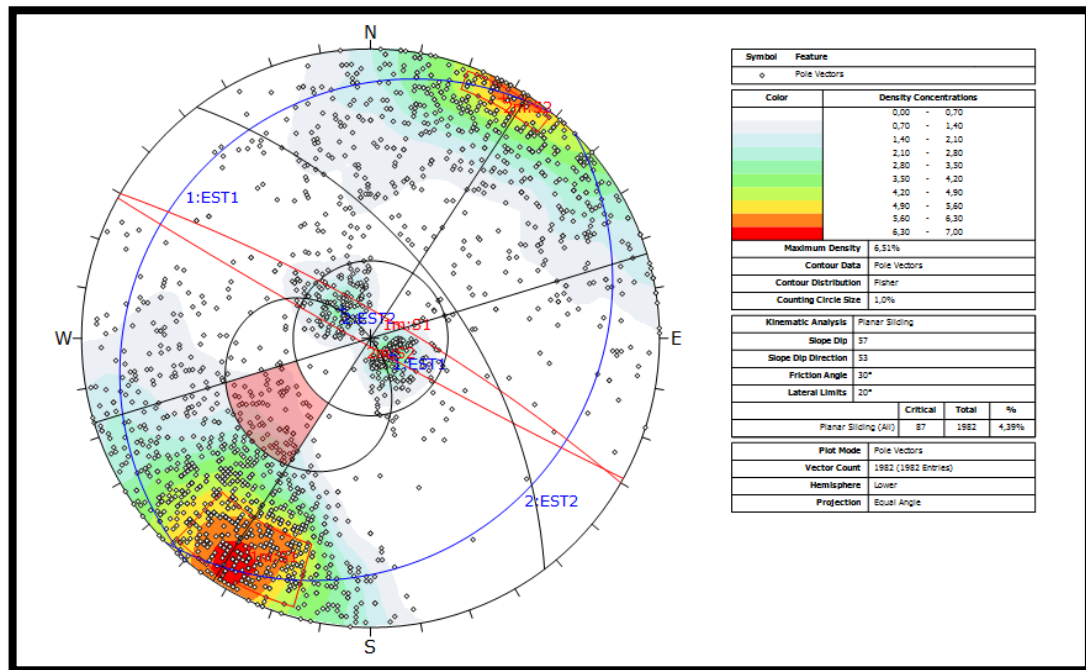


Se procederá al análisis cinemático de los tres modos de falla principales.

- **Falla planar**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en  $30^{\circ}$ , cualquier polo que cae fuera de este cono representa un plano que podría deslizarse si es posible cinemática mente y los limites laterales son simplemente dos líneas rectas que definen un rango angular medido desde la dirección de inmersión de la pendiente. En este caso hemos utilizado el valor por defecto de más o menos  $20^{\circ}$ <sup>46</sup>.

**Figura 49.** Análisis cinemático por falla planar del bloque 4.



**Fuente.** Autor del proyecto.

En este caso, En la figura 49 muestra la dirección de inmersión de los planos, está dentro de un intervalo angular con dirección de inmersión diferente; la adición de los límites laterales no cambia los resultados, ya que 87 polos están contenidos dentro del área crítica. La tabla 47 muestra lo resultados de todos los polos (87/1982), se logra observar que la probabilidad de falla planar es muy baja para esta combinación de orientación de pendiente y ángulo de fricción.

<sup>46</sup> Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8).

**Tabla 47.** Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 4

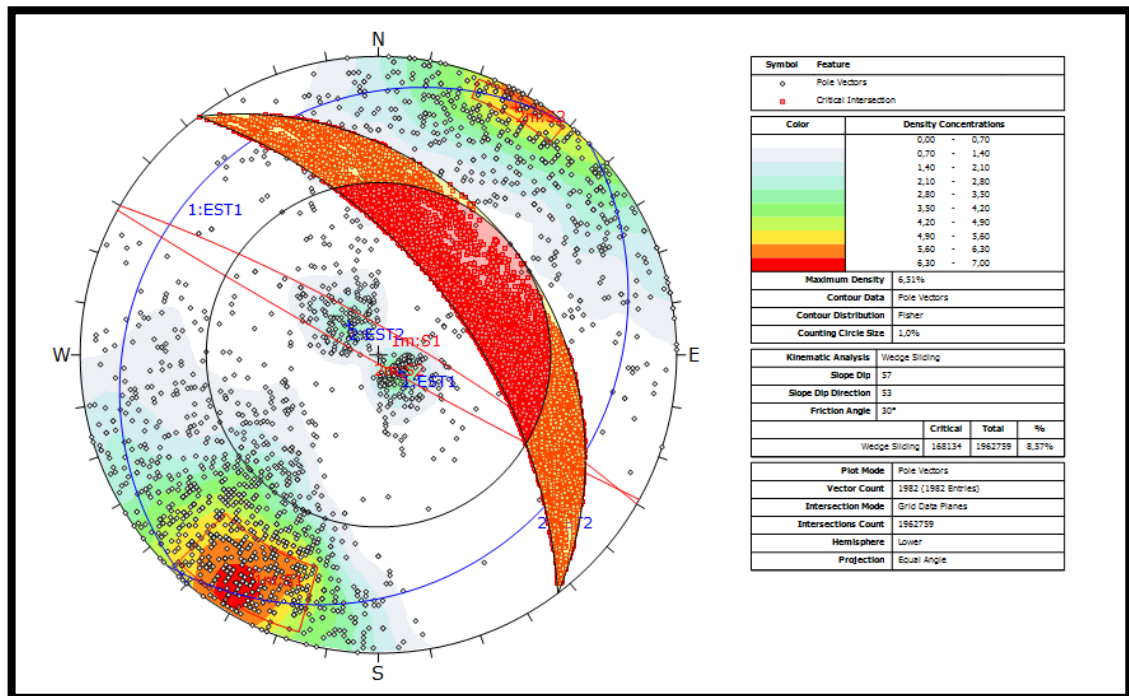
	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Planar Silding</b>	87	1982	4,39%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla en cuña**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en 30°; es poco probable que se produzca un fallo de deslizamiento a lo largo de un solo plano de unión. Sin embargo, las juntas múltiples pueden formar cuñas que pueden deslizarse a lo largo de la línea de intersección entre dos planos, en este caso hemos para los limites laterales hemos utilizado por defecto de más o menos 30°.

**Figura 50.** Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 4.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, todos los puntos que se observan en la figura 50 son puntos de intersección, donde cada punto trazado representa dos puntos de articulación y se consideran los planos del archivo, es decir, cada plano se intersecan con otro plano para determinar los puntos de intersección; el porcentaje de las intersecciones críticas en comparación con el número total es muy bajo (8,57%). por lo que la falla en cuña no es de gran preocupación para esta orientación de

pendiente, en la tabla 48 muestra los resultados de todos los polos críticos.

**Tabla 48.** Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 4

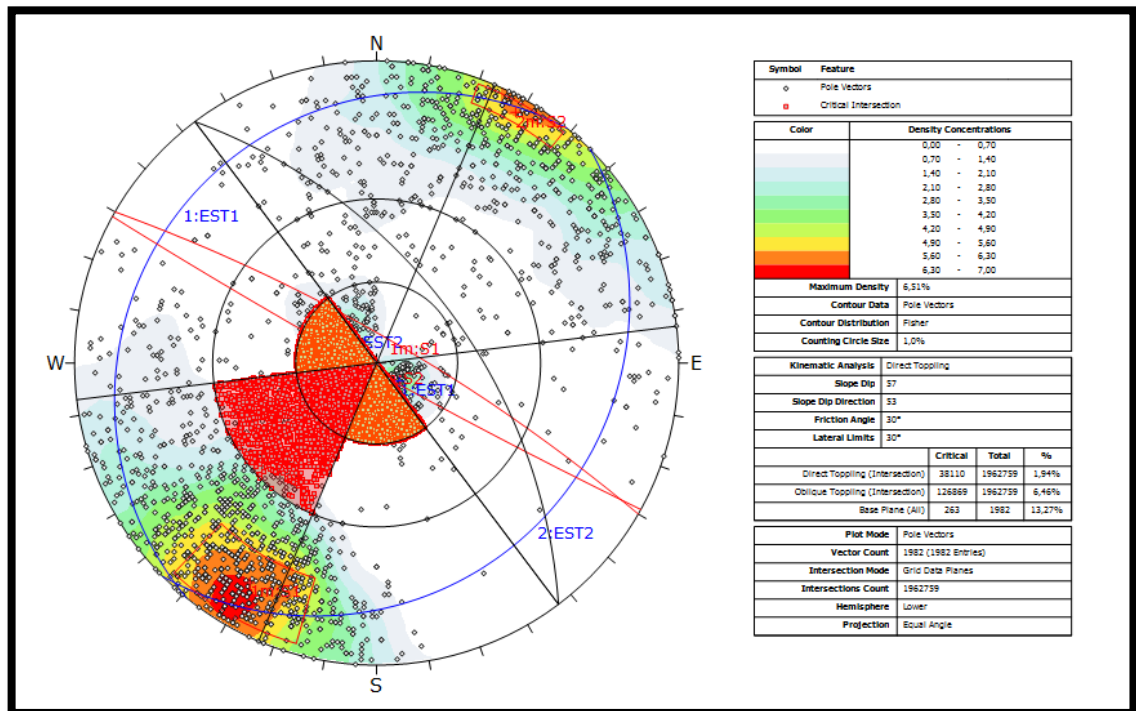
	Critical	Total	%
<b>Wedge Sliding</b>	168134	1962759	8,57%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla por toppling**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representando en  $30^\circ$ , Goodman sugiere que para los límites laterales el ángulo sea de  $30^\circ$ , esto define que las extensiones laterales del área crítica con respecto a la dirección de inmersión de la pendiente resaltan el perímetro deslizante.

**Figura 51.** Análisis cinemático por falla toppling del bloque 4.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, la figura 51 muestra la información en términos de recuentos ponderados de polos, el direct toppling representan las intersecciones de los polos. La tabla 49 presenta un porcentaje bajo (13,27%) y un área crítica de todos polos (263/1982).

**Tabla 49.** Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 4.

	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Direct toppling</b>	38110	1962759	1,94%
<b>Oblique toppling</b>	126869	1962759	6,46%
<b>Base plane (All)</b>	263	1982	13,27%

Fuente. Autor del proyecto

### 9.1.2 Bloque 5

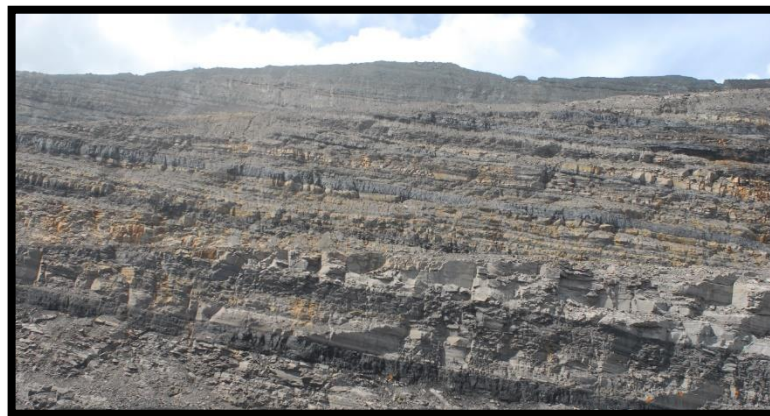
Se encuentra ubicada dentro del sinclinal la jagua. El talud forma bancos de 20 metros con una inclinación de 63°, se ubica en la parte W-E del sinclinal y tiene una longitud aproximada de 1243 metros; presenta planos de discontinuidades con direcciones NE y SW delimitadas verticalmente de los planos de estratificación, estos planos presentan algunas superficies con rellenos de arcillas.

**Imagen 5.** Aspecto general del talud presente en bloque 5. Ubicación W.



Fuente. Autor del proyecto.

**Imagen 6.** Aspecto general del talud presente en bloque 5. Ubicación E.



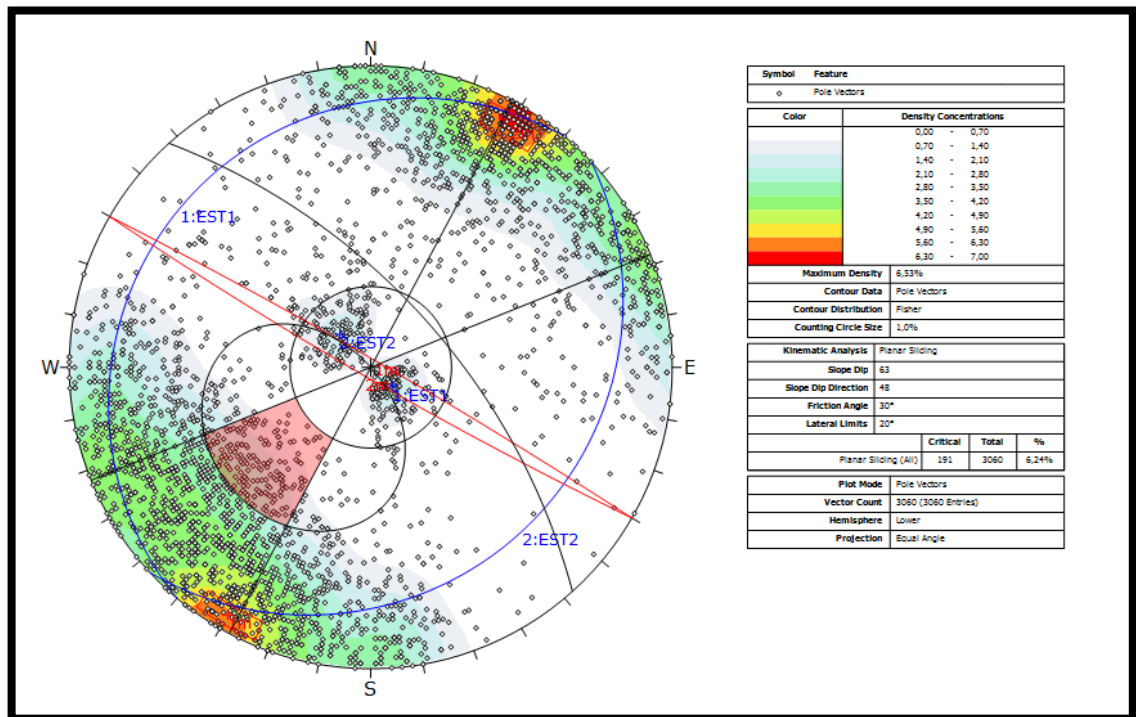
Fuente. Autor del proyecto.

Las imágenes 5 y 6 muestran las condiciones generales del bloque, en la parte Oeste (W) presentando desprendimiento de roca, grado medio de meteorización y oxidación en la roca, también se presentan fallas que afecta la estabilidad de talud; por esta razón se realizara un análisis cinemático con los tres modos de falla principales.

- **Falla planar**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en  $30^{\circ}$ , cualquier polo que cae fuera de este cono representa un plano que podría deslizarse si es posible cinemática mente y los limites laterales son simplemente dos líneas rectas que definen un rango angular medido desde la dirección de inmersión de la pendiente. En este caso hemos utilizado el valor por defecto de más o menos  $20^{\circ}$ <sup>47</sup>.

**Figura 52.** Análisis cinemático por falla planar del bloque 5.



**Fuente.** Autor del proyecto.

En este caso, En la figura 52 muestra la dirección de inmersión de los planos, está dentro de un intervalo angular con dirección de inmersión diferente; la adición de los límites laterales no cambia los resultados, ya que 191 polos están contenidos dentro del área crítica. La tabla 50 muestra lo resultados de todos los polos

<sup>47</sup> Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8).

(191/3060), se logra observar que la probabilidad de falla planar es muy baja para esta combinación de orientación de pendiente y ángulo de fricción.

**Tabla 50.** Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 5.

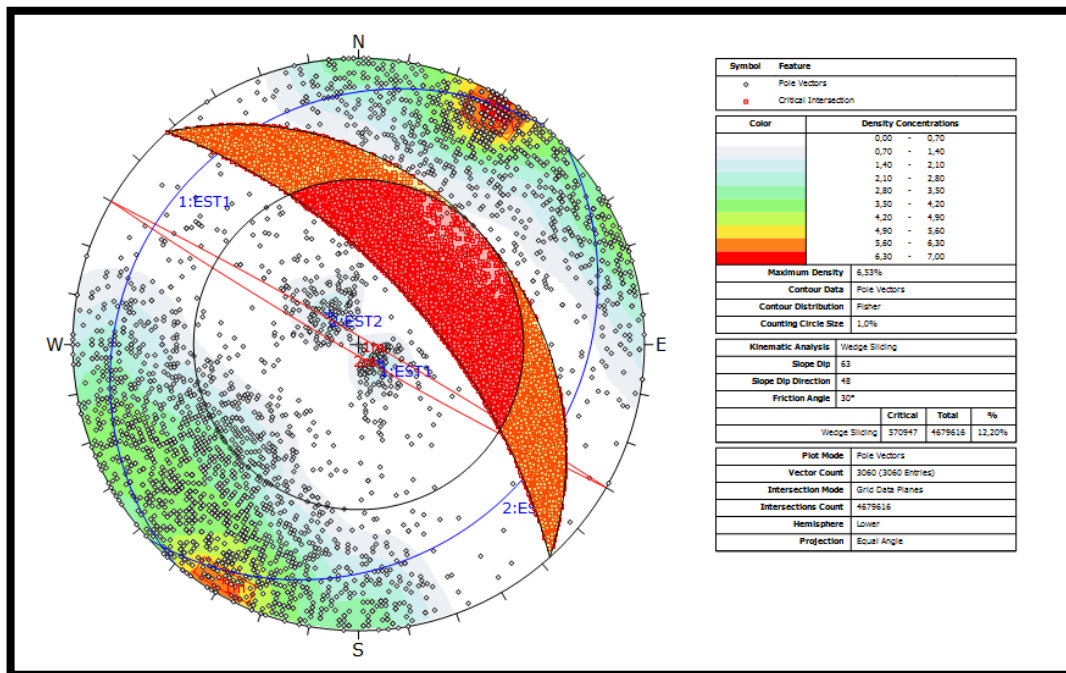
	Critical	Total	%
<b>Planar Silding</b>	191	3060	6,24%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla en cuña**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en 30°; es poco probable que se produzca un fallo de deslizamiento a lo largo de un solo plano de unión. Sin embargo, las juntas múltiples pueden formar cuñas que pueden deslizarse a lo largo de la línea de intersección entre dos planos, en este caso hemos para los limites laterales hemos utilizado por defecto de más o menos 30°. Las intersecciones

**Figura 53.** Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 5.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, todos los puntos que se observan en la figura 53 son puntos de intersección, donde cada punto trazado representa dos puntos de articulación y se consideran los planos del archivo, es decir, cada plano se intersectan con otro plano para determinar los puntos de intersección; el porcentaje de las

intersecciones críticas en comparación con el número total es muy bajo (12,20%). por lo que la falla en cuña no es de gran preocupación para esta orientación de pendiente, en la tabla 51 muestra los resultados de todos los polos críticos.

