

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL
RUTA MO-103 TRAMO DE CONSTRUCCIÓN DEL KM 56+850 AL 75+860, PROVINCIA DE
MARISCAL NIETO Y GENERAL SÁNCHEZ CERRO, REGIÓN MOQUEGUA”.**

TESIS

PRESENTADA POR:

EDGAR MAMANI SILVA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
TESIS

“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LA RED VIAL
DEPARTAMENTAL RUTA MO-103 TRAMO DE CONSTRUCCIÓN DEL
KM 56+850 AL 75+860, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO Y GENERAL
SÁNCHEZ CERRO, REGIÓN MOQUEGUA”.

PRESENTADA POR:

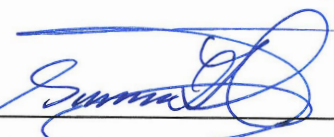
Bach. EDGAR MAMANI SILVA

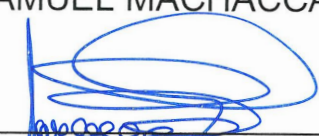
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

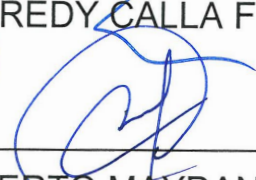
INGENIERO GEÓLOGO


APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE : 
M.Sc. E. SAMUEL MACHACCA HANCCO

PRIMER MIEMBRO : 
M.Sc. JUAN FREDY CALLA FERNANDEZ

SEGUNDO MIEMBRO : 
Ing. LUIS ALBERTO MAYDANA VILCA

ASESOR : 
M.Sc. FLAVIO ROSADO LINARES

Área : INGENIERIA GEOTECNICA

Tema : GEOTECNIA DE CARRETERAS

Fecha Sustentación: 04/10/2018

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicado con todo el cariño a mí madre Dominga Silva Vda. de Mamani y a mi querido padre Gerardo Ricardo Mamani Ramos (QEPD), a toda mi familia que son lo que más quiero en esta vida.

En especial a mi esposa Mayra Eugenia y mis hijos; Luciana Ariadna y Gustavo Emanuel, por ser fuente eterna de mis alegrías, por su comprensión y ayuda en momentos difíciles y buenos en mi formación profesional, quienes me enseñaron a encarar las adversidades y no desfallecer en el intento, todo ello con una gran dosis de amor y cariño.

A mis hermanos Lourdes, Edwin y Edy; a ellos por estar siempre a mi lado en todo momento, es sin duda mi referencia como muestra de mi aprecio por todo su apoyo incondicional.

A mis sobrinos: William, Cristian Joel, Kenyi Armando y Ricardo Joaquín, que también son la alegría de mi hogar.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento eterno a mi madre Dominga Silva, que es el ser más maravilloso de este mundo, por el cariño, comprensión y apoyo que desde niño me brindaste, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más adversos de mi vida.

A mi Esposa Mayra Eugenia e hijos; por su comprensión y confianza, esperando que comprendan que mis logros son también suyos e inspirados en ustedes hago de este, un triunfo y quiero compartirlo por siempre con ustedes.

A mi alma mater, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por brindarme seguir mis estudios superiores en sus aulas y formarme como profesional. A la Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica y todos los docentes por haberme impartido buenas y sabias enseñanzas.

A mis hermanos, de quienes la ilusión de su vida ha sido verme convertido en un hombre de provecho.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
ÍNDICE	III
ÍNDICE DE GRAFICOS	IX
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	XIII
RESUMEN	XIV

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3. ANTECEDENTES	5
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
1.5. HIPÓTESIS	6
1.6. OBJETIVOS	7
1.6.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
1.7. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.7.1. PRIMERA ETAPA:.....	7
1.7.1.1. RECOPIACIÓN DE FUENTES DE INFORMACIÓN EXISTENTE:.....	7
1.7.2. SEGUNDA ETAPA:	8
1.7.2.1. TRABAJOS DE CAMPO:	8
1.7.3. TERCERA ETAPA:.....	10
1.7.3.1. ENSAYOS DE LABORATORIO	10
A) ENSAYOS ESTÁNDAR	10
B) ENSAYOS ESPECIALES	10
C) PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO	10
1.7.4. CUARTA ETAPA:	11
1.7.4.1. TRABAJOS DE GABINETE	11
1.7.4.2. INFORME FINAL	11
1.7.4.3. INSTRUMENTOS UTILIZADOS	12

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. GEOLOGIA	13
2.2. GEOLOGIA REGIONAL.....	14
2.2.1. UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	14
2.2.1.1. VOLCÁNICO MATALAQUE (KM-VMA).....	14
2.2.1.2. GRUPO PUNO	15
A) FORMACIÓN PICHU (P-PI).....	15
2.2.1.3. GRUPO MAURE (NM-MA)	16
2.2.1.4. GRUPO TACAZA (TMS-TA)	16
A) VOLCÁNICO LLALLAHUI (TMS -VLL).....	16
2.2.1.5. GRUPO BARROSO (TQ-VBA).....	16
A) VOLCÁNICO BARROSO (TQ -VBA)	17
2.2.1.6. DEPÓSITOS CUATERNARIOS	17
A) DEPOSITO ALUVIAL (QR-AL)	17
B) DEPOSITO COLUVIAL (QR-CO).....	18
C) FLUJOS DE BARRO (Q-FB).....	18
2.3. GEOTECNIA	18
2.3.1. MECANICA DE SUELOS	19
2.3.2. MECANICA DE ROCAS	20
2.3.3. GEOFISICA.....	23

CAPITULO III

CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE TRABAJO

3.1. GENERALIDADES.....	25
3.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO	25
3.3. ACCESO AL AREA DEL PROYECTO.....	26
3.4. GEOLOGIA LOCAL	27
3.4.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	27
3.4.1.1. VOLCÁNICO MATALAQUE (KM-VMA).....	27
3.4.1.2. FORMACIÓN PICHU (TI-PI).....	28
3.4.1.3. GRUPO MAURE (NM-MA)	29
3.4.1.4. VOLCÁNICO TACAZA (TIM-TA)	30
A) VOLCÁNICO LLALLAHUI (TMS -VLL).....	30
3.4.1.5. VOLCÁNICO BARROSO (TQ -VBA)	31
3.4.1.6. DEPOSITO MORRENICO (QPL-MO).....	32
3.4.1.7. DEPÓSITOS ALUVIALES (QR-AL)	33
3.4.1.8. DEPÓSITOS COLUVIALES (QR-CO).....	33
3.4.1.9. DEPOSITO ANTRÓPICO (QR-H).....	34
3.4.1.10. DEPOSITO BOFEDAL (QR-BO).....	34
3.4.1.11. DEPOSITO LACUSTRINO (QR-LA)	34
3.4.1.12. DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS HOLOCÉNICOS (QH-TI/PI)	34
3.5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	35
3.5.1. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	35
3.5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	38
3.6. GEODINAMICA.....	40
3.6.1. GEODINAMICA EXTERNA EN EL AREA DE ESTUDIO	40
3.6.1.1. MOVIMIENTOS DE MASAS DEL SUELO	40
3.6.1.2. DESLIZAMIENTOS.....	40
3.6.1.3. EROSIÓN	42
3.6.2. GEODINAMICA INTERNA DEL AREA DE ESTUDIO	42
3.6.2.1. SISMICIDAD	43
3.6.2.2. FACTOR DINÁMICO	44
3.6.2.3. OTROS EFECTOS.....	45
3.6.3. TIPOS DE EROSIÓN:	45
3.6.3.1. EROSIÓN QUÍMICA:	45
3.6.3.2. EROSIÓN MECÁNICA:	46
3.6.4. HIDROGEOLOGIA.....	46
3.6.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MICRO CUENCAS Y QUEBRADAS	46
3.6.4.2. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	47

CAPITULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO DE FUNDACIÓN:	48
4.1.1. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA (MECANICA DE SUELOS)	48
4.1.1.1. RESUMEN DE TRABAJOS DE CAMPO:	49
4.1.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO	50
4.1.1.3. CLASIFICACIÓN DEL SUELOS	52
4.1.1.4. VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)	54
4.1.1.5. SUELOS DESFAVORABLES DE SUBRASANTE	56
4.1.2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA (MECANICA DE ROCAS)	57
4.1.2.1. ASPECTOS LITOLÓGICOS	57
4.1.2.2. DISTRIBUCIÓN DE DISCONTINUIDADES	57
4.1.2.3. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO	89
4.1.2.4. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS	90
A) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL	90
B) ÍNDICE DE CALIDAD DE ROCA (RQD)	92
C) ESPACIAMIENTOS DE JUNTAS	94
D) ESTADO DE LA FISURAS	94
E) CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS	95
F) AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE FISURAS	95
4.1.2.5. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA EN EL ACANTILADO EN ROCAS VOLCÁNICAS	97
4.1.2.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE EN ROCAS VOLCÁNICAS ENTRE LA PROGRESIVA 62+800 A 62+900	100
4.1.2.7. EVALUACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA EN EL DERRAME DE LAVAS VOLCÁNICAS ENTRE LA PROGRESIVA 62+800 – 62+900	103
4.1.3. INVESTIGACIÓN GEOFISICA (TOMOGRFÍA ELÉCTRICA)	106
4.1.3.1. PROCESAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD	106
4.1.3.2. CONTROL DE CALIDAD	106
4.1.3.3. PROCESO DE INVERSIÓN	106
4.1.4. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS GEOFISICOS	107
4.2. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE CANTERAS:	112
4.2.1. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN	112
4.2.2. NORMATIVIDAD	113
4.2.3. USOS Y TRATAMIENTOS:	114
4.2.4. CANTERAS LOCALIZADAS	114
4.2.4.1. CANTERA “CHILA APACHETA”	116
4.2.4.2. CANTERA “CHUPILAQUE”	118
4.2.4.3. CANTERA “LIVINE”	119
4.2.4.4. CANTERA “TOTORANI ALTO”	121

4.2.4.5.	CANtera “CORALAQUE EL MOLINO”	123
4.2.4.6.	CANtera DE ROCA “CORALAQUE QUENTO”	125
4.2.4.7.	CANtera “CORALAQUE LOGEN”	126
4.2.4.8.	CANtera “CORALAQUE PUENTE”	128
4.2.4.9.	CANtera “PAPACHACRA O PERSANE”	130
4.2.4.10.	CANtera “PUCARA QCUCHO”	132
4.2.4.11.	CANtera “ALTARANE”	134
4.2.4.12.	CANtera “CACHILAQUE”	136
4.2.4.13.	CANtera “HILHUAYA”	138
4.3.	EVALUACION DE RIESGOS GEOLOGICOS:.....	140
4.3.1.	RIESGOS GEOLÓGICOS POR TIPO	140
4.3.1.1.	RIESGOS GEOLOGICOS POR SISMO	140
A)	DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO DE SUBDUCCION	140
B)	CARACTERIZACION DE RIESGOS GEOLÓGICOS SISMICOS	140
C)	ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR SISMO	142
4.3.1.2.	RIESGOS GEOLOGICOS POR DESLIZAMIENTO	143
A)	DECRIPCION EN CAMPO	143
B)	DESCRIPCION DE RIESGOS GEOLÓGICOS POR DERRUMBE O DESLIZAMIENTO	144
C)	CARACTERIZACIÓN DE RIESGOS GEOLOGICOS POR DERRUMBE O DESLIZAMIENTO	145
D)	ESTRATIFICACION DE RIEGOS GEOLÓGICO POR DERRUMBE	146
4.3.1.3.	RIESGO GEOLÓGICOS POR HUAYCOS	147
A)	DESCRIPCIÓN EN CAMPO	147
B)	DESCRIPCION DE RIESGOS GEOLÓGICOS POR HUAYCOS	147
C)	CARACTERIZACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS POR HUAYCOS	148
D)	ESTRATIFICACION DE RIESGOS GEOLÓGICOS POR HUAYCOS	149
4.3.2.	ANALISIS DE RIESGOS GEOLÓGICOS.....	150
4.3.2.1.	ANALISIS DE RIESGO POR PÉLIGRO DE SISMO	150
A)	VULNERABILIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA - SISMO	150
B)	VULNERABILIDAD FÍSICA - SISMO:	151
C)	VULNERABILIDAD ECONÓMICA - SISMO:	152
D)	VULNERABILIDAD SOCIAL - SISMO:	154
E)	VULNERABILIDAD EDUCATIVA – SISMO:	154
F)	VULNERABILIDAD CULTURAL E IDEOLÓGICA – SISMO	156
G)	VULNERABILIDAD POLÍTICA E INSTITUCIONAL – SISMO.....	157
H)	VULNERABILIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA – SISMO	158
I)	MATRIZ GENERAL -COMPOSICION DE VULNERABILIDAD PARA EL PELIGRO DE SISMO	159
4.3.2.2.	ANALISIS DE VULNERABILIDADES PARA EL PELIGRO DE DERRUMBE O DESLIZAMIENTO	160

A) VULNERABILIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA – DERRUMBE.....	160
B) VULNERABILIDAD FÍSICA- DERRUMBE	160
C) VULNERABILIDAD ECONÓMICA – DERRUMBE.....	160
D) VULNERABILIDAD SOCIAL – DERRUMBE	160
E) VULNERABILIDAD EDUCATIVA- DERRUMBE.....	160
F) VULNERABILIDAD CULTURAL E IDEOLÓGICA- DERRUMBE.....	160
G) VULNERABILIDAD POLÍTICA E INSTITUCIONAL- DERRUMBE.....	160
H) VULNERABILIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA- DERRUMBE.....	160
I) MATRIZ GENERAL DE LA COMPOSICION DE LA VULNERABILIDAD PARA EL PELIGRO DE DERRUMBE.....	161
4.3.2.3. ANALISIS DE VULNERABILIDADES PARA EL PÉLIGRO POR HUAYCOS	162
A) VULNERABILIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA - HUAYCOS.	162
B) VULNERABILIDAD FÍSICA – HUAYCO	162
C) VULNERABILIDAD ECONÓMICA – HUAYCO	162
D) VULNERABILIDAD SOCIAL – HUAYCO.....	162
E) VULNERABILIDAD EDUCATIVA – HUAYCO	162
F) VULNERABILIDAD CULTURAL E IDEOLÓGICA – HUAYCO	162
G) VULNERABILIDAD POLÍTICA E INSTITUCIONAL – HUAYCO	162
H) VULNERABILIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA – HUAYCO	162
I) MATRIZ GENERAL DE LA COMPOSICION DE LA VULNERABILIDAD DEL PELIGRO DE HUAYCO	163
4.3.2.4. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO	164
A) CALCULO DEL RIESGO PARA EL PELIGRO – SISMO	164
B) CALCULO DEL RIESGO PARA EL PELIGRO – DERRUMBE O DESLIZAMIENTO	165
C) CALCULO DEL RIESGO PARA EL PELIGRO – HUAYCO	165
CONCLUSIONES	166
RECOMENDACIONES.....	167
REFERENCIAS	169
ANEXOS.....	172