**Tabla 51.** Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 5.

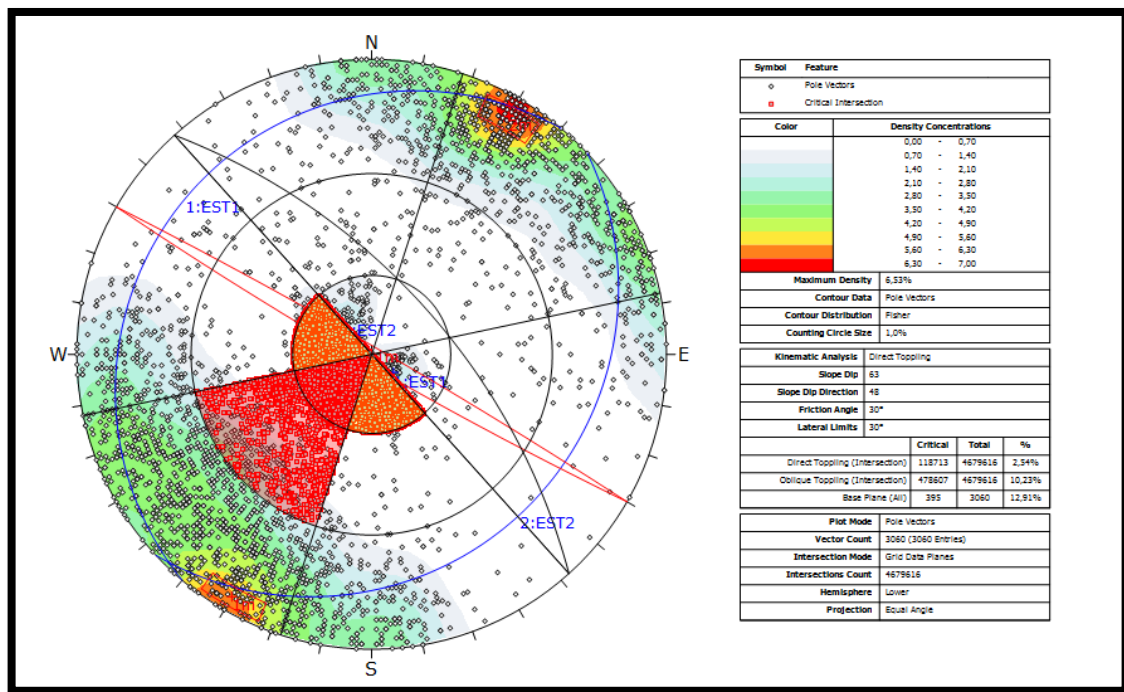
	Critical	Total	%
<b>Wedge Sliding</b>	570947	4679616	12,20%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla por toppling**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representando en  $30^\circ$ , Goodman sugiere que para los limites laterales el ángulo sea de  $30^\circ$ , esto define que las extensiones laterales del área crítica con respecto a la dirección de inmersión de la pendiente resaltan el perímetro deslizante.

**Figura 54.** Análisis cinemático por falla toppling del bloque 5.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, En este caso, la figura 54 muestra la información en términos de recuentos ponderados de polos, el direct toppling representan las intersecciones de los polos. La tabla 52 presenta un porcentaje bajo (12,91%) y un área crítica de todos polos (395/3060).

**Tabla 52.** Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 5.

	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Direct toppling</b>	118713	4679616	2,54%
<b>Oblique toppling</b>	478607	4679616	10,23%
<b>Base plane (All)</b>	395	3060	12,91%

Fuente. Autor del proyecto

Se presentan fallas que están alterando la parte Oeste (W) del bloque, no se logró obtener más información en esa parte ya que se encontraba tapada con material rocoso deslizado; por esta razón el resultado de los análisis cinemático por los tres modos de falla es bajo.

### 9.1.3 Bloque 6

Se encuentra ubicada dentro del sinclinal la jagua. El talud forma bancos de 10 metros con una inclinación de 63°, se ubica en la parte W-E del sinclinal; en la parte Oeste (W) tiene una longitud aproximada de 244 metros y la parte Este (E) tiene una longitud aproximada de 302 metros; presenta planos de discontinuidades con direcciones NE y SW delimitadas verticalmente de los planos de estratificación, estos planos presentan algunas superficies con rellenos de arcillas.

**Imagen 7.** Aspecto general del talud presente en bloque 6. Ubicación W.



Fuente. Autor del proyecto.

**Imagen 8.** Aspecto general del talud presente en bloque 6. Ubicación E.



Fuente. Autor del proyecto.

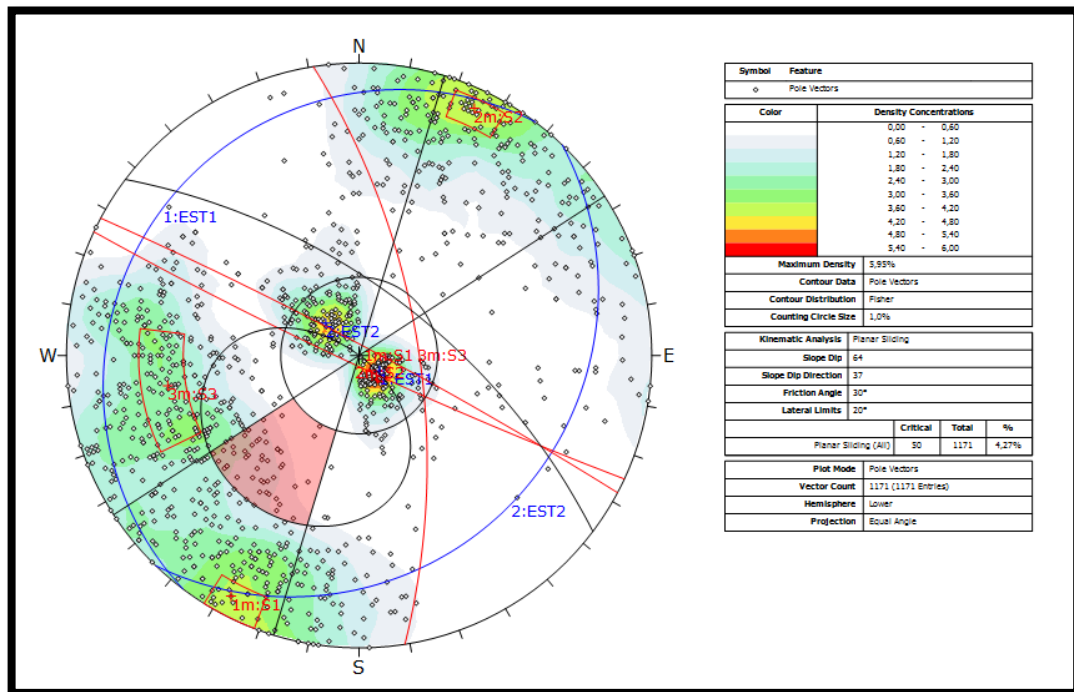


Las imágenes 7 y 8 muestra que las condiciones generales del bloque, en la parte Este (E) se presenta una zona de quema donde afecta a los carbones y a la roca, se observa desprendimientos de rocas continuas, alto grado de meteorización y oxidación; por esta razón se realizara un análisis cinemático con los tres modos de falla principales.

- **Falla planar**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en  $30^\circ$ , cualquier polo que cae fuera de este cono representa un plano que podría deslizarse si es posible cinemática mente y los limites laterales son simplemente dos líneas rectas que definen un rango angular medido desde la dirección de inmersión de la pendiente. En este caso hemos utilizado el valor por defecto de más o menos  $20^\circ$ <sup>48</sup>.

**Figura 55.** Análisis cinemático por falla planar del bloque 6.



**Fuente.** Autor del proyecto.

En este caso, En la figura 55 muestra la dirección de inmersión de los planos, está dentro de un intervalo angular con dirección de inmersión diferente; la adición de los límites laterales no cambia los resultados, ya que 50 polos están contenidos dentro del área crítica. La tabla 53 muestra lo resultados de todos los polos

<sup>48</sup> Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8).

(50/1171), se logra observar que la probabilidad de falla planar es muy baja para esta combinación de orientación de pendiente y ángulo de fricción.

**Tabla 53.** Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 6.

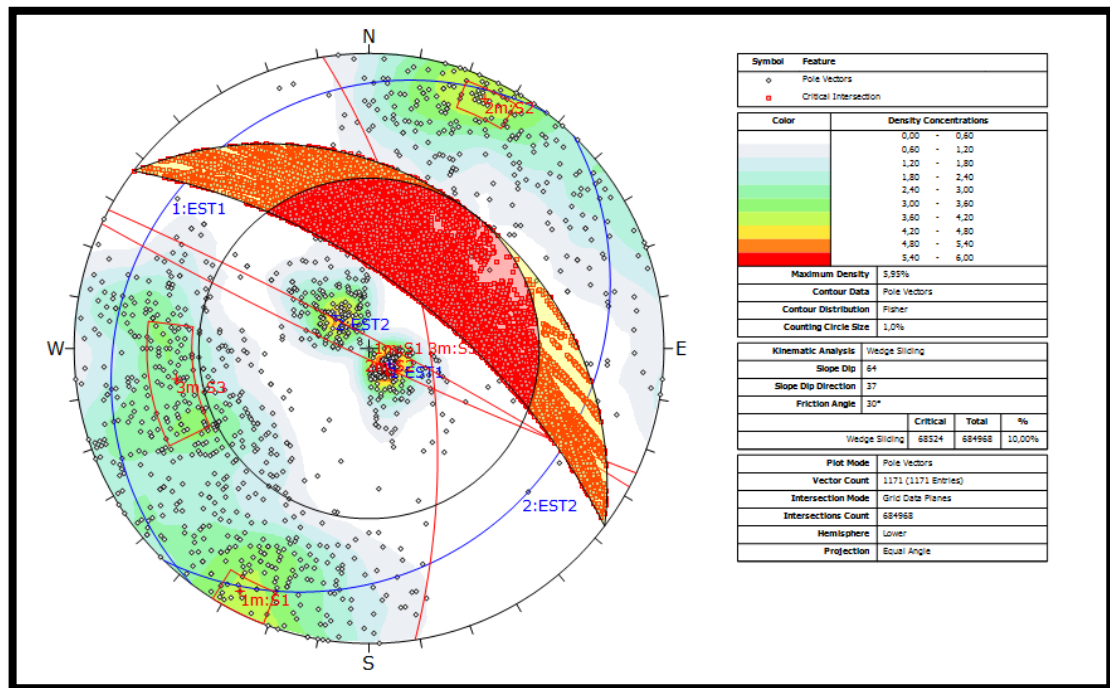
	Critical	Total	%
<b>Planar Silding</b>	50	1171	4,27%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla en cuña**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en 30°; es poco probable que se produzca un fallo de deslizamiento a lo largo de un solo plano de unión. Sin embargo, las juntas múltiples pueden formar cuñas que pueden deslizarse a lo largo de la línea de intersección entre dos planos, en este caso hemos para los limites laterales hemos utilizado por defecto de más o menos 30°. Las intersecciones.

**Figura 56.** Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 6.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, todos los puntos que se observan en la figura 56 son puntos de intersección, donde cada punto trazado representa dos puntos de articulación y se consideran los planos del archivo, es decir, cada plano se intersectan con otro

plano para determinar los puntos de intersección; el porcentaje de las intersecciones críticas en comparación con el número total es muy bajo (10,00%). por lo que la falla en cuña no es de gran preocupación para esta orientación de pendiente, en la tabla 54 muestra los resultados de todos los polos críticos.

**Tabla 54.** Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 6.

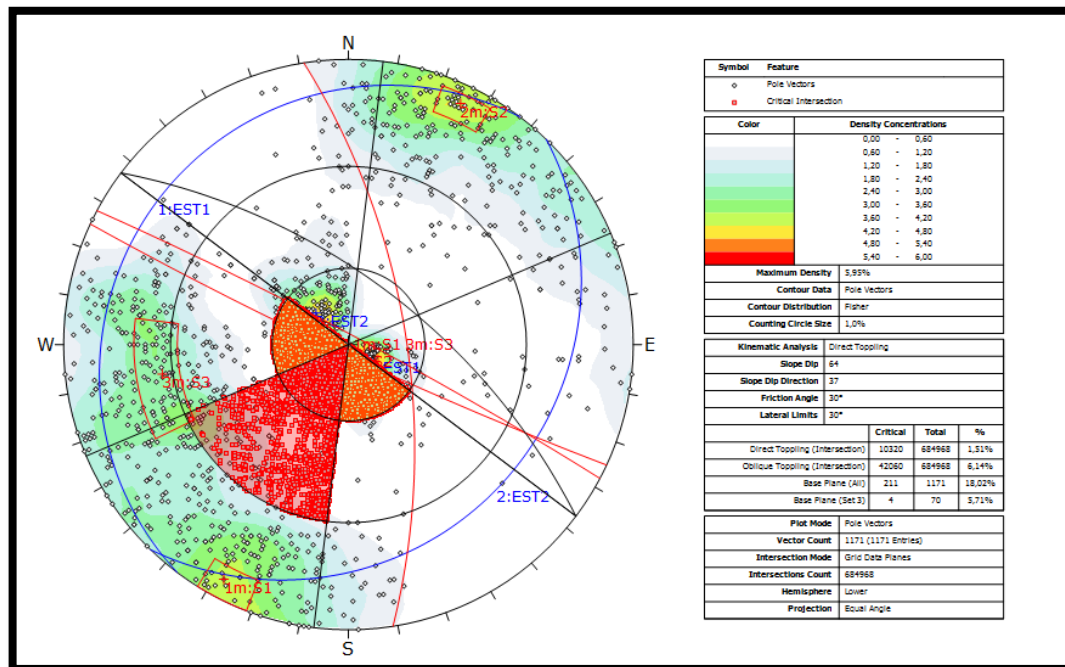
	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Wedge Sliding</b>	68524	684968	10,00%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla por toppling**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representando en  $30^\circ$ , Goodman sugiere que para los limites laterales el ángulo sea de  $30^\circ$ , esto define que las extensiones laterales del área critica con respecto a la dirección de inmersión de la pendiente resaltan el perímetro deslizante.

**Figura 57.** Análisis cinemático por falla toppling del bloque 6.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, En este caso, la figura 57 muestra la información en términos de recuentos ponderados de polos, el direct toppling representan las intersecciones de los polos. La tabla 55 presenta un porcentaje bajo (18,02%) y un área critica de todos polos (211/1171).

**Tabla 55.** Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 6.

	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Direct toppling</b>	10320	584968	2,54%
<b>Oblique toppling</b>	42060	584968	10,23%
<b>Base plane (All)</b>	211	1171	18,02%
<b>Base plane (set 3)</b>	4	70	5,71%

Fuente. Autor del proyecto

#### 9.1.4 Bloque 7

Se encuentra ubicada dentro del sinclinal la jagua. El talud forma bancos de 10 metros con una inclinación de  $63^{\circ}$ , se ubica en la parte W del sinclinal tiene una longitud aproximada de 364 metros; presenta un planos de discontinuidad con dirección NW delimitadas verticalmente de los planos de estratificación, estos planos presentan algunas superficies con rellenos de arcillas.

**Imagen 9.** Aspecto general del talud presente en bloque 6. Ubicación W.



Fuente. Autor del proyecto.