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 ORIENTACION DE FALLAS EXISTENTES	36
Grafico 2 ANALISIS DE FACTOR DE SEGURIDAD Y DE ESTABILIDAD	101
Grafico 3 POSICION DE TIPO DE CUÑA, EN CORTE DE TALUD	102
Grafico 4 ANALISIS DE ANGULO DE SEGURIDAD	104
Grafico 5 SECCION INTERPRETADA LINEA GEOFISICA 2	108
Grafico 6 SECCION INTERPRETADA LINEA GEOFISICA 3	109
Grafico 7 SECCION INTERPRETADA LINEA GEOFISICA 7	110
Grafico 8 SECCION INTERPRETADA LINEA GEOFISICA 9	111
Grafico 9 DESCRIPCION DEL FENOMENO DE SUBDUCCION	140
Grafico 10 PRIMERA DESCRIPCION DE RIESGOS POR DERRUMBE O DESLIZAMIENTO	143
Grafico 11 SEGUNDA DESCRIPCION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO	145
Grafico 12 DESCRIPCION DE RIESGO DE HUAYCOS	148

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 AFLORAMIENTO DEL VOLCANICO MATALAQUE EN EL CERRO PUCARA	28
Imagen 2 AFLORAMIENTO DE LA FORMACION PICHU	29
Imagen 3 AFLORAMIENTO DE ROCAS DEL GRUPO MAURE	30
Imagen 4 AFLORAMIENTO DE ROCAS DEL VOLCANICO LLALLAHUI	31
Imagen 5 AFLORAMIENTO DE ROCAS DEL VOLCANICO BARROSO	32
Imagen 6 DEPOSITOS MORRENICOS	32
Imagen 7 QUEBRADA PERSANI DONDE SE CONSTRUIRA EL PUENTE	33
Imagen 8 TOMA DE DATOS DEL MACISO ROCOSO CERRO PUCARA	35
Imagen 9 SE OBSERVA FALLA TRANSVERSAL AL TRAZO	39
Imagen 10 SE APRECIA FALLA TRANSVERSAL AL TRAZO EN EL PUENTE CORALAUQUE	40
Imagen 11 SE APRECIA EL DESLIZAMIENTO TIPO FLUJO RAPIDO	41
Imagen 12 SE OBSERVA EL DESLIZAMIENTO TIPO TOPLING EN EL INTRUSIVO GRUPO BARROSO ...	41
Imagen 13 SE OBSERVA LA EROSION CUSADA EN LAS ROCAS ANDESITAS EN EL CERRO PUCARA ...	42
Imagen 14 SE APRECIA LA EROSION QUIMICA, DEBIDO AL COBRE QUE EXISTE EN LA ANDESITA....	45
Imagen 15 C1 Y C2 DE LA CANTERA CHILA APACHETA	117
Imagen 16 CALICATA DE CANTERA CHUPILAQUE	118
Imagen 17 L.I. C1 Y C2 DE LA CANTERA LIVINE Y L.D. SE OBSERVA LA NAPA FREATICA.....	120
Imagen 18 L.I. C1 DE LA CANTERA TOTORANI ALTO Y L.D.PERFIL EXPUESTO	122
Imagen 19 TOMA DE MUESTRAS DE DE CANTERA CORALAUQUE EL MOLINO	124
Imagen 20 QUEBRADA EXPUESTA	127
Imagen 21 APERTURA DE C1 CANTERA CORALAUQUE LOGEN	127

Imagen 22 LECHO DEL RIO	129
Imagen 23 LECHO DEL RIO MATERIAL HORMIGON	129
Imagen 24 PERFIL EXPUESTO EN QUEBRADA PERSANE	131
Imagen 25 LADO DERECHO DE LA QUEBRADA PERSANE	131
Imagen 26 APERTURA DE CALICATAS EN RIO CORALAUQUE	133
Imagen 27 BANCO DE HORMIGON CANTERA PUCARA QCUCHO	133
Imagen 28 MUESTRA DE HORMIGON CANTERA ALTARANE	135
Imagen 29 CANTERA EN EXPLOTACION POR PARTE DE LA M. D. CHOJATA.....	137
Imagen 30 BANCOS DE HORMIGON CANTERA CACHILAUQUE	137
Imagen 31 APERTURA DE CALICATAS	139
Imagen 32 TALUD DEL CERRO PUCARA.....	105
Imagen 33 OTRO ANGULO DE TALUD CERRO PUCARA	105

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 UBICACION DE PROYECTO EVALUADO	26
Cuadro 2 CUADRO DE PARAMETROS SISMICOS	43
Cuadro 3 CUADRO DE PARAMETROS DE SUELO	44
Cuadro 4 CUADRO DE DESCRPCION DE SUELO POR PROGRESIVA	51
Cuadro 5 CUADRO DE CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN SUCS.....	52
Cuadro 6 CUADRO DE INDICE DE PLASTICIDAD	54
Cuadro 7 CUADRO DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRAZANTE	55
Cuadro 8 CUADRO DE PARAMETROS DE CBR	56
Cuadro 9 CUADRO DE PARAMETROS DE INDICE DE GRUPO	56
Cuadro 10 CUADRO DE USOS Y TRATAMIENTOS DE CANTERAS	114
Cuadro 11 CUADRO DE UBICACION DE CANTERAS	115
Cuadro 12 CARACTERISTICAS DE CANTERA CHILA APACHETA.....	116
Cuadro 13 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CHILA APACHETA.....	117
Cuadro 14 CARACTERISTICAS DE CANTERA CHUPILAUQUE	118
Cuadro 15 CARACTERISTICAS DE CANTERA LIVINE	119
Cuadro 16 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA LIVINE	120
Cuadro 17 CARACTERISTICAS DE CANTERA TOTORANI ALTO	121
Cuadro 18 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA TOTORANI ALTO	122
Cuadro 19 CARACTERISTICAS DE CANTERA CORALAUQUE EL MOLINO	123
Cuadro 20 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CORALAUQUE EL MOLINO.....	124
Cuadro 21 CARACTERISTICAS DE CANTERA CORALAUQUE QUENTO	125
Cuadro 22 CARACTERISTICAS DE CANTERA CORALAUQUE LOGEN.....	126
Cuadro 23 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CORALAUQUE LOGEN	127