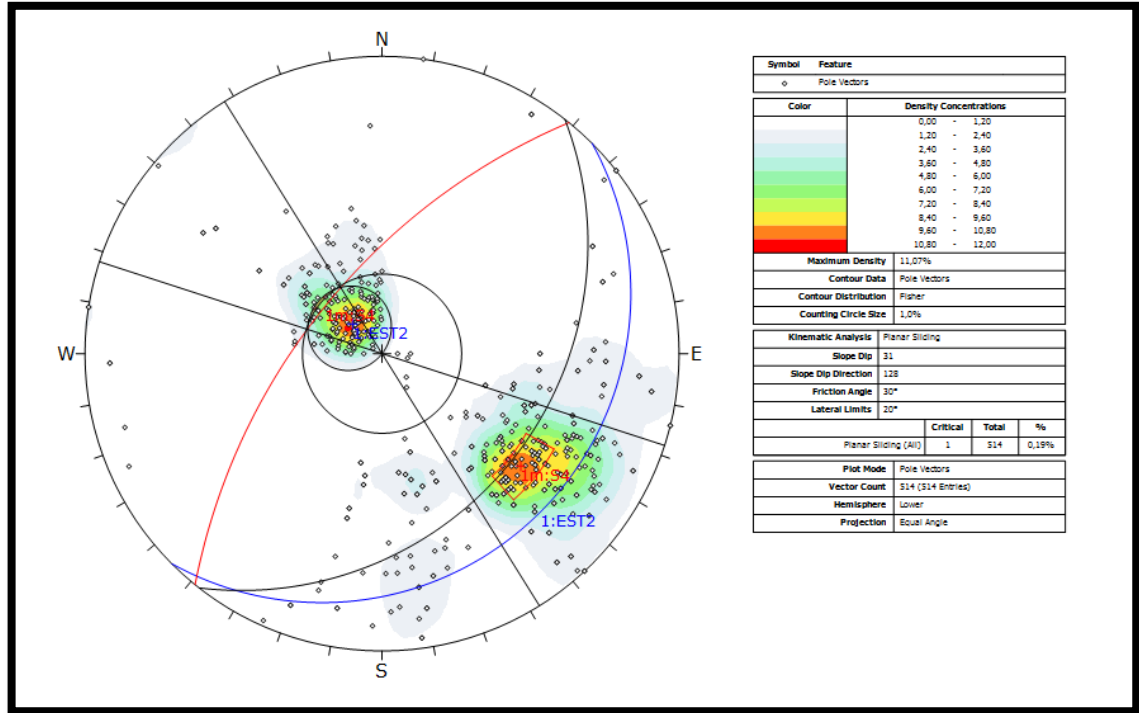
La imagen 9 muestra las condiciones generales del bloque, presentando surcos, grado medio de meteorización, erosión y oxidación; por esta razón se realizara un análisis cinemático con los tres modos de falla principales se procederá al análisis cinemático de los tres modos de falla principales.

- **Falla planar**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en  $30^{\circ}$ , cualquier polo que cae fuera de este cono representa un plano que podría deslizarse si es posible cinemática mente y los limites laterales son simplemente dos líneas rectas que definen un rango angular medido desde la

dirección de inmersión de la pendiente. En este caso hemos utilizado el valor por defecto de más o menos  $20^{\circ 49}$ .

**Figura 58.** Análisis cinemático por falla planar del bloque 7.



**Fuente.** Autor del proyecto.

En este caso, En la figura 58 muestra la dirección de inmersión de los planos, está dentro de un intervalo angular con dirección de inmersión diferente; la adición de los límites laterales no cambia los resultados, ya que 1 polo está contenido dentro del área crítica. La tabla 56 muestra lo resultados de todos los polos (1/514), se logra observar que la probabilidad de falla planar es muy baja para esta combinación de orientación de pendiente y ángulo de fricción.

**Tabla 56.** Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 7.

	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Planar Silding</b>	1	514	0,19%

**Fuente.** Autor del proyecto

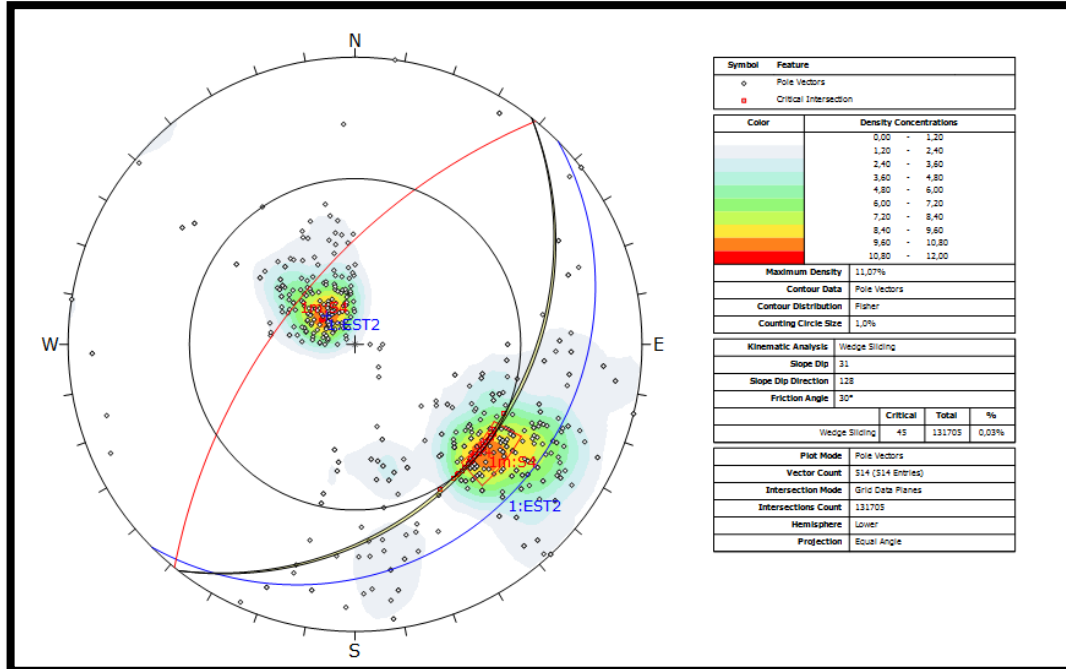
- **Falla en cuña**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción

<sup>49</sup> Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8).

es representado en  $30^\circ$ ; es poco probable que se produzca un fallo de deslizamiento a lo largo de un solo plano de unión. Sin embargo, las juntas múltiples pueden formar cuñas que pueden deslizarse a lo largo de la línea de intersección entre dos planos, en este caso hemos para los límites laterales hemos utilizado por defecto de más o menos  $30^\circ$ . Las intersecciones.

**Figura 59.** Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 7.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, todos los puntos que se observan en la figura 59 son puntos de intersección, donde cada punto trazado representa dos puntos de articulación y se consideran los planos del archivo, es decir, cada plano se intersecciona con otro plano para determinar los puntos de intersección; el porcentaje de las intersecciones críticas en comparación con el número total es muy bajo (0,03%). por lo que la falla en cuña no es de gran preocupación para esta orientación de pendiente, en la tabla 57 muestra los resultados de todos los polos críticos.

**Tabla 57.** Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 7.

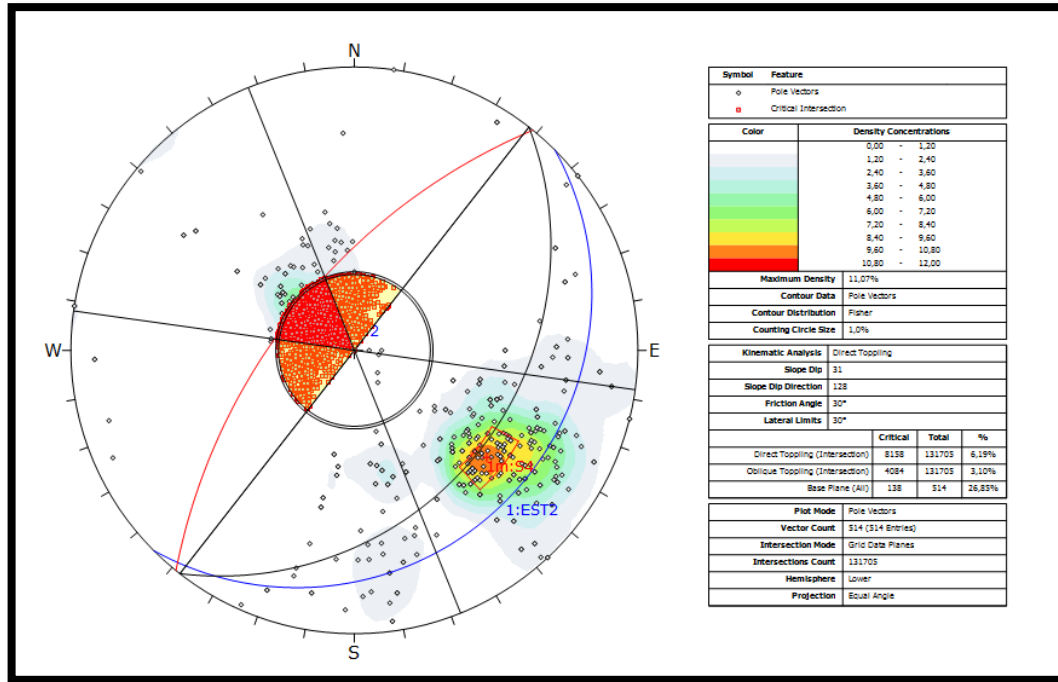
	Critical	Total	%
<b>Wedge Sliding</b>	45	131705	0,03%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla por toppling**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representando en  $30^\circ$ , Goodman sugiere que para los límites laterales el ángulo sea de  $30^\circ$ , esto define que las extensiones laterales del área crítica con respecto a la dirección de inmersión de la pendiente resaltan el perímetro deslizante.

**Figura 60.** Análisis cinemático por falla toppling del bloque 7.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, la figura 60 muestra la información en términos de recuentos ponderados de polos, el direct toppling representan las intersecciones de los polos. La tabla 58 presenta un porcentaje de medio a bajo (26,85%) y un área crítica de todos polos (138/514).

**Tabla 58.** Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 7.

	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Direct toppling</b>	8158	131705	2,54%
<b>Oblique toppling</b>	4084	131705	10,23%
<b>Base plane (All)</b>	138	514	26,85%

Fuente. Autor del proyecto

El análisis cinemático arrojó una probabilidad muy baja ya que en las condiciones del talud solo se presenta un sistema de discontinuidades; a excepción de la falla en toppling que muestra una probabilidad de media a baja.

### 9.1.5 Bloque 8 Pitsur

Se encuentra ubicada dentro del sinclinal la jagua. El talud forma bancos de 10 metros con una inclinación de  $63^{\circ}$ , se ubica en la parte W del sinclinal tiene una longitud aproximada de 215 metros; presenta un planos de discontinuidades con direcciones NW y SW delimitadas verticalmente de los planos de estratificación, estos planos presentan algunas superficies con rellenos de arcillas.

Se procederá al análisis cinemático de los tres modos de falla principales.

**Imagen 10.** Aspecto general del talud presente en bloque 6. Ubicación W.



**Fuente.** Autor del proyecto.

- **Falla planar**

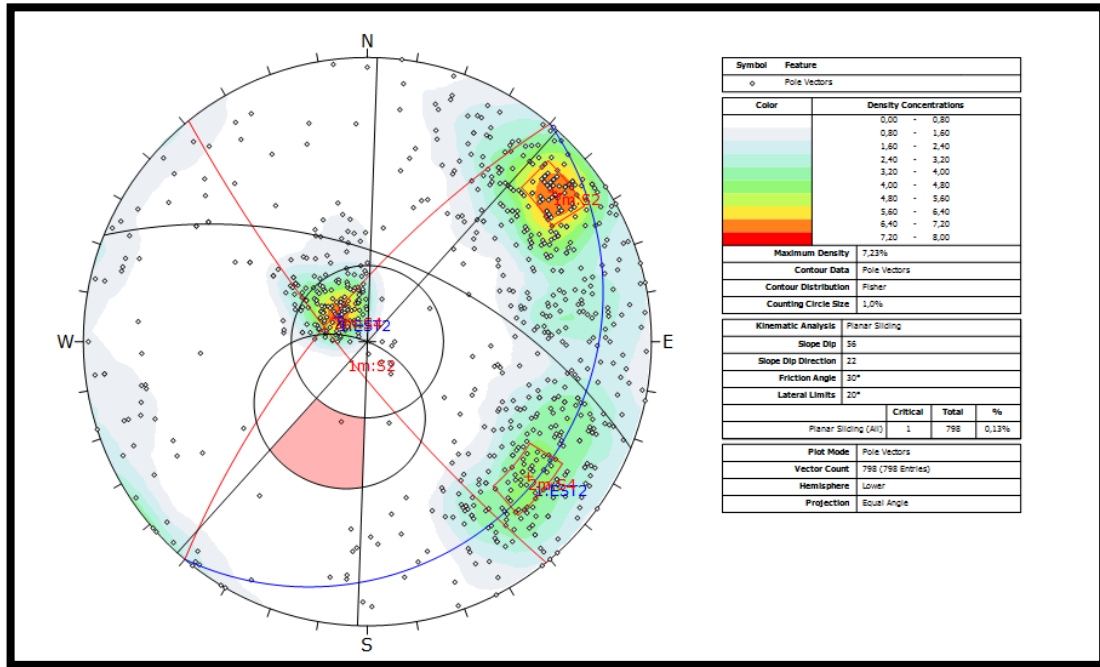
Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en  $30^{\circ}$ , cualquier polo que cae fuera de este cono representa un plano que podría deslizarse si es posible cinemática mente y los límites laterales son simplemente dos líneas rectas que definen un rango angular medido desde la dirección de inmersión de la pendiente. En este caso hemos utilizado el valor por defecto de más o menos  $20^{\circ}$ <sup>50</sup>.

---

<sup>50</sup> Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8).



**Figura 61.** Análisis cinemático por falla planar del bloque 8 pitSur.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, En la figura 61 muestra la dirección de inmersión de los planos, está dentro de un intervalo angular con dirección de inmersión diferente; la adición de los límites laterales no cambia los resultados, ya que 1 polo está contenido dentro del área crítica. La tabla 59 muestra lo resultados de todos los polos (1/798), se logra observar que la probabilidad de falla planar es muy baja para esta combinación de orientación de pendiente y ángulo de fricción.

**Tabla 59.** Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 8

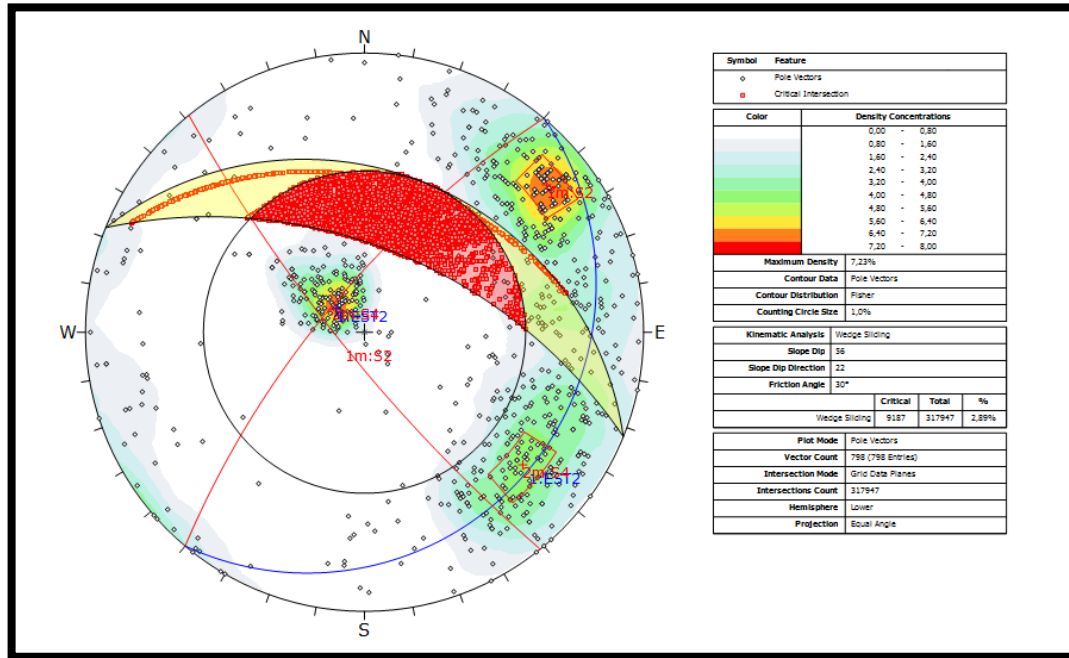
	Critical	Total	%
<b>Planar Sliding</b>	1	798	0,13%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla en cuña**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en 30°; es poco probable que se produzca un fallo de deslizamiento a lo largo de un solo plano de unión. Sin embargo, las juntas múltiples pueden formar cuñas que pueden deslizarse a lo largo de la línea de intersección entre dos planos, en este caso hemos para los límites laterales hemos utilizado por defecto de más o menos 30°. Las intersecciones

**Figura 62.** Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 8 pitSur.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, todos los puntos que se observan en la figura 62 son puntos de intersección, donde cada punto trazado representa dos puntos de articulación y se consideran los planos del archivo, es decir, cada plano se intersectan con otro plano para determinar los puntos de intersección; el porcentaje de las intersecciones críticas en comparación con el número total es muy bajo (2,89%). por lo que la falla en cuña no es de gran preocupación para esta orientación de pendiente, en la tabla 60 muestra los resultados de todos los polos críticos.