Cuadro 24 CARACTERISTICAS DE CANTERA CORALAUQUE PUENTE	128
Cuadro 25 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CORALAUQUE PUENTE.....	129
Cuadro 26 CARACTERISTICAS DE CANTERA PAPACHACRA O PERSANE	130
Cuadro 27 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA PAPACHACRA O PERSANE.....	131
Cuadro 28 CARACTERISTICAS DE CANTERA PUCARA QCUCHO	132
Cuadro 29 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA PUCARA QCUCHO.....	133
Cuadro 30 CARACTERISTICAS DE CANTERA ALTARANE.....	134
Cuadro 31 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA ALTARANE	135
Cuadro 32 CARACTERISTICAS DE LA CANTERA CACHILAUQUE.....	136
Cuadro 33 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CACHILAUQUE	137
Cuadro 34 CARACTERISTICAS DE CANTERA HILHUAYA	138
Cuadro 35 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA HILHUAYA.....	139
Cuadro 36 CUADRO DE PRINCIPALES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES.....	87
Cuadro 37 CUADRO DE CALIDAD DE ROCA	93
Cuadro 38 CUADRO DE AJUSTE POR ORIENTACION DE DISCONTINUIDADES	97
Cuadro 39 CUADRO DE CLASIFICACION DE ROCAS SEGUN EL TOTAL DE VALORACION	97
Cuadro 40 CUADRO DE CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (RMR)	98
Cuadro 41 CUADRO DE CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (RMR)	99
Cuadro 42 CUADRO DE VULNERABILIDAD AMBIENTAS Y ECOLOGICA - SISMO	150
Cuadro 43 CUADRO DE VULNERABILIDAD FISICA - SISMO	151
Cuadro 44 CUADRO DE POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA.....	152
Cuadro 45 CUADRO DE NIVEL DE VULNERABILIDAD.....	153
Cuadro 46 CUADRO DE VULNERABILIDAD SOCIAL POR SISMO	154
Cuadro 47 CUADRO DE VULNERABILIDAD EDUCATIVA.....	155
Cuadro 48 CUADRO DE VULNERABILIDAD CULTURAL E IDEOLOGICA POR SISMO	156
Cuadro 49 CUADRO DE VULNERABILIDAD POLITICA INSTITUCIONAL	157
Cuadro 50 CUADRO DE VULNERABILIDAD CIENTIFICA Y TECNOLOGICA POR SISMO	158
Cuadro 51 CUADRO MATRIZ GENERAL- COMPOSICION DE VULNERABILIDAD PARA EL PELIGRO DE SISMO	159
Cuadro 52 MATRIZ GENERAL DE LA COMPOSICION PARA EL PELIGRO DE DERRUMBE	161
Cuadro 53 MATRIZ GENERAL DE LA COMPOSICION DE LA VULNERABILIDAD DEL PELIGRO POR HUAYCO	163
Cuadro 54 MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD.....	164
Cuadro 55 ANALISIS DE RIESGO PARA EL PELIGRO DE SISMO	164
Cuadro 56 ANALISIS DE RIESGO PARA EL PELIGRO DE DERRUMBE O DESLIZAMIENTO	165
Cuadro 57 ANALISIS DE RIESGO PARA EL PELIGRO DE HUAYCO	165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 EVOLUCION TECTONICA DE LOS ANDES CENTRALES.....	37
Tabla 2 ZONIFICACION SISMICA PERU	44
Tabla 3 CORRELACION DE CLASIFICACION	53
Tabla 4 ABACO DE CORRELACION DE NUMERO DE GOLPES.....	91
Tabla 5 CURVA DE VALORACION RQD, A PARTIR DE LA ECUACION EXPONENCIAL.....	94
Tabla 6 CLASIFICACION GEOELECTRICA EN LA ZONA DEL PUENTE PERSANI	108
Tabla 7 CLASIFICACION GEOELECTRICA EN LA ZONA DEL PUENTES TUMILAQUE.....	109
Tabla 8 CLASIFICACION GEOELECTRICA EN LA ZONA DEL CERRO PUCARA	110

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AASHTO: Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

ASTM: Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.

Cc: Índice de Compresibilidad.

EG-2013: Especificaciones Técnicas Generales de Carreteras.

EM-2000: Manual de Ensayo de Materiales.

EMP: Empalme.

IG: Índice de Grupo.

IC: Índice de Consistencia.

INGEMMET: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

MDS: Máxima Densidad Seca.

MTC: Ministerio de Transportes de Comunicaciones.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

CH: Arcilla Inorgánica de Alta Plasticidad.

CL: Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad.

GC: Grava Arcillosa.

GM: Grava Limosa.

GP: Grava Mal Gradada.

GW: Grava Bien Gradada.

LD: Lado Derecho.

LI: Lado Izquierdo.

ML: Limo Inorgánico de Baja Plasticidad.

SC: Arena Arcillosa.

SM: Arena Limosa.

SP: Arena Mal Gradada.

RMR: Calidad de macizo rocoso/Rock Mass Rating.

RQD: Índice de designación de la calidad de roca /Rock Quality Designation.

CBR: California Bearing ratio o Relación de Soporte de California

RESUMEN

El presente trabajo denominado Evaluación Geológica y Geotécnica de la Red Vial Departamental Ruta MO-103 Tramo Emp. 36B (Tixani) Pallatea–Pte. Coralaque– Chojata, Provincia Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, Región Moquegua”, Tramo de Construcción del km 56+850 al 75+860, en la que se proyecta la construcción de 19.01 kilómetros de carretera, cuyo punto inicial se encuentra en el puente Coralaque, este tramo se ha generalizado como sector en desarrollos continuos, debido a la presencia de topografía accidentada, así como se observa en el sector denominado Pucara (cerro con talud rocoso pronunciado), la zona no presenta áreas agrícolas productivas en los primeros kilómetros, estos terrenos entre otros tipos son generalmente volcánicos; el sector netamente productivo es en la zona de Pachas, llegando hasta el cerro Simbral siendo este último el punto final.

Tomando en cuenta las características detalladas del terreno de fundación se propone como objetivos el primero la evaluación geológica y geotécnica para determinar las características del terreno de fundación y de los materiales de préstamo y como segundo objetivo la determinación de los riesgos geológicos en el proyecto, La metodología propuesta permitió realizar el replanteo topográfico y el reconocimiento de la geología a lo largo de la vía. La recolección de muestras y posteriores ensayos de laboratorio de mecánica de suelos logró determinar que el terreno de fundación está conformado por un material apropiado ya que la capacidad de soporte CBR promedio es de 30.04 al 100%, con respecto a los materiales de préstamo se ubicaron 13 canteras a lo largo de la vía que cuentan con distintas características geotécnicas que serán utilizadas para las diferentes necesidades del proceso constructivo de la carretera.