**Tabla 60.** Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 8.

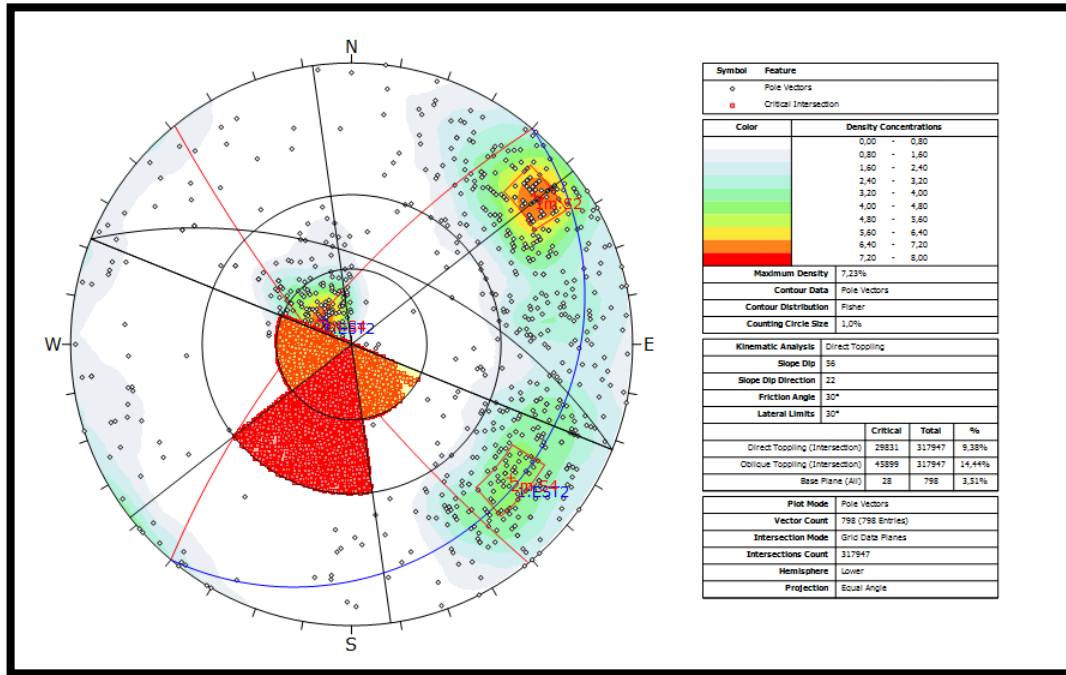
	Critical	Total	%
<b>Wedge Sliding</b>	9187	317947	2,89%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla por toppling**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representando en 30°, Goodman sugiere que para los limites laterales el ángulo sea de 30°, esto define que las extensiones laterales del área crítica con respecto a la dirección de inmersión de la pendiente resaltan el perímetro deslizante.

**Figura 63.** Análisis cinemático por falla toppling del bloque 8 pitSur.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, la figura 63 muestra la información en términos de recuentos ponderados de polos, el direct toppling representan las intersecciones de los polos. La tabla 61 presenta un porcentaje bajo (3,51%) y un área crítica de todos polos (28/798).

**Tabla 61.** Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 8.

	Critical	Total	%
<b>Direct toppling</b>	29831	317947	9,38%
<b>Oblique toppling</b>	45899	317947	14,44%
<b>Base plane (All)</b>	28	798	3,51%

Fuente. Autor del proyecto

## 9.2 DATOS DE CAMPO

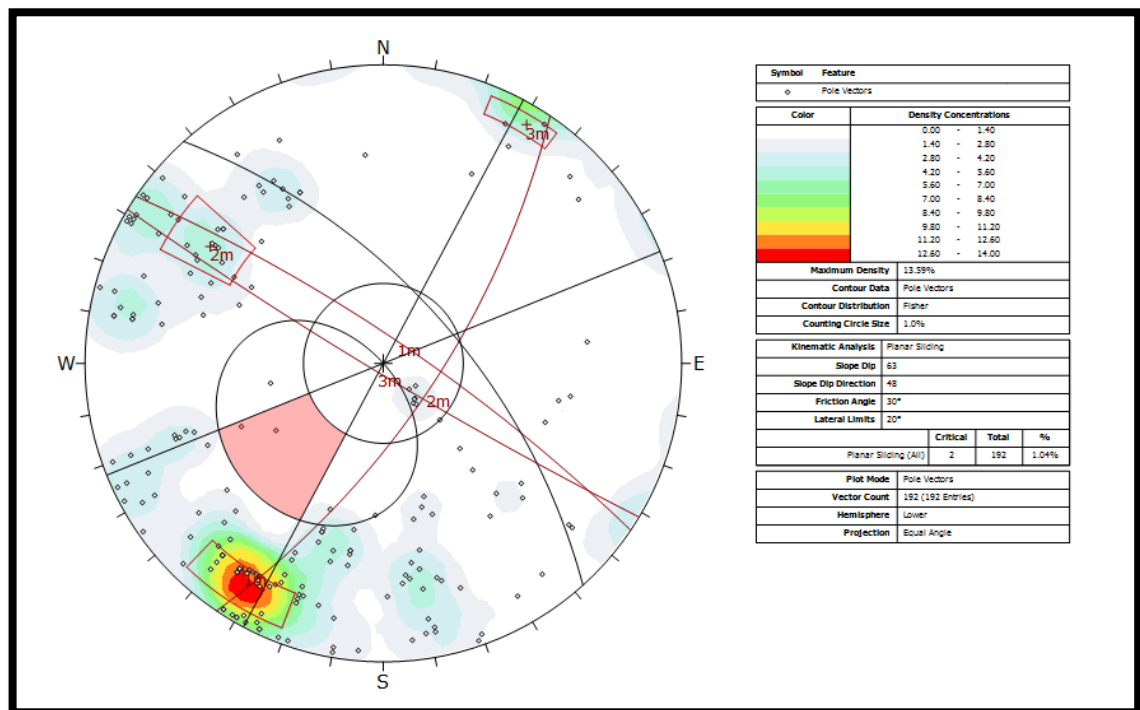
### 9.2.1 Bloque 5

Se procederá al análisis cinemático de los tres modos de falla principales.

- **Falla planar**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en  $30^{\circ}$ , cualquier polo que cae fuera de este cono representa un plano que podría deslizarse si es posible cinemática mente y los límites laterales son simplemente dos líneas rectas que definen un rango angular medido desde la dirección de inmersión de la pendiente. En este caso hemos utilizado el valor por defecto de más o menos  $20^{\circ 51}$ .

**Figura 64.** Análisis cinemático por falla planar del bloque 5.



**Fuente.** Autor del proyecto.

En este caso, En la figura 64 muestra la dirección de inmersión de los planos, está dentro de un intervalo angular con dirección de inmersión diferente; la adición de los límites laterales no cambia los resultados, ya que 2 polos están contenidos

<sup>51</sup> Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8).

dentro del área crítica. La tabla 62 muestra los resultados de todos los polos (2/192), se logra observar que la probabilidad de falla planar es muy baja para esta combinación de orientación de pendiente y ángulo de fricción.

**Tabla 62.** Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 5.

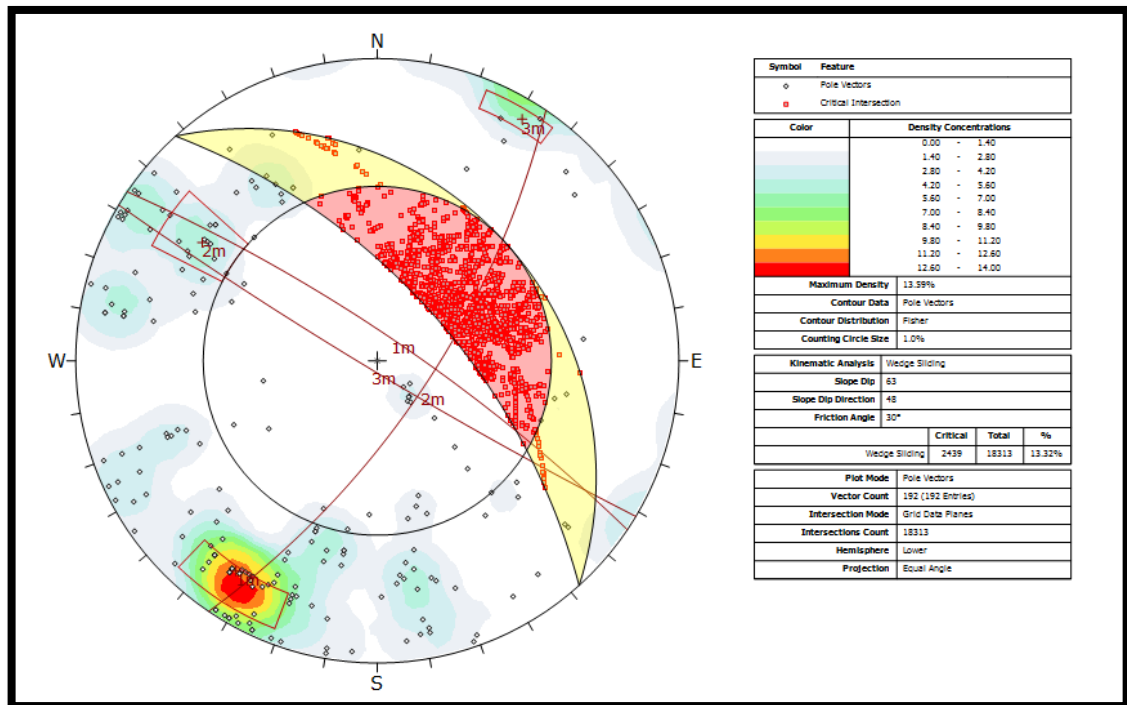
	Critical	Total	%
<b>Planar Silding</b>	2	192	1,04%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla en cuña**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en 30°; es poco probable que se produzca un fallo de deslizamiento a lo largo de un solo plano de unión. Sin embargo, las juntas múltiples pueden formar cuñas que pueden deslizarse a lo largo de la línea de intersección entre dos planos, en este caso hemos para los límites laterales hemos utilizado por defecto de más o menos 30°.

**Figura 65.** Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 5.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, todos los puntos que se observan en la figura 66 son puntos de intersección, donde cada punto trazado representa dos puntos de articulación y se consideran los planos del archivo, es decir, cada plano se intersectan con otro plano para determinar los puntos de intersección; el porcentaje de las intersecciones críticas en comparación con el número total es muy bajo (13,32%). por lo que la falla en cuña no es de gran preocupación para esta orientación de pendiente, en la tabla 63 muestra los resultados de todos los polos críticos.

**Tabla 63.** Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 5.

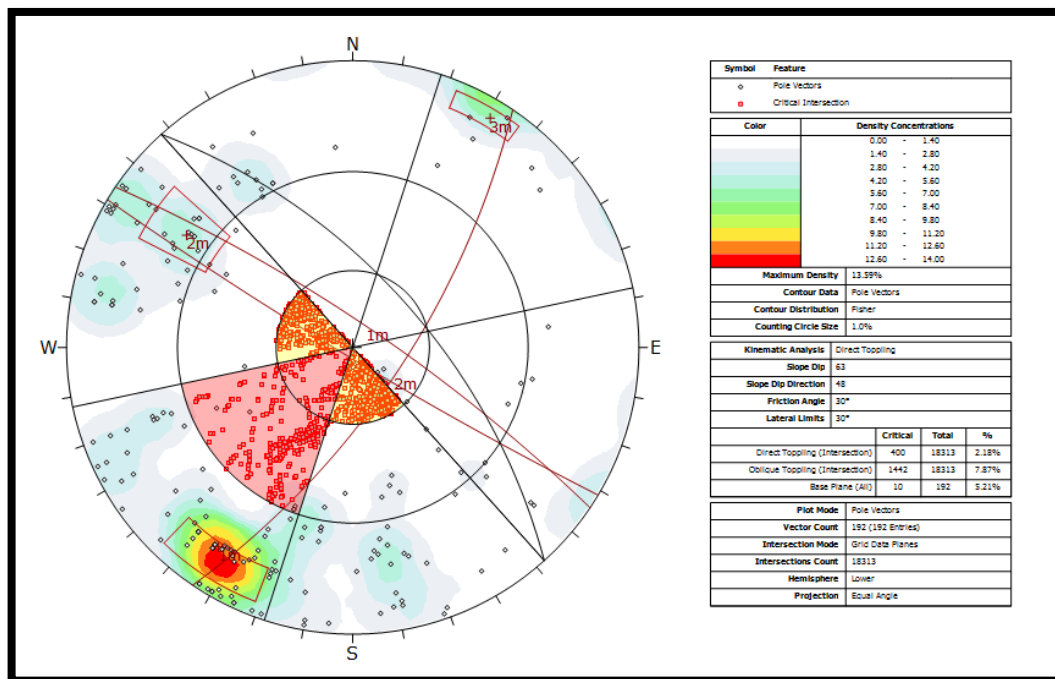
	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Wedge Sliding</b>	2439	18313	13,32%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla por toppling**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representando en 30°, Goodman sugiere que para los limites laterales el ángulo sea de 30°, esto define que las extensiones laterales del área crítica con respecto a la dirección de inmersión de la pendiente resaltan el perímetro deslizando.

**Figura 66.** Análisis cinemático por falla toppling del bloque 5.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, la figura 66 muestra la información en términos de recuentos ponderados de polos, el direct toppling representan las intersecciones de los polos. La tabla 64 presenta un porcentaje bajo (5,21%) y un área crítica de todos polos (10/192).

**Tabla 64.** Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 5.

	<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Direct toppling</b>	400	18313	2,18%
<b>Oblique toppling</b>	1442	18313	7,87%
<b>Base plane (All)</b>	10	192	5,21%

Fuente. Autor del proyecto

### 9.2.2 Bloque 6

Se procederá al análisis cinemático de los tres modos de falla principales.

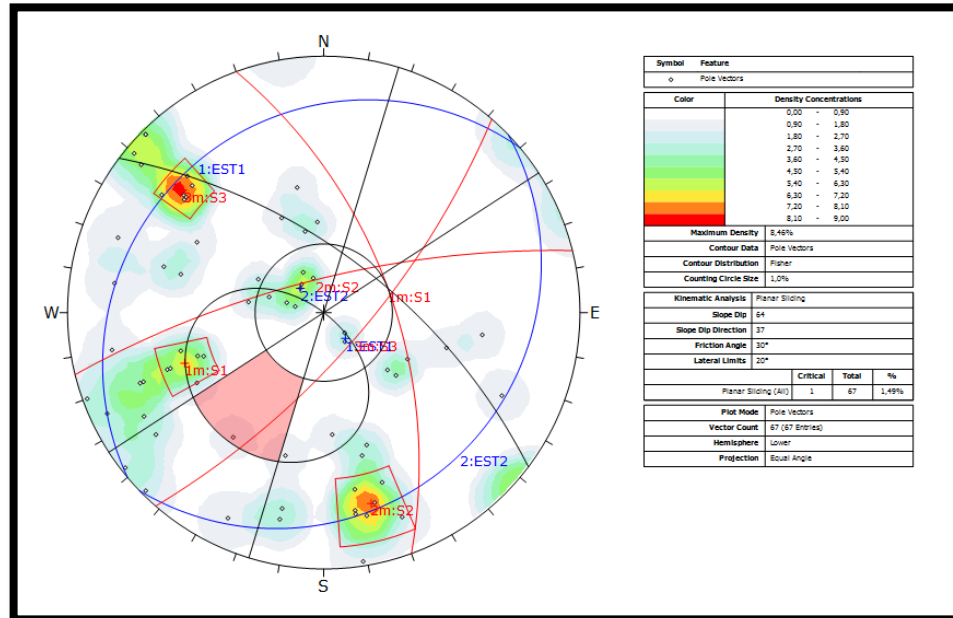
- **Falla planar**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en  $30^{\circ}$ , cualquier polo que cae fuera de este cono representa un plano que podría deslizarse si es posible cinemática mente y los límites laterales son simplemente dos líneas rectas que definen un rango angular medido desde la dirección de inmersión de la pendiente. En este caso hemos utilizado el valor por defecto de más o menos  $20^{\circ 52}$ .

---

<sup>52</sup> Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8).

**Figura 67.** Análisis cinemático por falla planar del bloque 6.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, En la figura 67 muestra la dirección de inmersión de los planos, está dentro de un intervalo angular con dirección de inmersión diferente; la adición de los límites laterales no cambia los resultados, ya que 1 polo está contenido dentro del área crítica. La tabla 65 muestra lo resultados de todos los polos (1/67), se logra observar que la probabilidad de falla planar es muy baja para esta combinación de orientación de pendiente y ángulo de fricción.

**Tabla 65.** Resultado del análisis cinemático por falla planar del bloque 6.

	Critical	Total	%
<b>Planar Sliding</b>	1	67	1,49%

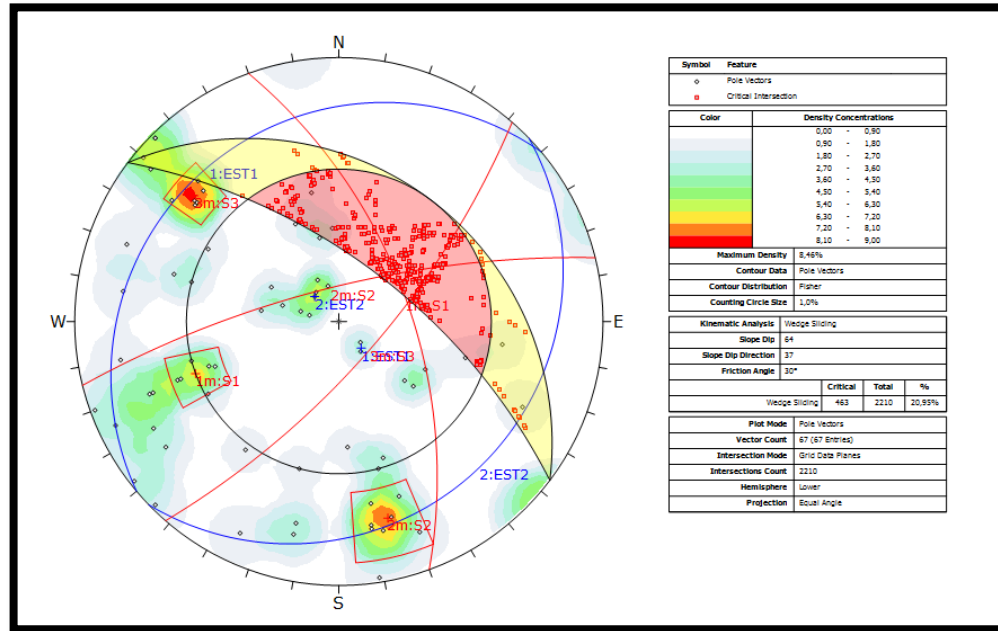
Fuente. Autor del proyecto

- **Falla en cuña**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representado en 30°; es poco probable que se produzca un fallo de deslizamiento a lo largo de un solo plano de unión. Sin embargo, las juntas múltiples pueden formar cuñas que pueden deslizarse a lo largo de la línea de intersección entre dos planos, en este caso hemos para los limites laterales hemos utilizado por defecto de más o menos 30°.



**Figura 68.** Análisis cinemático por falla en cuña del bloque 6.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, todos los puntos que se observan en la figura 68 son puntos de intersección, donde cada punto trazado representa dos puntos de articulación y se consideran los planos del archivo, es decir, cada plano se intersecta con otro plano para determinar los puntos de intersección; el porcentaje de las intersecciones críticas en comparación con el número total es muy bajo (20,95%). por lo que la falla en cuña no es de gran preocupación para esta orientación de pendiente, en la tabla 66 muestra los resultados de todos los polos críticos.

**Tabla 66.** Resultado del análisis cinemático por falla en cuña del bloque 6.

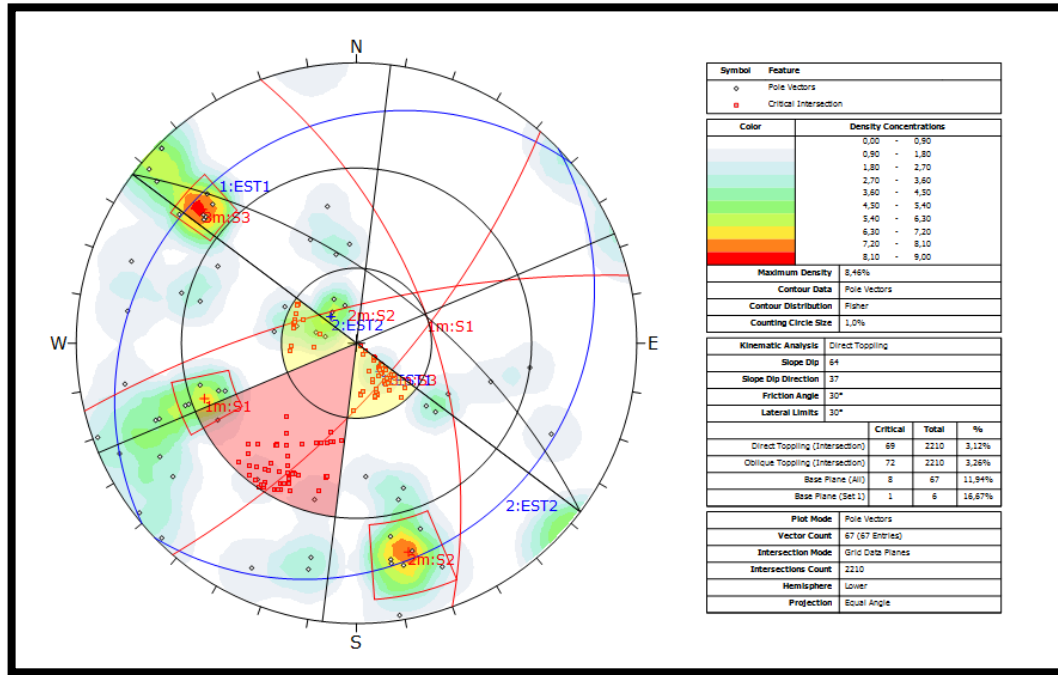
	Critical	Total	%
<b>Wedge Sliding</b>	463	2210	20,95%

Fuente. Autor del proyecto

- **Falla por toppling**

Para este análisis es necesario conocer la dirección del talud, el ángulo de fricción es representando en 30°, Goodman sugiere que para los límites laterales el ángulo sea de 30°, esto define que las extensiones laterales del área crítica con respecto a la dirección de inmersión de la pendiente resaltan el perímetro deslizante.

**Figura 69.** Análisis cinemático por falla toppling del bloque 6.



Fuente. Autor del proyecto.

En este caso, la figura 69 muestra la información en términos de recuentos ponderados de polos, el direct toppling representan las intersecciones de los polos. La tabla 67 presenta un porcentaje bajo (11,94%) y un área crítica de todos polos (8/67).

**Tabla 67.** Resultado del análisis cinemático por falla toppling del bloque 6.

	Critical	Total	%
<b>Direct toppling</b>	69	2210	3,12%
<b>Oblique toppling</b>	72	2210	3,26%
<b>Base plane (All)</b>	8	67	11,94%
<b>Base plane (Set 1)</b>	1	6	16,67%

Fuente. Autor del proyecto.

## 9.3 CORRELACIÓN DE BLOQUES

### 9.3.1 Bloque 5

Para realizar la correlación de bloques fue necesario recopilar información de datos en el software Sirovision y datos en campo. El resultado del análisis cinemático que se desarrolló en el bloque 5 a partir de información de Sirovision y datos en campo arrojó una probabilidad muy baja para los tres modos de falla.

El análisis muestra la dirección de buzamiento de los planos, presentándose dentro de un ángulo con dirección de buzamiento diferente, los datos de Sirovision presentan 191 puntos críticos con un porcentaje de 6,24% y los datos en campo muestran 2 puntos críticos con un porcentaje de 1,04% para falla planar, esto se debe a la cantidad de datos tomados ya que en Sirovision se obtuvieron 3060 y en campo 191 como lo muestra la tabla 68.

**Tabla 68.** Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla planar.

		<b>Sirovision</b>	<b>Campo</b>
<b>Planar Silding</b>	<b>Critical</b>	191	2
	<b>Total</b>	3060	192
	<b>%</b>	6,24%	1,04%

Fuente. Autor del proyecto.

El análisis de falla en cuña muestra los puntos de intersección de los polos, donde cada plano se intersecta con otro para formar áreas críticas; los datos de Sirovision presentan 570947 puntos críticos de intersección con un porcentaje de 12,20% y los datos en campo muestran 2439 puntos críticos de intersección con un porcentaje de 13,32%, como lo muestra la tabla 69.

**Tabla 69.** Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla en cuña.

		<b>Sirovision</b>	<b>Campo</b>
<b>Wedge Silding</b>	<b>Critical</b>	570947	2439
	<b>Total</b>	24679616	18313
	<b>%</b>	12,20%	13,32%

Fuente. Autor del proyecto.

El análisis de falla por toppling se presenta en términos de recuento ponderados de polos, representado por intersecciones de polos. Los datos de Sirovision

presentan 395 puntos críticos con un porcentaje de 12,91% y los datos en campo muestran 10 puntos críticos con un porcentaje de 5,21%; esta diferencia de porcentaje se debe a la cantidad de datos tomados ya que en Sirovision se obtuvieron 3060 y en campo 191 como lo muestra la tabla 70.

**Tabla 70.** Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla por toppling.

		<b>Sirovision</b>	<b>Campo</b>
<b>Direct Tioppling</b>	<b>Critical</b>	395	10
	<b>Total</b>	3060	192
	<b>%</b>	12,91%	5,21%

**Fuente.** Autor del proyecto.

### 9.3.2 Bloque 6

Para realizar la correlación de bloques fue necesario recopilar información de datos en el software Sirovision y datos en campo. El resultado del análisis cinemático que se desarrolló en el bloque 6 a partir de información de Sirovision y datos en campo arrojó una probabilidad baja en falla planar y de falla en cuña y por toppling media a baja.

El análisis muestra la dirección de buzamiento de los planos, presentándose dentro de un ángulo con dirección de buzamiento diferente, los datos de Sirovision presentan 50 puntos críticos con un porcentaje de 4,27% y los datos en campo muestra 1 punto crítico con un porcentaje de 1,49% para falla planar, esto se debe a la cantidad de datos tomados ya que en Sirovision se obtuvieron 1171 y en campo 67 como lo muestra la tabla 41.

**Tabla 71.** Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla planar.

		<b>Sirovision</b>	<b>Campo</b>
<b>Planar Silding</b>	<b>Critical</b>	50	1
	<b>Total</b>	1171	67
	<b>%</b>	4,27%	1,49%

**Fuente.** Autor del proyecto.

El análisis de falla en cuña muestra los puntos de intersección de los polos, donde cada plano se intersecta con otro para formar áreas críticas; los datos de Sirovision presentan 68524 puntos críticos de intersección con un porcentaje de 10,00% y los datos en campo muestran 2210 puntos críticos de intersección con un porcentaje de 20,95%. La tabla 72 muestra que la probabilidad de falla en cuña es de media a baja.

**Tabla 72.** Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla en cuña.

		<b>Sirovision</b>	<b>Campo</b>
<b>Wedge Silding</b>	<b>Critical</b>	68524	463
	<b>Total</b>	684968	2210
	<b>%</b>	10,00%	20,95%

Fuente. Autor del proyecto.

El análisis de falla por toppling se presenta en términos de recuento ponderados de polos, representado por intersecciones de polos. Los datos de Sirovision presentan 211 puntos críticos con un porcentaje de 18,02% y los datos en campo muestran 8 puntos críticos con un porcentaje de 11,94%; esta diferencia de porcentaje se debe a la cantidad de datos tomados ya que en Sirovision se obtuvieron 3060 y en campo 191.

La tabla 73 muestra que la probabilidad de falla por toppling es de media a baja.

**Tabla 73.** Correlación de datos en Sirovision y datos en campo del análisis cinemático de falla por toppling.

		<b>Sirovision</b>	<b>Campo</b>
<b>Direct Tioppling</b>	<b>Critical</b>	211	8
	<b>Total</b>	1171	67
	<b>%</b>	18,02%	11,94%

Fuente. Autor del proyecto.

## 9.4 LOGROS ALCANZADOS

La tabla 74 indica el porcentaje de cumplimiento obtenido para cada uno de objetivos planteados para la práctica.

**Tabla 74.** Porcentaje de cumplimiento de los logros alcanzados en la práctica empresarial.

LOGROS ALCANZADOS OBJETIVOS PLANTEADOS	PORCENTAJE (%) DE CUMPLIMIENTO
Elaborar levantamiento estructural en campo.	
Identificar los planos de discontinuidades, planos de fallas, estratificación y trazas de carbones en las imágenes procesadas mediante el software Sirovision.	
Procesar una base de datos con la información estructural obtenida de las imágenes procesadas para ser llevada al software Dips.	
Evaluar el comportamiento cinemático de los taludes de la mina La Jagua a partir de los sistemas de discontinuidades.	
Interpretar cinemáticamente los taludes de la Mina La Jagua a partir de la información de las imágenes procesadas y el levantamiento realizado en campo.	
Interpretar cinemáticamente los taludes de la Mina La Jagua a partir de la información de las imágenes procesadas y el levantamiento realizado en campo.	
Plantear posibles soluciones al análisis cinemático realizado con la información obtenida de las imágenes procesadas en el software Sirovision.	
Actualizar mapa estructural con la información adquirida de las imágenes procesadas en el software Sirovision.	

Fuente. Autor del proyecto.

### 9.4.1 Impactos percibidos por el estudiante

El desarrollo de la práctica profesional, permitió la adquisición de conocimientos, habilidades a nivel académico, profesional y personal, donde se coloca en juego las bases académicas. Es beneficioso el desenvolvimiento en actividades grupales, aportar en decisiones solidas y coherentes acompañado de personas especialidad en el tema.

El proceso de adaptación es difícil, en cuanto al manejo de radio de comunicación, desplazamiento dentro de la mina y reglamentos que se deben cumplir al pie de la letra, gracias a la ayuda de las personas que laboran en mina La Jagua fue más

fácil este proceso. Asa mismo se fue aprendiendo las actividades que realizan día a día para el logro de este proyecto.

Esta experiencia fue productiva donde se puso en práctica conocimientos adquiridos en las clases universitarias, competencias y ética profesional en el campo laboral.

#### **9.4.2 Limitaciones**

Durante el proceso de la práctica se presentaron situaciones que retrasaron los objetivos propuestos, entre las principales situaciones se tiene:

- Las precipitaciones meteorológicas retrasaron la obtención de información estructural y toma de registros fotográficos.
- Los deslizamientos constatados que presentaban los taludes dificultaba el acceso para toma de información estructural.
- Los registros fotográficos solo se realizaban en horas de la mañana, puesto que el solo era favorable a la ubicación del talud.
- La información para el análisis cinemático de taludes no se encontraba, lo cual hizo más demorada la investigación.

### CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	PERIODO:																								
	Septiembre			Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo	
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	
Reconocimiento de la empresa	■																								
Reconocimiento de estructuras geológicas		■	■																						
Levantamiento de estructuras en campo		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
Toma de fotografías		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
Elaboración de imágenes 3D en el software Sirovision								■	■	■	■	■	■	■	■	■									
Cartografía digital								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
Recopilación de datos																■	■	■	■	■					
Generación de base de datos																■	■	■	■	■					
Identificación de las de familias de diaclasas																	■	■	■	■	■				
Análisis estructural																		■	■	■	■	■			
Elaboración de mapa cartográfico																			■	■	■	■	■		
Conclusiones y recomendaciones																					■	■	■		
Presentación del proyecto																								■	



## CONCLUSIONES

- El área de estudio fue dividida en 5 bloques (bloque 5, bloque 6, bloque 7, bloque 8 (pitSur), la clasificación geomecánica realizada a los diferentes bloques, en el cual se obtuvo la calidad de macizo rocoso en las que se asociaron ángulos de fricción y cohesión que coincide con resultados tomados en el laboratorio de bibliografía consultada.
- El bloque 4, el bloque 6 y el bloque 7 fue clasificado de calidad media de clase III, la clasificación RMR nos indica que un macizo de clase III presenta ángulo de fricción de  $25^{\circ}$ - $35^{\circ}$  y cohesión de  $2 - 3 \text{ Kg/cm}^2$ ; por otro lado el bloque 5 y bloque 8 (pitSur) obtuvo una clasificación de calidad buena de clase II con ángulo de fricción entre  $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$  y cohesión de  $3 - 4 \text{ Kg/cm}^2$ . Con relación a los sistemas de discontinuidades principales el plano de debilidad más representativo en los taludes es la estratificación, la cual presenta cierta favorabilidad ya que los cortes de los taludes tiene una dirección de inclinación perpendicular a la dirección de inclinación principal.
- Teniendo en cuenta el análisis cinemático de cada bloque de los datos obtenidos en el software Sirovision la probabilidad de falla es:

		<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Bloque 4</b>	<b>Planar Silding</b>	87	1982	4,39%
<b>Bloque 5</b>		191	3060	6,24%
<b>Bloque 6</b>		50	1171	4,27%
<b>Bloque 7</b>		1	514	0,19%
<b>Bloque 8</b>		1	798	0,13%

		<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Bloque 4</b>	<b>Wedge Sliding</b>	168134	1962759	8,57%
<b>Bloque 5</b>		570947	4679616	12,20%
<b>Bloque 6</b>		68524	684968	10,00%
<b>Bloque 7</b>		45	131705	0,03%
<b>Bloque 8</b>		9187	317947	2,89%

		<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Bloque 4</b>	<b>Direct Toppling</b>	263	1982	13,27%
<b>Bloque 5</b>		395	3060	12,91%
<b>Bloque 6</b>		211	1171	18,02%
<b>Bloque 7</b>		138	514	26,85%
<b>Bloque 8</b>		28	798	3,51%

- El análisis cinemático para el bloque 4, bloque 5 y bloque 8 arrojaron una probabilidad de ocurrencia baja para los tres modos de falla encontrándose en un rango de 0,03%-13,270%, a excepción del bloque 6 y bloque 7 en el cual se obtuvieron probabilidades de ocurrencia media a baja de falla por toppling entre los rangos 18,02%-26,85%; esto se debe a la inclinación de los taludes con respecto a las direcciones de las discontinuidades.
- A partir del análisis cinemático de los bloque 5 y bloque 6 levantados en campo la probabilidad que falla es.

		<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Bloque 5</b>	<b>Planar Silding</b>	2	192	1,04%
<b>Bloque 6</b>		1	67	1,49%

		<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Bloque 5</b>	<b>Wedge Sliding</b>	2439	18313	13,32%
<b>Bloque 6</b>		463	2210	20,95%

		<b>Critical</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Bloque 5</b>	<b>Direct toppling</b>	10	192	5,21%
<b>Bloque 6</b>		8	67	11,94%

- En el análisis cinemático del bloque 5 se obtuvieron probabilidades de ocurrencia baja para los tres modos de falla, mientras que en el bloque 6 se determinó un indicativo de falla en cuña con una probabilidad de ocurrencia media a baja (20,95%), debido a las condiciones del talud.
- A partir de la interpretación cinemática y la correlación de los datos obtenidos en los diferentes, se estimó que la técnica del software Sirovision es confiable, rentable y facilita el trabajo en campo de una forma segura.