El lugar más crítico para la construcción de la carretera se ubica en el sector del Cerro Pucara ubicado entre el km 62+200 al 63+900, el cual se caracteriza por tener formaciones rocosas de talud vertical donde se logró determinar las características geomecánicas del macizo rocoso y diseñar un sistema de estabilización óptimo para el talud. Se analizaron 347 puntos de muestreo que nos dan 07 estaciones. La clasificación RMR varía entre 38 y 44. Mediante el análisis de estabilidad se obtuvo un Factor de Seguridad de 1.23; también se determinó el Angulo de Fricción interno del macizo dándonos 31° , los que nos indican que son poco favorables. Se planteó como otra alternativa de solución, la construcción de un túnel que atravesase el Cerro Pucara debido a que es complicado aplicar las medidas de estabilización, debido a las condiciones del talud con pendientes muy elevadas (90m. aprox), caída eventual de rocas y espacio limitado para realizar estos trabajos

Se realizaron tomografías eléctricas en la zona del cerro Pucara lo que determino contrastes de resistividad definiendo así las formaciones rocosas competentes a 20m.y rocas fisuradas en los primeros 15m. En la zona.

Con respecto a la Estimación de Riesgos Geológicos y análisis realizado se tiene un grado de peligro de sismo de 40% y un 50.78% de vulnerabilidad, por lo cual se concluye: Riesgo Medio, de acuerdo al análisis realizado se tiene un grado de peligro de derrumbe o deslizamiento de 45% y un 61.74% de vulnerabilidad, por lo cual se concluye: Riesgo Alto y de acuerdo al análisis realizado se tiene un grado de peligro de Huayco de 73.33% y un 54.76% de vulnerabilidad, por lo cual se concluye: Riesgo Alto.

Palabras Clave: Geología, Geotecnia, Red Vial

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Las vías de comunicación entre poblados son fundamentales en el desarrollo de la población y aun mas cuando son vías o arterias importantes de una Región que originan un circuito de intercambio e interconexión de poblados, porque son obras cuya concepción, proyecto y ejecución obedecen a la necesidad de cubrir la demanda latente de llevar productos a otros mercados y además de proponer el desarrollo social del comercio y la producción, abaratando el costo de transporte y mejorando el nivel de vida de la población beneficiada en este caso la población de Pachas; además del logro de la integración eficiente de los pueblos y regiones del país en su conjunto.

En este sentido la construcción de la carretera del tramo del puente coralaque hasta la zona de simbral, Empalme a la Carretera Departamental Tramo Emp. 36 B, generará un intercambio comercial entre estos dos poblados y desarrollo económico y social de estos pobladores.

Actualmente no existe una vía directa que una el poblado de Pachas, así como también a los demás lugares adyacentes, tal es el caso de los lugares de

Pampa Blanca y Nueva Alianza. Razón por la cual se plantea este proyecto de construcción de la carretera a nivel de afirmado de una vía, de la componente construcción de la variante del proyecto con código SNIP 72407 “Mejoramiento y Rehabilitación de la Red Vial Departamental Ruta MO - 103 Tramo Emp. 36 B (Tixani) - Pallatea–Pte. Coralaque– Chojata, Provincia Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, Región Moquegua”.

El proyecto del tramo o componente de Construcción de la Carretera; Humajalso - Pachas - Chojata, Empalme a la carretera Departamental Tramo Emp. 36 B, en la progresiva 56+850 puente coralaque a la progresiva 75+860 zona de simbral.

Provincia Mariscal Nieto, Región Moquegua”, comprende una longitud de construcción 19+010 Km. de carretera por las laderas del cerro adyacente, conformado por material suelto, roca suelta y fija. La sección de la superficie de rodadura será de 4.50 m de ancho (incluido bermas de 0.50 m. a cada lado), con plazoletas de cruce cada 500 m, se ha proyectado la construcción de 02 pontones de concreto armado, además de obras de arte y drenaje menores en cantidades suficiente para garantizar el sistema de drenaje pluvial y así preservar la inversión que demandara dicho proyecto.

El tramo o componente de Construcciones de la carretera proyectada entre el Puente Coralaque - Pachas y Simbral, es objeto del presente estudio tomando en cuenta las características detalladas del terreno por donde se propone el trazo de la carretera y para una correcta evaluación geológica y geotécnica se plantea realizar los siguientes estudios que formaran parte de la evaluación:

Estudio de caracterización geomecánica del macizo rocoso e identificación del tipo de roca, el comportamiento de los parámetros geomecánicos e identificar las

zonas de alteración, tipo de juntas, rugosidad y estado de las discontinuidades para poder determinar la estabilidad del macizo rocoso el cual se encuentra ubicado entre las progresivas 62 + 660 a 62 + 990.

Estudio Geofísico donde:

- Se tiene proyectado la construcción de la carretera entre las progresivas 62+200 al km 63+900 (Cerro Pucara) mediante la interpretación de las secciones identificadas, y comportamientos estructurales dentro de la zona de estudio. Determinando contrastes de resistividad definiendo así las formaciones rocosas dentro de la zona.
- Se tiene proyectado la construcción de 02 puentes (el primero en el km 58+600 y el otro en el km 69+000) y lograr zonificar las anomalías de resistividad asociadas a la humedad en el suelo.

Estudio de Estimación de Riesgos Geológicos evaluando el peligro y la vulnerabilidad del tramo de construcción el cual nos permitirá determinar el riesgo y definir alternativas y/o recomendaciones de orden estructural y no estructural para prevenir y minimizar desastre alguno

Con estos estudios que son parte de la evaluación se pretende determinar las características geológicas y geotécnicas de la Red Vial Departamental ruta MO - 103 Tramo de Construcción del km 56+850 al 75+860", Provincia Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, Región Moquegua".

Se inserta íntegramente en el departamento de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, Distrito de Pachas. Los criterios usados en el desarrollo de la Ingeniería de Detalle, se basaron en los de acuerdo a las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras, Normas ACI (American Concrete Institute), Especificaciones

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials-Standard Specifications for Highway Bridges), Manual de Diseño de Puentes 2003.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es necesario realizar programas de prospección y exploración encaminadas a descubrir y evaluar los materiales, usando métodos geotécnicos, puesto que esta nos permitirá adoptar las medidas más adecuadas en la construcción de la carretera.

La construcción del tramo del km 56+850 al 75+860, cuyo principal objetivo cuantificable es la integración del C. P. de Pachas a la Red vial MO-103, el cual tendrá un impacto en los distintos servicios debido a que les toma menos tiempo movilizarse entre sus hogares y sus centros de trabajo. Se ha facilitado el acceso de otros sectores, como es el caso de salud, para trasladarse más fácilmente al centro poblado de Pachas.

Teniendo en consideración la problemática planteada se formula las siguientes interrogantes:

¿Cuáles son las características geotécnicas del terreno de fundación para la construcción de la carretera del km 56+850 al 75+860 (19.01 kilómetros)?

¿Cuáles son las características geomecánicas de los materiales de préstamo localizados en el proyecto?

¿Cuáles son los riesgos geológicos hallados en la construcción de la carretera entre las progresivas 56+850 al 75+860?

1.3. ANTECEDENTES

El presente proyecto materia de la investigación, por su naturaleza se enmarca dentro de los lineamientos de política sectorial del Gobierno Regional, ha sido priorizada en el Plan Vial Departamental Participativo del Gobierno Regional de Moquegua.