## RECOMENDACIONES

- Realizar registros fotográficos a una distancia optima:

LENTE	DISTANCIA
24 mm	100m
50 mm	150m
105 mm	350m

- Tomar fotografía siempre en horas de la mañana, para que así el talud pueda observarse claro y al ser digitalizadas en el software sea más fácil la interpretación de los registros obtenidos.
- Se recomienda ejecutar un análisis de equilibrio límite para cada bloque, utilizando información generada de este trabajo y completar el análisis cinemático realizado para determinar el ángulo de inclinación y altura en los que pueden estar los taludes.
- En el bloque 5 y bloque 6 se recomienda realizar un análisis de equilibrio límite con el fin de obtener la geometría optima de los taludes y disminuir los desprendimientos de roca para aumentar su estabilidad.
- Se debe tener en cuenta que el análisis cinemático no arroja aspecto de meteorización, erosión y filtración, lo cuales son factores que afectan directamente la estabilidad de los taludes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abramson, L.W., Lee T.S., Sharma S., Boyce G.M.,(1996), "Slope stability and stabilization methods".
- ARIAS, A.; MORALES, C. 1999. Mapa geológico generalizado del departamento del cesar. INGEOMINAS. Memoria explicative.
- AYALA R. 2009. Análisis tectonoestratigráficas y de procedencia en la subcuenca de cesar: relación con los sistemas petroleros.
- BELANDIA, N.; BONGIORNO, F. 2012. Clasificaciones geomecánica de los macizos rocosos segun: bieniawski, barton, hoek y brown, romana.
- Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering rock mass clasifications.
- CARBONES DE LA JAGUA S.A., 2007. Informe final de exploración (IFE). La Jagua de Ibirico.
- CARBONES DEL CARIBE LTDA. Informe Final de Geología e Ingeniería Asociada.
- CARDONA, D. 2008. Recolección de información geotécnica para minas cdj, cet, cmu y calenturitas.
- COLMENARES ET AL., 2007. Evolución geohistórica de la sierra nevada de santa marta. INGEOMINAS.
- CORPOCESAR; IDEAM, 2006. Aprovechamiento y protección del agua subterránea en las ecoregiones de los valles de los ríos cesar y Magdalena departamento del cesar.
- DUQUE, G. 2003. Manual de Geología para ingenieros.
- Elmoultie. M.K. & Poropat. G.v. Uncertainty propagation in structural modeling.
- ESTEVEZ, Y.; QUINTERO, D, 2008. Determinación del ambiente de depósito de la formación los cuervos miembro medio, aplicado a la variabilidad en la calidad del carbón y a las asociaciones litofaciales obtenidas de los núcleos de perforación, en el sector del hatillo, la loma –cesar. Tesis de grado.
- GEOESTUDIOS LTDA. 2006. Cartografía Geológica Cuenca Cesar – Ranchería Contrato No. 084 de 2005.

GEOMINAS INGENIEROS S.A, 1995. Estudio geotécnico integrales norte y sur. La Jagua de Ibirico.

GONZALEZ DE VALLEJO, L. I, 2004. Ingeniería Geológica.

GONZALEZ DE VALLEJO, L; RODRIGUEZ ORTIZ, J. Manual de Ingeniería Geológica.

Goodman, R.E. (1976) "Methods of Geological engineering in discontinuos Rock".

Goodman, R.E. 1980. Introduction to Rock Mechanics (Chapter 8), Toronto: John Wiley.

HERNÁNDEZ, M, 2003. Memoria explicativa de la geología de la Plancha 48 La Jagua de Ibirico. INGEOMINAS.

Herrera, F. Geotecnia 2007. Análisis de estabilidad de taludes.

Hewson. S. & Bungard. G. Photogrammetric mapping and survey assessment of complex structural geology in the design analysis of pit walls: superpit Kalgoorlie

Hoek, E. , Bray J.W., (1977), "Rock slope engineering". London: Institute of mining and metallurgical engineering.

Hoek, E., Bray. J.W. (1981) "Rock slope engineering" 3erd. Ed. Institution of mining and metallurgy, London.

Hudson, J. A. (1989). Rock mechanics principles in engineering practice. Butterworths. Ciria. London.

Hudson, J.A. and Harrison, J.P. 1997. Engineering Rock Mechanics – An Introduction to the Principles, Pergamon Press.

MONTERO, O. Caracterización geológica de macizos rocosos. Unal.

Poropat. G.v. Assessment of surface roughness of exposed discontinuities

RAMIREZ. A. 2008. Caracterización geológica de la formación los cuervos en el campo de cupiagua. Tesis de grado.

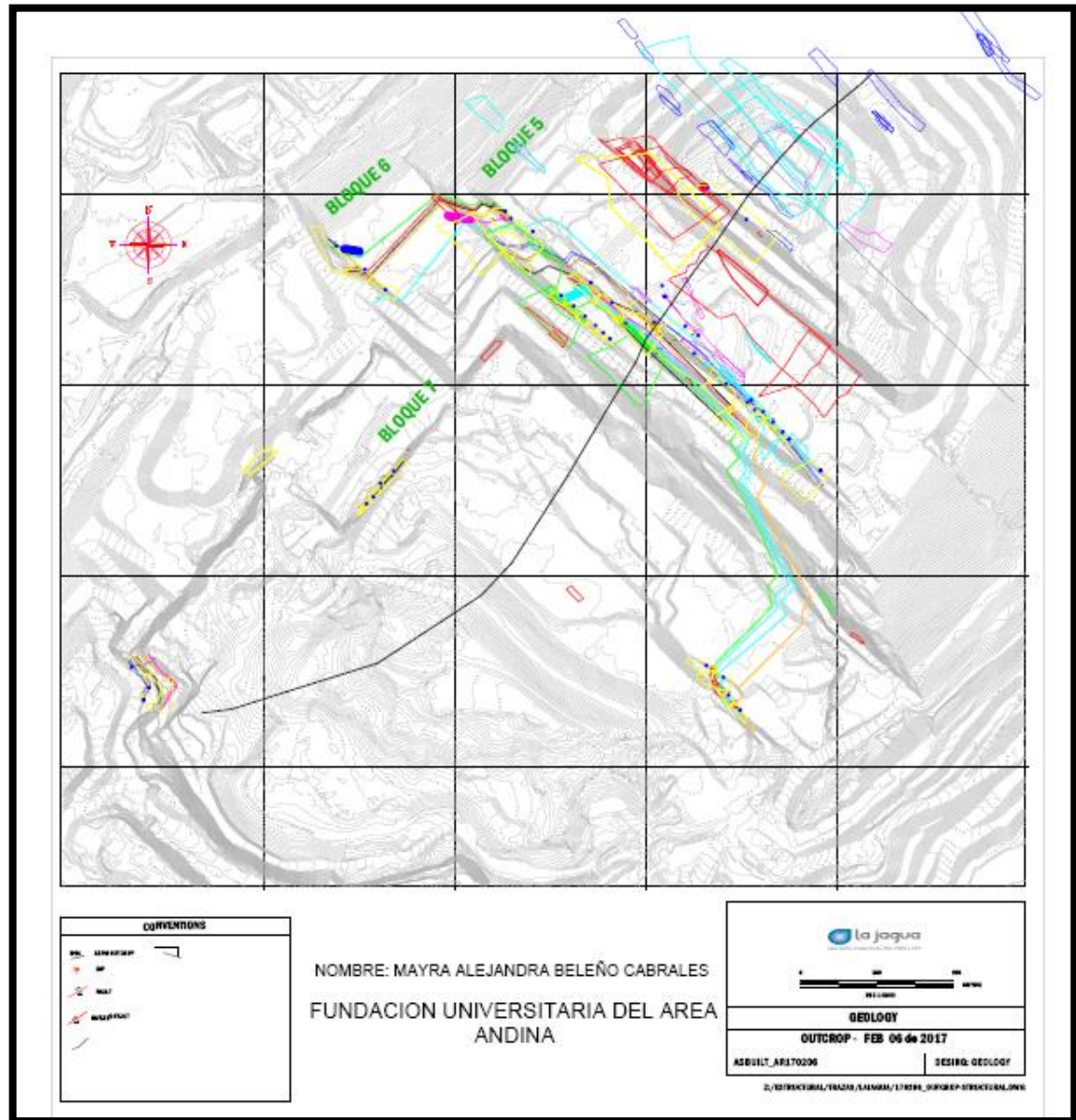
RUIZ, S. 2011. Modelamiento de la falla la victoria en el sector cerro de piedra, proyecto la jagua, municipio de la jagua de ibirico-cesar. Tesis de grado.

TUCKER, M. Sedimentary rocks in the field, third edition.

VASQUEZ, M. Caracterización geotécnica del macizo rocoso contenido en el sector explotado del sinclinal la jagua, municipio de la jagua de ibirico

## ANEXOS

### Anexo A. Mapa de trazas y estructural



**Anexo B. Evidencias fotográficas**

Bloque 4



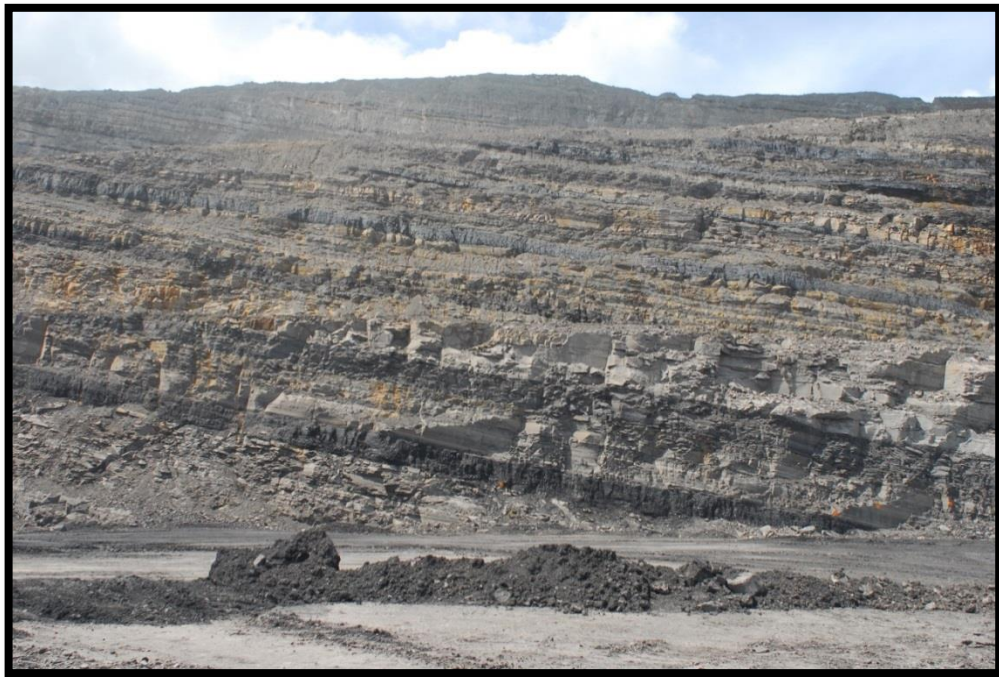


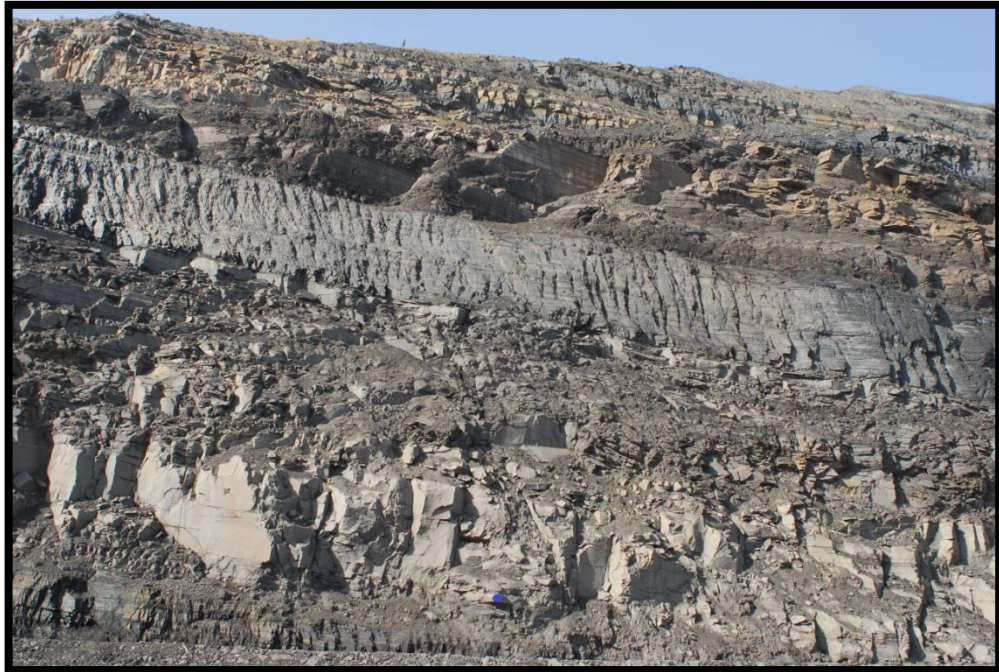
Bloque 5.











**Bloque 6**





**Bloque 7**





**Bloque 8**



**Anexo C. Datos estructurales**

DATOS ESTRUCTURALES											
NOMBRE		Mayra Alejandra Beleño Cabrales									
NOMBRE	DIP	DIP DIRECTION	RUMBO	BUZAMIENTO	PERSISTENCIA (m)	ESPACIADO (m)	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	RELLENO	UBICACIÓN	
T M15	29,6	85,4	85,4	29,6							B5W_N35_P1
T M20	27,4	142,6	52,6	27,4							B5W_N35_P1
T M25	28,6	156,7	66,7	28,6							B5W_N35_P1
T M28	22,3	124,3	34,3	22,3							B5W_N35_P1
T M1011	45,7	55,3	55,3	45,7							B5W_N35_P1
T M20	33,7	96,5	6,5	33,7							B5W_N35_P1
FALLA	49,4	349,2	79,2	49,4							B5W_N35_P1
T M28	41,7	166,2	76,2	41,7							B5W_N35_P1
T M30	34,8	155,5	65,5	34,8							B5W_N35_P1
D1	80,3	236	146	80,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D1	86,6	257,6	167,6	86,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D2	67	58,7	58,7	67	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D1	70,4	243,1	153,1	70,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D2	75,6	64	64	75,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D2	86,1	55,1	55,1	86,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D2	75,9	36,1	36,1	75,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D2	87,5	32,5	32,5	87,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D2	75,7	42,6	42,6	75,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D1	84,8	217,2	127,2	84,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D1	83	246,8	156,8	83	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D1	83,6	201,2	111,2	83,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D1	89,5	211,8	121,8	89,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D1	81,4	234	144	81,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D2	76,8	49,6	49,6	76,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D2	81,1	60,3	60,3	81,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D2	73,9	31,1	31,1	73,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1
D1	85	245,8	155,8	85	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N		B5W_N35_P1

D4	86,5	94,2	4,2	86,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B4 N-70 P1
T M28	10	35,6	35,6	10						B4 N-70 P1
T M35	16,8	56	56	16,8						B4 N-70 P1
T M40	22,3	60,6	60,6	22,3						B4 N-70 P1
T M35	9,9	52	52	9,9						B4 N-70 P1
T M28	20,7	25,3	25,3	20,7						B4 N-70 P1
T M25	11,8	113,7	23,7	11,8						B4 N-70 P1
D1	88,1	245	155	88,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D3	86,6	351,2	81,2	86,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	82	10,1	10,1	82	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	57,6	195,7	105,7	57,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	80,6	69,2	69,2	80,6	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	84,5	76,8	76,8	84,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	75,1	15,2	15,2	75,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	87,7	67,8	67,8	87,7	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	83	19,8	19,8	83	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	89,7	208	118	89,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	47,8	24,4	24,4	47,8	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	64,1	75,2	75,2	64,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	47,9	38,5	38,5	47,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	60,2	25,9	25,9	60,2	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	65,2	22,5	22,5	65,2	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	72,4	41,2	41,2	72,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	82	12,8	12,8	82	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	88,1	71,6	71,6	88,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	83,5	5,8	5,8	83,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	63,4	26,7	26,7	63,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	78,3	34,9	34,9	78,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	48,1	35,2	35,2	48,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	75,9	222,9	132,9	75,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	75,4	18,8	18,8	75,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	79,5	23,2	23,2	79,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	82,5	27,3	27,3	82,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	67,1	29,4	29,4	67,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	79	42,2	42,2	79	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	71,9	12,2	12,2	71,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	71,9	11,8	11,8	71,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	80,8	187,6	97,6	80,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D4	70,1	93,5	3,5	70,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B4 N-70 P1
D1	89,9	190	100	89,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	68,5	19,5	19,5	68,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	89,3	12,5	12,5	89,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	72,8	196	106	72,8	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	68,3	17,1	17,1	68,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	66	20,4	20,4	66	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1

D2	62,9	25,6	25,6	62,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	75,5	200,6	110,6	75,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	68,5	183,3	93,3	68,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	74,9	34,9	34,9	74,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	69,3	203,9	113,9	69,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	84,8	185,2	95,2	84,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D4	73,4	172,5	82,5	73,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B4 N-70 P1
D1	83,4	195,2	105,2	83,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	80,7	204,4	114,4	80,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	81	50,7	50,7	81	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	84,5	2,1	2,1	84,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	75,2	15,2	15,2	75,2	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	79,6	47,3	47,3	79,6	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	78,5	80,4	80,4	78,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	47,9	80,2	80,2	47,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	62,9	50,9	50,9	62,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	61,8	18,2	18,2	61,8	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	78,3	50	50	78,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	64,5	69,3	69,3	64,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	85,9	190,2	100,2	85,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
T M28	16	33,5	33,5	16						B4 N-70 P1
T M40	15,6	67,2	67,2	15,6						B4 N-70 P1
T M35	8,3	77,9	77,9	8,3						B4 N-70 P1
T M25	12	117,3	27,3	12						B4 N-70 P1
T M28	22,2	70,7	70,7	22,2						B4 N-70 P1
D2	83,3	22,4	22,4	83,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	52,5	33,6	33,6	52,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	66,6	67,3	67,3	66,6	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	66,1	19,2	19,2	66,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	66,7	24,4	24,4	66,7	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	87,3	5,1	5,1	87,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	60,3	11,9	11,9	60,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	66,1	187,2	97,2	66,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D4	77,5	179,9	89,9	77,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B4 N-70 P1
D1	79,6	196,4	106,4	79,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	69,2	14,4	14,4	69,2	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	85,9	3,6	3,6	85,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	71,4	21,5	21,5	71,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	65,5	18,7	18,7	65,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	77,4	17	17	77,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	75	195,5	105,5	75	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	61,3	43,7	43,7	61,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	64,7	11,7	11,7	64,7	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	87,5	11,7	11,7	87,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	85,6	8,9	8,9	85,6	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	84	5,9	5,9	84	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	85	14,5	14,5	85	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	57,5	211,7	121,7	57,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D4	84,6	177,7	87,7	84,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B4 N-70 P1
D1	69,8	190,5	100,5	69,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	55,9	189,6	99,6	55,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1