Asimismo, de acuerdo a la actualización del Clasificado de Rutas, aprobado por Decreto Supremo N° 028-2011-MTC, el proyecto para la “Mejoramiento y Rehabilitación de la Red Vial Departamental de la Ruta Emp. MO-103 Tramo Emp. 36B (Humajalso) - Tixani – Pallatea - Pte Coralaque - Chojata Provincia Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, Región Moquegua”, que forma parte de la ruta departamental N° MO-103.

A su vez tomamos como antecedentes de octubre de 2006, estamos seguros de que brinda información relevante sobre la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana-IIRSA y el controvertido mega-proyecto de la Carretera Interoceánica Sur. Para ello, el estudio recoge información sobre los aspectos económicos, sociales y ambientales del análisis de factibilidad de la Interoceánica Sur, la contrasta con el punto de vista de especialistas nacionales y actores de la Macro Región Sur, y permite conocer las expectativas de la población sobre una obra de gran envergadura como esta. Además, a modo de propuesta del desarrollo sostenible.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se justifica por la necesidad misma de realizar la evaluación geológica y geotécnica del tramo de Construcción del km 56+850 al 75+860, puesto que el mismo nos permitirá adoptar las medidas más

adecuadas en la construcción de la carretera, cuyo principal beneficio cuantificable es la integración del C. P. de Pachas a la Red vial MO-103.

Actualmente el ingreso hacia el sector de pachas se realiza a través de un acceso que empalma a la Ruta MO 103, cuya trocha no cumple con radios mínimos ni pendientes máximas, no tiene obras de arte como son las cunetas, badenes ni alcantarillas, lo cual se hace intransitable sobre todo en épocas de avenidas; la calzada es completamente defectuosa, constituyéndose a si un riesgo para el pase de vehículos. Lo que se pretende realizar es dotar de una adecuada transitabilidad a los pobladores de Pachas, realizándose la construcción de la carretera. A partir del km 56+750, hasta el km 75+920, en esta última progresiva, presenta zonas eriazas lugar denominado altarani, donde se pretende realizar una ampliación de frontera agrícola, a través de la construcción del canal Altarani, que captara aguas de la presa Chirimayuni, actualmente en ejecución.

1.5. HIPÓTESIS

La evaluación geológica y geotécnica del presente proyecto será determinante para adoptar las medidas más adecuadas para la construcción de la carretera de la Red Vial Departamental ruta MO - 103 Tramo de Construcción del km 56+850 al 75+860, Provincia Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, Región Moquegua.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de la presente evaluación es el de brindar suficiente información geológica y geotécnica donde se proyecta el trazo de la carretera de la Red Vial Departamental ruta MO - 103 Tramo de Construcción del km 56+850 al 75+860, Provincia Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, Región Moquegua, información que será empleada para el diseño del proyecto en la etapa de inversión y post inversión.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

La determinación de las características geológicas y geotécnicas del terreno de fundación entre las progresivas 56+850 al 75+860.

La determinación de las características geológicas y geotécnicas de los materiales de préstamo localizados del proyecto.

La determinación de los Riesgos Geológicos hallados en el proyecto evaluando el peligro y la vulnerabilidad entre las progresivas 56+850 al 75+860.

1.7. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

1.7.1. PRIMERA ETAPA:

1.7.1.1. RECOPIACIÓN DE FUENTES DE INFORMACIÓN EXISTENTE:

En esta etapa se revisaron y examinaron toda la información existente que pueda facilitar y tratarse del tema, tales como:

Se tomó como base de estudios la carta geológica del cuadrángulo INGEMMET.

Información de la tesis “evaluación geotécnica del terreno de fundación de las cimentaciones superficiales en las construcciones de la av. Costanera I y II etapa-Puno”

1.7.2. SEGUNDA ETAPA:

1.7.2.1. TRABAJOS DE CAMPO:

Los trabajos de campo consistirán:

En la toma de muestras y datos de los suelos mediante excavación de calicatas a cielo abierto. Las calicatas serán ejecutadas con un espaciamiento de 500 ml y a una profundidad mínima de 1.50 m. y hasta donde es posible la excavación manual en algunas calicatas, identificando los estratos y sus espesores.

Se ejecutaran ensayos "in situ" de Densidades de Campo, mediante el método del Cono de Arena.

Adicionalmente se realizaran calicatas en los taludes tanto superior como inferior con fines de complementar el estudio de suelos.

Seguidamente se realizara el mapeo geomecánico entre el km 62+200 al 63+900 (Cerro Pucara), el lugar más crítico para la construcción de la carretera que nos servirá para:

Determinación de las propiedades de resistencia y deformación de las diferentes unidades lito-estratigráficas asociadas al macizo rocoso.

Definición de las propiedades geométricas y mecánicas de los sistemas de discontinuidades menores.

Ubicación y descripción de las propiedades de las discontinuidades mayores.

Estimación de la resistencia in-situ del medio rocoso a partir de las propiedades de sus elementos constituyentes.

A su vez se realizaran tomografías geofísicas de acuerdo a las zonas que se encuentran determinadas estirando los cables de recepción de corriente y

colocando electrodos (Varillas de acero) a cada 10 metros, para la adquisición de datos primero se ubicaban los puntos con la ayuda de GPS seguidamente se procederá a conectarlos cables a un electrodo que se colocaron en cada punto a cada 10 metros.

Una vez establecida las líneas con los puntos y cables se procederá a realizar las medidas de resistividad con la emisión de corriente con un Equipo de Transmisor IPTX 5000 watts Innova y las lecturas se registraban en un equipo Receptor RX 8-32 GDD instrumentos, ya almacenada la información se transfería estos datos a un computador y usando los software adecuados se procederá a realizar las secciones preliminares.

Se realizara el recorrido del tramo km 56+850 al 75+860, verificando las zonas de riesgo, se tomara en cuenta los todos estudios anterior mente realizados.

1.7.3. TERCERA ETAPA:

1.7.3.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar las características físicas mecánicas de las calicatas investigadas, se realizaron con las muestras disturbadas e inalteradas, los ensayos estándares normalizados siguientes:

A) Ensayos estándar

- Granulometría por Tamizado MTC E 110 (ASTM - D 422)
- Humedad Natural MTC E-108 ASTM - D 2216)
- Límite Plástico MTC E 111 (ASTM-D-424)
- Límite Líquido MTC E 110 (ASTM – D 423)
- Determinación Humedad-Densidad (P. Modificado) MTC E 115 (ASTM D-1557)
- Densidad de Campo MTC E 117 (ASTM-D-1556)
- Peso específico y absorción (Grava) MTC E 206 (ASTM-C-127)
- Peso específico y absorción (Fino) MTC E 205 (ASTM-C-128)
- Clasificación SUCS ASTM - D 2487
- Clasificación AASHTO ASTM – D 3282

B) Ensayos especiales

- (CBR) Método del Cuerpo de Ingenieros MTC E 132 (ASTM-D-1883)
- Ensayo de Corte Directo (ASTM D-3080)

C) Para la determinación de las características geomecánicas del macizo rocoso

- Ubicación y descripción de las propiedades de las discontinuidades mayores.
- Determinación del estado de esfuerzos in-situ en el área de operaciones.

1.7.4. CUARTA ETAPA:

1.7.4.1. TRABAJOS DE GABINETE

De acuerdo a los datos obtenidos de los ensayos obtenidos en laboratorio y en campo se realiza su interpretación y la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), respectivamente definiendo las características geotécnicas tanto del terreno de fundación por donde se proyecta la vía y de las canteras proyectadas a través de calicatas tal como indica en las Especificaciones Técnicas Generales EG-2015.

De igual manera se define la formulación del modelo geomecánico en el presente estudio el cual representara la simplificación y racionalización de los datos generados en la caracterización del sitio para los análisis de diseño. El objetivo es tomar en cuenta los principales características geomecánicas que serán considerados técnicas se han elaborado las columnas estratigráficas de las calicatas apertura das, los cuales se adjuntan y describen en detalle en el presente Informe Técnico.

1.7.4.2. INFORME FINAL

Con la información tomada en campo y los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, durante el proceso de investigación, se realiza el análisis de los resultados y cálculos de diseño obtenidos.

Esta a su vez se plasma en la redacción del presente trabajo denominado Evaluación Geológica y Geotécnica de la Red Vial Departamental Ruta MO-103 Tramo Emp. 36B (Tixani) Pallatea–Pte. Coralaque– Chojata, Provincia Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, Región Moquegua”, Tramo de Construcción del km 56+850 al 75+860,

1.7.4.3. INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Se utilizaron los siguientes instrumentos: GPS, Brújula, Martillo de Geologo, Wincha, Combo, Cincel, Bolsas de muestra, Libreta de Campo, Laboratorio de suelos, Equipo de sondaje eléctrico vertical (SEV), entre otros.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. GEOLOGIA

Mediante la disciplina de la geología se determina que se presentó varios escenarios de intensos eventos geológicos de diferentes magnitudes, principalmente por movimientos orogénicos y epirogénicos y que han dado origen a estructuras de diversa magnitud, tales como los fallamientos y plegamientos, cuyo rumbo es más o menos paralelos a la cordillera de los andes.

El objetivo de esta parte del estudio es brindar la información geológica de los tramos rocosos del terreno, donde se proyectará el trazo de la vía; información que será empleada para el proyecto en la etapa de inversión y pos inversión, es decir en la etapa del mantenimiento de la carretera de 3er Orden.

Los principales objetivos son:

Identificar y evaluar las formaciones geológicas in-situ utilizando como base el cartografiado geomorfológico, litológico y estructural del INGEMMET.

Identificar y evaluar los puntos críticos del trazo de carretera que pueden ser afectados por procesos geodinámicos externos comunes, asociados con inestabilidad del tipo de material geológico expuesto en pendientes y causada

por procesos hidrológicos, meteorológicos, erosivos, tectónicos o sísmicos.

Prevenir y mitigar probables accidentes o desastres.

2.2. GEOLOGIA REGIONAL

El área de estudio se encuentra ubicado en la parte Occidental de la Cordillera de los Andes, siendo una superficie heterogénea y un tanto accidentada, hallándose sus desniveles comprendidos entre los 2200 m.s.n.m. (parte más baja de la quebrada), y los 4418 m.s.n.m. (parte alta del Cerro Pucara).

La zona de estudio presenta unidades geomorfológicas bien diferenciadas, las cuales son: Estribaciones de los Andes Occidentales, Arco del Barroso, el Altiplano y el Valle del Río Coralaque.

2.2.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Se han distinguido las siguientes unidades litoestratigráficas: Volcánico Matalaque, Formación Pichu, Grupo Maure, volcánico Llallahui, Volcánico Barroso y depósitos cuaternarios (Ver plano GR-01).

2.2.1.1. VOLCÁNICO MATALAQUE (KM-VMA)

Corresponde a una secuencia de rocas volcánicas constituidas por derrames andesíticos, dacíticos y traquíticos, de color gris verdoso a marrón claro, con algunas intercalaciones de brechas de flujo y escasos sedimentos arenosos abigarrados.

La secuencia litológica en la zona es la siguiente: la base está constituida por derrames andesíticos densos de color gris verdoso con pasta afanítica, en la que destacan cristales de hornblenda alineados paralelamente al contacto; hacia el tope continúan lavas pardo-rojizas de naturaleza volcánica que alcanzan hasta 16 cm. de diámetro, con predominio de clastos de 3 a 4 cm. distribuidos en matriz

areno-tobacea. En los extremos más gruesos llegan hasta 80 cm. el aglomerado es de carácter lenticular y grada a un paquete de areniscas de coloración verdosa con intercalaciones de derrames andesíticos de igual coloración. Estos derrames se caracterizan por presentar un alto porcentaje de epídota, en tanto que las areniscas se hallan poco consolidadas y tienen grano grueso a medio que se hace más fino hacia los niveles superiores.

Lamentablemente no se ha encontrado elementos paleontológicos en los escasos sedimentos que se intercalan en esta unidad. Sin embargo, el hecho de suprayacer a la Formación Omate cuya edad llega al Albiano, e infrayacer a las calizas del Cretáceo superior-Terciario inferior, su edad quedaría comprendida dentro de dichos límites, y teniendo en cuenta la discordancia angular reconocida en el techo de la formación, es posible asignarle tentativamente una edad Maestrichtiano-Campaniano.

2.2.1.2. GRUPO PUNO

A) Formación Pichu (P-pi)

Esta unidad está representada por conglomerados y brechas de color verde violáceo, intercaladas con areniscas conglomerádicas con matriz tufácea, de colores predominantes verde a crema - amarillentas. (García, 1978).

Esta formación es típicamente continental, muestra grandes variaciones laterales. Su depositación se habría originado por una rápida erosión y transporte de material de las zonas más altas.

Estratigráficamente suprayace en discordancia angular al Volcánico Matalaque, e infrayace al Volcánico Tacaza.

2.2.1.3. GRUPO MAURE (NM-MA)

Aflora en gran parte del trazo de carretera, muestran una topografía suave y una estratificación delgada cuya coloración es blanquecina a amarillenta. Litológicamente está constituida por depósitos lacustres (calizas, areniscas y tobas retrabajados) interestratificados con piroclastos (tobas, lapilli y coladas de basaltos). (Mendivil, 1963).

2.2.1.4. GRUPO TACAZA (TMS-TA)

Las rocas que conforman este grupo son de amplia distribución en el sur del Perú. Regionalmente aflora la siguiente unidad:

A) Volcánico Llallahui (Tms -VII)

Este volcánico constituye partes altas y rellenando topografías suaves, presenta una coloración rojiza con algunas franjas blanquecinas que corresponden a bancos de tobas blancos.

Y hace en discordancia erosional sobre la formación Pichu. Está compuesta por coladas de andesitas, tobas de grano fino a brechoides y algunas riolitas, con potencias que van de 30 cm a 20 m.

Su edad es inferido solo por su posición estratigráfica de edad aproximada del Terciario medio a superior.

2.2.1.5. GRUPO BARROSO (TQ-VBA)

Se encuentra distribuido en el área Noroeste y sureste del cuadrángulo de Omate, conformando el volcán Huaynaputina, Cerro el Volcán, Cerro Lomo. Consiste en una intercalación de lavas densas de composición andesítica, traquítica vesicular y brechas volcánicas. Generalmente estos volcánicos se

encuentran en cotas que sobrepasan los 4000 m.s.n.m. siguiendo la dirección andina.