D2	57,9	32,6	32,6	57,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	86,9	43,2	43,2	86,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	89,1	193,6	103,6	89,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	60	29,5	29,5	60	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	73	50,4	50,4	73	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D1	84,6	207,8	117,8	84,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	61,8	45,6	45,6	61,8	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	68,3	44,6	44,6	68,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
D2	81,5	51,6	51,6	81,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B4 N-70 P1
T M15	27,4	99,6	9,6	27,4						M20_BLOQUE4
T M1011	27	120,8	30,8	27						M20_BLOQUE4
T M20	28,4	110,3	20,3	28,4						M20_BLOQUE4
D2	66,4	28,4	28,4	66,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	89,9	192,8	102,8	89,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	79,8	33,6	33,6	79,8	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	70,6	30,5	30,5	70,6	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	49,4	61,4	61,4	49,4	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	57,7	240,6	150,6	57,7	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	51,9	47,2	47,2	51,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	79,6	0,1	0,1	79,6	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	69,9	214,4	124,4	69,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	87,2	15,3	15,3	87,2	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	87,2	192,8	102,8	87,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	84,9	18	18	84,9	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	79,2	20,4	20,4	79,2	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	58,3	44,1	44,1	58,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	80,7	186,8	96,8	80,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	89,6	18,4	18,4	89,6	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	75,1	191	101	75,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	73,4	189,7	99,7	73,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	45,6	57,6	57,6	45,6	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	82,4	216,7	126,7	82,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	88,4	212	122	88,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	66,8	208,2	118,2	66,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	67,4	211,3	121,3	67,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	65	258	168	65	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	77,8	217,3	127,3	77,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	83,7	222	132	83,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	81	8,4	8,4	81	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	73,4	197,7	107,7	73,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	80,5	18,4	18,4	80,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	75,3	20,5	20,5	75,3	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D3	77	279	9	77	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	51,5	6,4	6,4	51,5	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	74,2	215,4	125,4	74,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	64,1	7,5	7,5	64,1	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D2	79,2	61,8	61,8	79,2	3-10 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	79,9	202,1	112,1	79,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	84,6	212,6	122,6	84,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4
D1	71,6	228,1	138,1	71,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	M20_BLOQUE4

D1	82,3	233,8	143,8	82,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D1	75,3	198,8	108,8	75,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	89,8	43,4	43,4	89,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D1	77,5	202,3	112,3	77,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	61,3	27,3	27,3	61,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	79,5	24,8	24,8	79,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D1	74,5	207,7	117,7	74,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D1	86,3	252,7	162,7	86,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	86,9	17,5	17,5	86,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	75,6	59,2	59,2	75,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D1	84,9	244,9	154,9	84,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D1	83,7	243,5	153,5	83,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	79,5	43,3	43,3	79,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D1	64,4	267,4	177,4	64,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D1	85,5	188,5	98,5	85,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	61,7	41,2	41,2	61,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	82,4	52,8	52,8	82,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	68,5	51,7	51,7	68,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D1	89	247,4	157,4	89	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	57,4	72,4	72,4	57,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	84,9	14,5	14,5	84,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	76,8	66,7	66,7	76,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	69,4	34,4	34,4	69,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	54,3	56,6	56,6	54,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	59,3	64,9	64,9	59,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	83,3	63	63	83,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	61,2	46,7	46,7	61,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	71,9	40,7	40,7	71,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	47,4	65,9	65,9	47,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	75,8	44,7	44,7	75,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1

D2	75,8	44,7	44,7	75,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	64,3	55,8	55,8	64,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
D2	78,2	56,4	56,4	78,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N35_P1
TM05	28,1	141,3	51,3	28,1						B5W_N30SM15
TM08	29,6	68,8	68,8	29,6						B5W_N30SM15
TM1011	26,7	81,2	81,2	26,7						B5W_N30SM15
TM15	27,8	120,2	30,2	27,8						B5W_N30SM15
TM1011	16,5	151,9	61,9	16,5						B5W_N30SM15
TM15	29,1	115,5	25,5	29,1						B5W_N30SM15
TM25	31,7	124,7	34,7	31,7						B5W_N30SM15
D1	88,2	183,6	93,6	88,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D3	66,1	342	72	66,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	81,1	56,8	56,8	81,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	64,1	13	13	64,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	63,6	36,9	36,9	63,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D3	81,3	339,3	69,3	81,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	81,5	37,3	37,3	81,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D3	61,1	295,5	25,5	61,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	68,5	7,4	7,4	68,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	64,7	10,1	10,1	64,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	70,2	13	13	70,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	84,1	22,1	22,1	84,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D3	57,2	276,6	6,6	57,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D1	49,3	241,3	151,3	49,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D1	59,5	249	159	59,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D3	60,5	278,3	8,3	60,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D3	56,4	275,4	5,4	56,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	86,2	10,7	10,7	86,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	69,5	68,6	68,6	69,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	78	16,6	16,6	78	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	89,7	48,4	48,4	89,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	82	12,5	12,5	82	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	75,3	3,1	3,1	75,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	64,5	24,5	24,5	64,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	46,7	44,2	44,2	46,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	72,2	57,9	57,9	72,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	75,5	36,8	36,8	75,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	82	24	24	82	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	73,8	38,7	38,7	73,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	74,4	29,4	29,4	74,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
D2	73	52,5	52,5	73	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15

D2	61,8	65,6	65,6	61,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N30SM15
PLANO DE FALLA M15	44,9	344,2	74,2	44,9						B5W_N30SM15
T M04	15,3	92,5	2,5	15,3						B5EJE_N30_FM05
T M04	21,1	139	49	21,1						B5EJE_N30_FM05
T M05	15	89,1	89,1	15						B5EJE_N30_FM05
T M05	19,8	140,4	50,4	19,8						B5EJE_N30_FM05
T M08	24	52	52	24						B5EJE_N30_FM05
T M08	17,1	105,05	15,05	17,1						B5EJE_N30_FM05
FALLA M05	53,8	286,6	16,6	53,8						B5EJE_N30_FM05
D2	87,9	33,3	33,3	87,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	68,3	30,6	30,6	68,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	85,8	36,3	36,3	85,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	89,7	30,8	30,8	89,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	88,6	42,9	42,9	88,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	70	37,4	37,4	70	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	71,9	9,3	9,3	71,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D1	89,4	214,7	124,7	89,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D1	88,4	215,5	125,5	88,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	84,4	33,8	33,8	84,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	83,1	40,3	40,3	83,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	66,9	37,4	37,4	66,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	72,4	63,9	63,9	72,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D1	88	213,3	123,3	88	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	77	25,6	25,6	77	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	79,2	26,6	26,6	79,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	68,2	31,7	31,7	68,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	46,3	32,9	32,9	46,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	80	71,3	71,3	80	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	70,6	6,5	6,5	70,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	80,9	38,7	38,7	80,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	58,4	49,2	49,2	58,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	82,5	45,6	45,6	82,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
D2	46,9	66,9	66,9	46,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM05
T M05	25,7	313,5	43,5	25,7						B5EJE_N30_FM02U
T M04	54,8	184,3	94,3	54,8						B5EJE_N30_FM02U
T M30BM03B	21,3	205,2	115,2	21,3						B5EJE_N30_FM02U
T M03U	12,3	272,1	2,1	12,3						B5EJE_N30_FM02U
T M02L	23,9	305,6	35,6	23,9						B5EJE_N30_FM02U
T M02U	26	257,3	167,3	26						B5EJE_N30_FM02U
F M02U	20,7	130,5	40,5	20,7						B5EJE_N30_FM02U



D4	58	172,5	82,5	58	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D1	83,1	188,5	98,5	83,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D1	72,5	198,2	108,2	72,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D1	66,1	190,8	100,8	66,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D4	74,6	141,4	51,4	74,6	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D1	50,3	192,1	102,1	50,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D1	39,7	192,5	102,5	39,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D1	31,9	201,3	111,3	31,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D4	85,8	175,5	85,5	85,8	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D4	82,4	175,3	85,3	82,4	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D4	72	149,1	59,1	72	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D4	76,1	161,2	71,2	76,1	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D4	62,7	157,4	67,4	62,7	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D4	62,3	130,7	40,7	62,3	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D1	26,9	194,3	104,3	26,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D1	60,2	185,2	95,2	60,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D4	71,2	166	76	71,2	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D4	67,9	162,7	72,7	67,9	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D1	23,9	187,7	97,7	23,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D4	85,1	170,9	80,9	85,1	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D1	76,8	193,8	103,8	76,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D1	43,2	214,3	124,3	43,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D4	46,6	129,4	39,4	46,6	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N30_FM02U
D1	43,9	209,2	119,2	43,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D1	33,3	193,2	103,2	33,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N30_FM02U
D3	78,5	347	77	78,5	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	60,2	182,4	92,4	60,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	77,7	229,4	139,4	77,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	79,8	201,7	111,7	79,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	77,3	42,8	42,8	77,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	66,9	46,1	46,1	66,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	85,9	30,5	30,5	85,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	87,6	68,6	68,6	87,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	85,2	34,5	34,5	85,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D3	87,6	354,5	84,5	87,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	64	51,4	51,4	64	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
FALLA LAVICTORIA	48,9	319,8	49,8	48,9						B5EJE_N2_FLV_M05
T M02U	61,9	43,2	43,2	61,9						B5EJE_N2_FLV_M05
T M02U	61,9	43,2	43,2	61,9						B5EJE_N2_FLV_M05
T M03U	55,7	45,8	45,8	55,7						B5EJE_N2_FLV_M05
FALLA	41,3	71,8	71,8	41,3						B5EJE_N2_FLV_M05
T M03AM03B	16,6	81,8	81,8	16,6						B5EJE_N2_FLV_M05
T M04	52,9	40,6	40,6	52,9						B5EJE_N2_FLV_M05
T M05	19,2	43,5	43,5	19,2						B5EJE_N2_FLV_M05
T M05	65,2	35,6	35,6	65,2						B5EJE_N2_FLV_M05
D2	80,7	68,1	68,1	80,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	72,5	221,2	131,2	72,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	79,6	242,8	152,8	79,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	79,6	242,8	152,8	79,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	78,5	22,2	22,2	78,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05

D2	68,3	24,7	24,7	68,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	77,1	48,6	48,6	77,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	67	49,6	49,6	67	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	83,2	230,7	140,7	83,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D	88,5	90,9	0,9	88,5	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	71,2	72,7	72,7	71,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	85	192,8	102,8	85	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	85,8	259,1	169,1	85,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D3	80,7	348,4	78,4	80,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	81,1	83,9	83,9	81,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	57,5	17,6	17,6	57,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D3	86,8	272,5	2,5	86,8	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	68	57,7	57,7	68	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	58,2	68,7	68,7	58,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	80,4	76,9	76,9	80,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	89	49,8	49,8	89	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	77,8	238,9	148,9	77,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	85,6	217,8	127,8	85,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D3	79,3	356,7	86,7	79,3	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	79,7	233,6	143,6	79,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	71,9	230,7	140,7	71,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	81,8	234,4	144,4	81,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	89,4	57,8	57,8	89,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	89,7	225,7	135,7	89,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	84,5	230	140	84,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	75,2	228,7	138,7	75,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	88,1	34	34	88,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	69,3	231,1	141,1	69,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	82,2	194,6	104,6	82,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	70,4	17,6	17,6	70,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	86,6	204,7	114,7	86,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	81,1	206	116	81,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	74,3	25,1	25,1	74,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	74,3	25,1	25,1	74,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	71,7	181,6	91,6	71,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	82,2	70,9	70,9	82,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	70	250,9	160,9	70	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	82,5	89	89	82,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	85,8	73,9	73,9	85,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	74,3	194,4	104,4	74,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	86,2	227	137	86,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	88,7	216,5	126,5	88,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	88,9	77,1	77,1	88,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D4	80,2	176,3	86,3	80,2	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	86,2	76,7	76,7	86,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D1	82,8	219,7	129,7	82,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D4	89,5	179,7	89,7	89,5	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5EJE_N2_FLV_M05
D3	89,9	354,1	84,1	89,9	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D2	86	84	84	86	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05
D3	76,3	354,3	84,3	76,3	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	B5EJE_N2_FLV_M05

D2	78,6	63,1	63,1	78,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N-8_M15
D4	89,7	178,6	88,6	89,7	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	B5W_N-8_M15
D1	72,7	181	91	72,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N-8_M15
D2	81	25,4	25,4	81	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N-8_M15
D1	71,6	190,6	100,6	71,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N-8_M15
D1	67,3	200,6	110,6	67,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5W_N-8_M15
D	79,6	180	90	79,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	rugosa	N	B5W_N-8_M15
T M02U	31,2	230,3	140,3	31,2						B5EJE_N-30_M02U
T M03	26,5	233,4	143,4	26,5						B5EJE_N-30_M02U
T M03	8,4	293,4	23,4	8,4						B5EJE_N-30_M02U
T M05	29,9	233,3	143,3	29,9						B5EJE_N-30_M02U
T M10M11	8,8	291,4	21,4	8,8						B5EJE_N-30_M02U
D2	82	38	38	82	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	65,1	222,5	132,5	65,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	83,8	48,9	48,9	83,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	84	197,2	107,2	84	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	67,6	57	57	67,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	69,6	43,1	43,1	69,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	88,1	214,2	124,2	88,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	82,3	212	122	82,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	70,7	18,5	18,5	70,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	59,5	42,7	42,7	59,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	89,5	10,8	10,8	89,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	63,3	27,8	27,8	63,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	78,3	191,9	101,9	78,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	81,1	223,2	133,2	81,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	56,6	220,6	130,6	56,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	80,9	258	168	80,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	54,3	40,4	40,4	54,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	54,5	35,8	35,8	54,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	75,6	68	68	75,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	64	48,6	48,6	64	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	80,7	25	25	80,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D3	80,2	281,5	11,5	80,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	72,7	183,1	93,1	72,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	86,3	257,9	167,9	86,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D2	77,4	28,3	28,3	77,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D3	75,2	272,5	2,5	75,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	69,5	214	124	69,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U
D1	80,3	200,6	110,6	80,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	B5EJE_N-30_M02U

D1	75	220,7	130,7	75	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P1
QUEMA M02U	33	25,3	25,3	33						MP6E_N190_QM02U
T M03U	20,4	336,4	66,4	20,4						MP6E_N190_QM02U
T M03A M03B	20,9	313,7	43,7	20,9						MP6E_N190_QM02U
D4	68,6	124,1	34,1	68,6	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D4	63,3	118,1	28,1	63,3	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D4	53,2	97,8	7,8	53,2	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D4	60,5	110,4	20,4	60,5	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D4	74,5	100,2	10,2	74,5	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D2	63,4	81,8	81,8	63,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	69,2	115,5	25,5	69,2	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D2	43,4	82,6	82,6	43,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	36,5	60,4	60,4	36,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	70,5	107,9	17,9	70,5	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D2	89,2	12	12	89,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	78,5	260,3	170,3	78,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	77,2	11,7	11,7	77,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	66,2	102,7	12,7	66,2	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D2	88,3	83,6	83,6	88,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	71,5	205,5	115,5	71,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	86,3	203,3	113,3	86,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	82,8	195,5	105,5	82,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	45,7	89,6	89,6	45,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	84,2	38,2	38,2	84,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	84,6	204,6	114,6	84,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	60,6	114	24	60,6	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D1	81,4	207,3	117,3	81,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	73,3	120,4	30,4	73,3	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D2	59	83,4	83,4	59	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	80,7	214,8	124,8	80,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	89,4	221,9	131,9	89,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	62,6	108,8	18,8	62,6	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D4	66,2	95,5	5,5	66,2	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D1	84,8	200,1	110,1	84,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	59,7	95,8	5,8	59,7	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D4	78,6	107,6	17,6	78,6	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D2	79	35,9	35,9	79	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	67,9	205,2	115,2	67,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	74,6	104,8	14,8	74,6	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D4	68,5	111,3	21,3	68,5	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D1	69,4	217,4	127,4	69,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	66	93,4	3,4	66	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D1	54,8	199,7	109,7	54,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	67,9	96,7	6,7	67,9	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D1	66,2	205,9	115,9	66,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	66,2	205,9	115,9	66,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	76,1	218,2	128,2	76,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	63,9	93,8	3,8	63,9	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D1	79,9	197,9	107,9	79,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	89,8	217,4	127,4	89,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	75,3	223,5	133,5	75,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D4	69,8	94	4	69,8	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U
D1	88,1	207,4	117,4	88,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	67	83,6	83,6	67	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	55,3	82,5	82,5	55,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U

D2	88,5	17	17	88,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	78,9	257,6	167,6	78,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	79,9	56,3	56,3	79,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	89,8	249,8	159,8	89,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	76,2	64,4	64,4	76,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	64,4	87,3	87,3	64,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	88,1	60,9	60,9	88,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	89,9	10,4	10,4	89,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	56,2	52,3	52,3	56,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	88,2	33,2	33,2	88,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	82,9	45,9	45,9	82,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	65,8	89,3	89,3	65,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	51,9	83,9	83,9	51,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D2	80,2	77,5	77,5	80,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U
D1	90	199,9	109,9	90	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D4	75,3	107,8	17,8	75,3	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	50,5	89,2	89,2	50,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D4	62,9	178,3	88,3	62,9	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	76,4	201,3	111,3	76,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	38,7	234,5	144,5	38,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	68,5	225,4	135,4	68,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	70	36,1	36,1	70	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	42,3	213,4	123,4	42,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	83,6	11,9	11,9	83,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	67,3	206,2	116,2	67,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	69,7	23,4	23,4	69,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	68,9	31,5	31,5	68,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D4	59,9	107,9	17,9	59,9	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	61,8	22,3	22,3	61,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	68,8	21	21	68,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	87,9	200,6	110,6	87,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	85,4	203	113	85,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D4	73	116,4	26,4	73	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U_P3
D4	71,2	111,1	21,1	71,2	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U_P3
D4	73,9	173,4	83,4	73,9	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	67,9	59,7	59,7	67,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	87,7	70,5	70,5	87,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	72,8	189,4	99,4	72,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	60,1	63	63	60,1	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	79,4	9,4	9,4	79,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	58,8	30	30	58,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	74,8	198,5	108,5	74,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	75,9	192,7	102,7	75,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	75,5	190	100	75,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	81,7	193	103	81,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	77	8,9	8,9	77	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D2	61,9	56,7	56,7	61,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D1	74,9	187,5	97,5	74,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D4	61,4	118,9	28,9	61,4	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U_P3
D4	77,4	101,4	11,4	77,4	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U_P3
D3	89,7	358,7	88,7	89,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP6E_N190_QM02U_P3
D4	84,1	179,1	89,1	84,1	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_QM02U_P3

D2	60,8	50,7	50,7	60,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D4	75	102,3	12,3	75	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_P4
D1	57,7	199,1	109,1	57,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	67,9	58,5	58,5	67,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	84,7	183,1	93,1	84,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D4	85,4	164,6	74,6	85,4	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_P4
D2	78	80,9	80,9	78	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	79	227,5	137,5	79	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	83,1	200,2	110,2	83,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	75,7	189	99	75,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	54,9	69,8	69,8	54,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	62,9	199,7	109,7	62,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	83,7	25,2	25,2	83,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	65,5	74,3	74,3	65,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	85,8	35,5	35,5	85,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	84,2	38,3	38,3	84,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	89,7	68,1	68,1	89,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	83,6	40,8	40,8	83,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	58,4	76,7	76,7	58,4	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	69,9	44,9	44,9	69,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	60	28,8	28,8	60	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	79,5	241,3	151,3	79,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	66	219,3	129,3	66	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	67,3	188,3	98,3	67,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	60,6	186,7	96,7	60,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D4	85,3	161,9	71,9	85,3	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_P4
D	57,1	180,6	90,6	57,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	75,9	199,3	109,3	75,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D4	63,2	177,4	87,4	63,2	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_P4
D2	83,8	82,2	82,2	83,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	72,5	245,3	155,3	72,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	87,5	86,1	86,1	87,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	77	220,2	130,2	77	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	73,8	63,7	63,7	73,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D4	66,6	177,1	87,1	66,6	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_P4
D2	81	36,8	36,8	81	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	80,8	60,8	60,8	80,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	79	83,6	83,6	79	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	77,4	219,1	129,1	77,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	75,1	186,5	96,5	75,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	59,1	195,5	105,5	59,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D4	73,3	93,4	3,4	73,3	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP6E_N190_P4
D2	85,6	74,5	74,5	85,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	81,8	220,7	130,7	81,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	66,4	231,7	141,7	66,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	66	230,2	140,2	66	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	83,8	74,8	74,8	83,8	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D2	41,7	201,8	111,8	41,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4
D1	81	184,5	94,5	81	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP6E_N190_P4

D2	47,9	8,7	8,7	47,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	55,8	289,4	19,4	55,8	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	89,7	284	14	89,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	61,4	322,5	52,5	61,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D2	40,3	11,6	11,6	40,3	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	49,9	343,9	73,9	49,9	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	69,1	293,6	23,6	69,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	51	351,7	81,7	51	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D2	58,9	12,6	12,6	58,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	54,7	292	22	54,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	51,6	346,2	76,2	51,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	81,6	275,6	5,6	81,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	81,6	275,6	5,6	81,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	75,6	296,1	26,1	75,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	73,8	272,6	2,6	73,8	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	44,1	349,6	79,6	44,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	62,2	303,3	33,3	62,2	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	70,2	310,1	40,1	70,2	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	55,2	289,8	19,8	55,2	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	77,6	306,6	36,6	77,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	80,1	303,5	33,5	80,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	87,5	352,8	82,8	87,5	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D2	83,9	20,6	20,6	83,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	48,6	283	13	48,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	76,9	351,9	81,9	76,9	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	67,7	288,3	18,3	67,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	63,5	317,5	47,5	63,5	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	62,1	321,2	51,2	62,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	68,5	295,9	25,9	68,5	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	63,8	303,1	33,1	63,8	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	67,4	319,7	49,7	67,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	85,4	295,7	25,7	85,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	69	290,4	20,4	69	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	78,3	317,7	47,7	78,3	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D4	39,1	138,4	48,4	39,1	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP7_P1
D3	82,7	308,7	38,7	82,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
T MANTO	27,8	127,3	37,3	27,8						MP7_P1
D3	51,4	315,2	45,2	51,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D1	89,7	232,8	142,8	89,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D1	76,6	243,4	153,4	76,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D1	86,7	212,5	122,5	86,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D1	86,8	232,1	142,1	86,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
FALLA	51,3	156,9	66,9	51,3						MP7_P1
D2	44,7	8,5	8,5	44,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	37,1	344,3	74,3	37,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	39,4	287,2	17,2	39,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	46,1	316,5	46,5	46,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	54,6	313,8	43,8	54,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	61	316,5	46,5	61	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P1

D3	59,3	309,1	39,1	59,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	74,5	304,1	34,1	74,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	71,8	304,3	34,3	71,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	81,5	350	80	81,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	75	347,7	77,7	75	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	84,3	278,8	8,8	84,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	72,8	303,8	33,8	72,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D	55,7	270,3	0,3	55,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	rugosa	N	MP7_P1
D3	75,8	320,5	50,5	75,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	66,7	275,7	5,7	66,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	46,8	347,7	77,7	46,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	55,1	276,9	6,9	55,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	49,1	337,2	67,2	49,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	49,1	337,2	67,2	49,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D4	89,9	99,3	9,3	89,9	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP7_P1
D3	43,4	352,6	82,6	43,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D2	84,5	88,5	88,5	84,5	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	89,4	317,6	47,6	89,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	85,4	317,7	47,7	85,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	84,9	320,3	50,3	84,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D1	70,2	269,7	179,7	70,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	76,4	291,1	21,1	76,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D2	55,2	12,8	12,8	55,2	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	53,7	290,8	20,8	53,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	53,7	290,8	20,8	53,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	60,2	315,5	45,5	60,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	57,3	310,9	40,9	57,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	57,1	313	43	57,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	52,3	316,7	46,7	52,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D2	81,6	10,2	10,2	81,6	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P1
D3	51,3	323,5	53,5	51,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	49	285,1	15,1	49	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	51,7	305,6	35,6	51,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	74	278,4	8,4	74	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D3	61,9	331,3	61,3	61,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P1
D1	75,9	252	162	75,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P2
T MANTO	31,2	125,3	35,3	31,2						MP7_P2
D3	64,1	306,6	36,6	64,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	52,7	316	46	52,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	72,5	316,2	46,2	72,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	72,3	308,6	38,6	72,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	51,7	322,4	52,4	51,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	60,8	317,1	47,1	60,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	61,3	316,6	46,6	61,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	74,2	311,2	41,2	74,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	61,2	315	45	61,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	70,4	308	38	70,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	54,1	309	39	54,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	MP7_P2



D2	58,9	12,6	12,6	58,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P2
D3	54,7	292	22	54,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	51,6	346,2	76,2	51,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	81,6	275,6	5,6	81,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	75,6	296,1	26,1	75,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	73,8	272,6	2,6	73,8	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	44,1	349,6	79,6	44,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	62,2	303,3	33,3	62,2	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	70,2	310,1	40,1	70,2	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	55,2	289,8	19,8	55,2	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	77,6	306,6	36,6	77,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	80,1	303,5	33,5	80,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	87,5	352,8	82,8	87,5	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D2	83,9	20,6	20,6	83,9	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P2
D3	48,6	283	13	48,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	76,9	351,9	81,9	76,9	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	67,7	288,3	18,3	67,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	63,5	317,5	47,5	63,5	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	62,1	321,2	51,2	62,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	68,5	295,9	25,9	68,5	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	63,8	303,1	33,1	63,8	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	67,4	319,7	49,7	67,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	67,4	319,7	49,7	67,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	85,4	295,7	25,7	85,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	69	290,4	20,4	69	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D3	78,3	317,7	47,7	78,3	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
D4	39,1	138,4	48,4	39,1	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	MP7_P2
D3	82,7	308,7	38,7	82,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P2
T MANTO	27,8	127,3	37,3	27,8						MP7_P3
T MANTO	46,4	131,3	41,3	46,4						MP7_P3
D3	51,4	315,2	45,2	51,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3
D3	89,7	232,8	142,8	89,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3
D3	72,6	356,6	86,6	72,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3
D1	76,6	243,4	153,4	76,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P3
D1A	86,7	212,5	122,5	86,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P3
FALLA	51,3	156,9	66,9	51,3						MP7_P3
D2	44,7	8,5	8,5	44,7	1-3 m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	MP7_P3
D3	37,1	344,3	74,3	37,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3
D3	39,4	287,2	17,2	39,4	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3
D3	46,1	316,5	46,5	46,1	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3
D3	54,6	313,8	43,8	54,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3
D3	61	316,5	46,5	61	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3
D3	73,5	307,8	37,8	73,5	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3
D3	66,3	304,6	34,6	66,3	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	MP7_P3

T M15	15,8	119	29	15,8							PIT SUR
T M20	16,4	119,1	29,1	16,4							PIT SUR
T M1011	17,1	119,9	29,9	17,1							PIT SUR
D3	36,6	306,8	36,8	36,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	44,9	294,7	24,7	44,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	48,2	281,5	11,5	48,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	49,9	319,5	49,5	49,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	53,2	306,1	36,1	53,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	53,8	321,9	51,9	53,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	54,2	325,4	55,4	54,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	54,3	298,8	28,8	54,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	54,8	294,1	24,1	54,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	55,7	318,9	48,9	55,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	56,2	305,7	35,7	56,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	56,6	296,7	26,7	56,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	58,5	303,8	33,8	58,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	58,9	346,5	76,5	58,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	59,3	294,1	24,1	59,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	59,4	324,6	54,6	59,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	59,5	299	29	59,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	59,7	333,7	63,7	59,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	60,1	313,1	43,1	60,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	60,7	326,1	56,1	60,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	60,9	333,1	63,1	60,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	61,5	308,5	38,5	61,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	62	312,4	42,4	62	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	62,5	299,5	29,5	62,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	63,1	317,2	47,2	63,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	63,2	329	59	63,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	63,4	321,4	51,4	63,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	63,6	286,6	16,6	63,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	64,5	339,2	69,2	64,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	64,8	322,9	52,9	64,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	65	288,8	18,8	65	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	65,3	308,3	38,3	65,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	65,5	300	30	65,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	65,8	320,4	50,4	65,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	65,9	320,1	50,1	65,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	66,3	326	56	66,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	66,4	330,4	60,4	66,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	66,5	323,5	53,5	66,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	66,8	302,5	32,5	66,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	67	298,8	28,8	67	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	67,2	311,4	41,4	67,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	67,3	336,6	66,6	67,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	67,5	330,4	60,4	67,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	67,9	329,2	59,2	67,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	68	329,8	59,8	68	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR
D3	68,3	330	60	68,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N		PIT SUR

D3	68,6	334,2	64,2	68,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	68,7	327,6	57,6	68,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	68,8	329,4	59,4	68,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	68,9	319,8	49,8	68,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	69	305,6	35,6	69	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	69,2	312,5	42,5	69,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	69,9	315,2	45,2	69,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	70,2	313,3	43,3	70,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	70,4	310,4	40,4	70,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	70,5	329,4	59,4	70,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	70,6	295,6	25,6	70,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	70,7	329,3	59,3	70,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	70,8	310,8	40,8	70,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	70,9	279,4	9,4	70,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	71	303,2	33,2	71	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	71,2	325,6	55,6	71,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	71,3	294,9	24,9	71,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	71,4	324,1	54,1	71,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	71,5	308,6	38,6	71,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	71,6	332,9	62,9	71,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	71,8	312,9	42,9	71,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	71,9	329	59	71,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	72,1	296,5	26,5	72,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	72,3	313	43	72,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	72,5	308,6	38,6	72,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	73	318,4	48,4	73	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	73,3	321,1	51,1	73,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	73,4	312,5	42,5	73,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	73,6	318,8	48,8	73,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	74,6	344,2	74,2	74,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	74,8	297,9	27,9	74,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	74,9	321,2	51,2	74,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	75,2	298,2	28,2	75,2	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	75,4	327,7	57,7	75,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	75,5	326,6	56,6	75,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D2	76,1	79,7	79,7	76,1	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PIT SUR
D3	76,7	318,3	48,3	76,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	76,8	312,8	42,8	76,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	77	322,9	52,9	77	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	77,6	334,1	64,1	77,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	77,9	326,6	56,6	77,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	78,1	315	45	78,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	78,3	334,9	64,9	78,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	78,8	317,9	47,9	78,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	78,9	295,5	25,5	78,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	79	327	57	79	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	79,1	327,3	57,3	79,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR

D3	80,5	264,8	174,8	80,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	81,3	324,6	54,6	81,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	81,5	326,6	56,6	81,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	81,6	334,9	64,9	81,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	82,4	314,5	44,5	82,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	83,5	289,6	19,6	83,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	83,7	319	49	83,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	83,9	340,8	70,8	83,9	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	84,8	276,1	6,1	84,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	85,1	303,4	33,4	85,1	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	87,4	116,1	26,1	87,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	87,7	320,4	50,4	87,7	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	88,5	341,6	71,6	88,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	89,3	333,8	63,8	89,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	89,6	322,5	52,5	89,6	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
D3	89,8	318,3	48,3	89,8	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PIT SUR
FALLA	75,5	352,4	82,4	75,5						PITSUR
D2	32,5	18,3	18,3	32,5	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D4	17,2	104,9	14,9	17,2	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	PITSUR
T M05	16,7	317,8	47,8	16,7						PITSUR
D3	4,5	354,9	84,9	4,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PITSUR
D3	9,4	325,9	55,9	9,4	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PITSUR
T M03U	18,4	314,3	44,3	18,4						PITSUR
T M03B	43,2	308,9	38,9	43,2						PITSUR
D3	44,3	308,1	38,1	44,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PITSUR
D2	85,2	83,1	83,1	85,2	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	74,5	246,8	156,8	74,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D	75,3	270,8	0,8	75,3	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	rugosa	N	PITSUR
D1	69,1	218,4	128,4	69,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D3	83,5	278,2	8,2	83,5	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PITSUR
D2	69,2	56,6	56,6	69,2	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	77,2	240,2	150,2	77,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D2	85,1	26,3	26,3	85,1	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D2	85,2	83,1	83,1	85,2	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	55,2	250,4	160,4	55,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	67,3	267	177	67,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	87,7	236,1	146,1	87,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	74,3	241,7	151,7	74,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	77,2	232,8	142,8	77,2	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	87,6	242,5	152,5	87,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D2	79	75,9	75,9	79	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	87,1	267,2	177,2	87,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	57	279	9	57	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	82,9	232	142	82,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D3	82	292,7	22,7	82	3-10 m	0,2-0,6	<0,1	Rugosa	N	PITSUR
D2	74,2	63,9	63,9	74,2	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	89,7	241,1	151,1	89,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	69,1	245,7	155,7	69,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR

D3	81,7	287,8	17,8	81,7	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	PITSUR
D1	81,8	210,3	120,3	81,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	84,6	232,2	142,2	84,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D3	83,2	273,9	3,9	83,2	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	PITSUR
D1	63,3	265,6	175,6	63,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	56,1	216,5	126,5	56,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	80,7	197,9	107,9	80,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	66,5	216,9	126,9	66,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D4	83,1	107,4	17,4	83,1	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	PITSUR
D1	64,4	269,2	179,2	64,4	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	72,3	215,1	125,1	72,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	80,6	237	147	80,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	46,5	231,1	141,1	46,5	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	70,9	218	128	70,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D2	79,6	72,3	72,3	79,6	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	87,7	237	147	87,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D2	89,5	31	31	89,5	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D3	85,8	279,9	9,9	85,8	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	PITSUR
D1	79,8	232,9	142,9	79,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	52,1	229,9	139,9	52,1	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D2	55,5	55,4	55,4	55,5	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	55,3	240,7	150,7	55,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	69,6	241,5	151,5	69,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	64,3	247,7	157,7	64,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	56,3	225,1	135,1	56,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D	87,3	180,1	90,1	87,3	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	rugosa	N	PITSUR
D1	53	249,2	159,2	53	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D3	78,2	280,1	10,1	78,2	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	PITSUR
D1	65,3	258,2	168,2	65,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	60,9	253,5	163,5	60,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D3	78,8	288,9	18,9	78,8	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	PITSUR
D1	57,3	217,6	127,6	57,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	54,6	226,4	136,4	54,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D3	51,6	283,3	13,3	51,6	3-10 m	0,2-0,6	< 0,1	Rugosa	N	PITSUR
D1	59,7	222,7	132,7	59,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	72,9	241	151	72,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	62,7	221,3	131,3	62,7	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D2	87,6	83,7	83,7	87,6	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	88,9	221,1	131,1	88,9	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D4	85,8	120,2	30,2	85,8	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	PITSUR
D4	86,8	103,7	13,7	86,8	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	PITSUR
D1	84,3	233,8	143,8	84,3	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D2	89,1	48,4	48,4	89,1	1-3- m	6-20 m	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	78,6	207,8	117,8	78,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D1	78,6	207,8	117,8	78,6	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR
D4	80,3	110,5	20,5	80,3	1-3 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Lisa	CL	PITSUR
D1	69,8	255,9	165,9	69,8	3-10 m	0,2-0,6	0,25 - 0,5	Rugosa	N	PITSUR