A) Volcánico Barroso (TQ -vba)

Geomorfológicamente forman estructuras dómicas alargadas las cuales se encuentran erosionadas por la acción glacial y meteórica. El origen se relaciona a flujos emanados por volcanes de erupción de tipo central, depositados en un ambiente subaéreo (Bellido, 1979) incrementándose el espesor a medida que uno avanza hacia la cordillera, siendo su grosor estimado de 600 – 800 metros.

Se encuentran varias etapas de desarrollo, conformando derrames lávicos de composición andesítica, los derrames dacíticos están circunscritos generalmente a conos de volcán y una secuencia de derrames lávicos de tipo andesítico. Esta secuencia volcánica constituida por intercalaciones de bancos de tobas y lavas, con algunas intercalaciones de brechas lenticulares. Este volcánico esta parcialmente cubierto por los depósitos morrénicos de la glaciación Pleistocénica.

2.2.1.6. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

A) Deposito Aluvial (Qr-al)

Estos depósitos son de amplia distribución a nivel regional. Son depósitos recientes, los materiales han sido arrastrados y transportados por el agua a poca distancia de su lugar de origen. Se encuentran poco consolidados y sus elementos no tienen ninguna selección; se trata de una mezcla heterogénea de rocas de diferentes tamaño y forma angulosa a sub redondeado en una matriz arena-limosa.

B) Deposito Coluvial (Qr-co)

Estos depósitos son recientes de materiales clásticos, se han formado por meteorización e intemperismo de las rocas subyacentes, son mantos de suelo en ladera de transporte lento por gravedad. Cuyos elementos no tienen ninguna selección, está conformada por una masa heterogénea de rocas de diferentes tamaños de formas angulosas en una matriz arena- limosa

C) Flujos de Barro (Q-fb)

Corresponde a una secuencia de rocas de composición polimictica, principalmente por andesitas de color gris verdoso o gris claro. Con intercalación de tobas y lavas de composición traquítica y andesítica. Lo conforma principalmente fragmentos de tobas blandos y guijarros de rocas de diferentes tamaños, sostenidos en una matriz areno tobacea. No presenta estratificación, los fragmentos de roca pueden llegar a medir 0.50 m. de diámetro, alcanzando esporádicamente decenas de metros de potencia.

2.3. GEOTECNIA

Es la ciencia dedicada a la investigación, estudio y solución de problemas relacionados con las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles que surgen como resultado de la interacción entre la geología, las otras y actividades del hombre, así como la predicción y desarrollo de medidas para la prevención o remediación de peligros geológicos.

La geotécnica podríamos definir como una ciencia que se ocupa del conocimiento, estudio de las características y comportamiento del terreno, (suelos y rocas) relacionados con su aplicación práctica de los productos de construcción de obras civiles y mineras.

Según Martínez, A (1990), la Geotécnica es la ciencia y la práctica de aquella parte de la ingeniería civil que involucra la interrelación del medio ambiente, geológico y los trabajos del hombre.

2.3.1. MECANICA DE SUELOS

Es la ciencia que estudia las propiedades físicas de los suelos y su comportamiento ante los diferentes tipos de esfuerzos. Es una ciencia muy útil en Ingeniería Civil (puentes, carreteras, edificios, etc.) y otras ingenierías afines.

Según Terzaghi (en Juárez, B. E. & Rico, R. A. 1996), la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica. La mecánica de suelos incluye:

- a) Teorías sobre el comportamiento de los suelos sujeto a cargas, basado en simplificaciones necesarias dado el estado actual de la teoría.
- b) Investigación de las propiedades físicas de los suelos.
- c) Aplicación del conocimiento teórico y empírico de los problemas prácticos.

En la mecánica de suelos es importante el tratamiento de las muestras inalteradas y alteradas. La mecánica de suelos desarrolló los sistemas de clasificación de suelos según el color, olor, texturas, distribución de tamaños, plasticidad. El muestreo y la clasificación de los suelos son dos requisitos previos indispensables para la aplicación de la mecánica de suelos a los problemas de diseño.

Terzaghi en 1925, presenta en Viena el tratado ERDBAUMECHANIK que hace de la Mecánica de Suelos una rama autónoma de la Ingeniería. El científico de Praga, Karl Terzaghi, es el padre de la Mecánica de Suelos. La mecánica de suelos es la rama de la geotecnia que se ocupa del comportamiento de los suelos bajo la acción de las cargas.

2.3.2. MECANICA DE ROCAS

Desde el punto de vista de aplicación a los problemas prácticos de ingeniería, la mecánica de rocas está relacionada con la aplicación de los principios de la mecánica ingenieril al diseño de estructuras rocosas. La estructura en este caso estará constituida por la masa rocosa en la que, por efecto de haber practicado en la misma una excavación o cortes de taludes en macizo rocoso, se ha producido un cambio de esfuerzos con respecto a su situación original, lo que trae como consecuencia la necesidad de garantizar la estabilidad de toda la zona de trabajo.

La experiencia ha demostrado que la estabilidad de una excavación rocosa depende de los esfuerzos de campo pre-existentes, de la forma, orientación y dimensiones de la excavación, la estructura de talud y calidad del macizo rocoso. Obviamente, estos conceptos indican claramente que la mecánica de rocas está relacionada a la línea principal de la mecánica clásica y a la mecánica continua, pero varios factores específicos la identifican como un campo de la ingeniería distinta y coherente.

De los conceptos dados, una definición ampliamente aceptada es aquella ofrecida inicialmente por U.S. National Committee on Rock Mechanics en 1964 y luego modificada en 1974:”La mecánica de rocas es la ciencia teórica y aplicada del comportamiento mecánico de la roca y de los macizos rocosos; esto

es, aquella rama de la mecánica que trata con la respuesta de la roca y de los macizos rocosos al campo de fuerzas de su entorno físico”....

Desde que esta es una disciplina distinta y coherente, su aplicación práctica efectiva demanda su integración filosófica con otras áreas que tratan con la respuesta mecánica de todos los materiales geológicos, todo esto en conjunto es lo que se denomina la Geomecánica. Luego, la mecánica de rocas vendrá acompañada principalmente por la geología estructural, la hidrogeología y la geofísica; juntos conforman la base conceptual y verdadera, a partir de la cual se puede desarrollar procedimientos para la predicción y control del comportamiento de estructuras rocosas. Se debe tener presente que a pesar de tener algunos principios básicos comunes, existe marcada diferencia entre la mecánica de rocas y la mecánica de suelos, por lo que estas deben ser consideradas como disciplinas complementarias más que mutuamente inclusivas.

Tal como se conceptualiza hoy en día, la mecánica de rocas tiene fundamental importancia principalmente en la ingeniería minera, que es el tema a donde va dirigida esta investigación, y en la ingeniería civil; particularmente constituye la base de la ingeniería geomecánica y minera, puesto que ésta a diferencia de la ingeniería civil, tiene sus propias peculiaridades, guiadas por el concepto de “vida de operación de las estructuras”, junto con el beneficio económico de dicha operación con márgenes ajustados de seguridad, lo cual crea problemas de diseño y desarrollo de las jornadas de faena.

Las grandes inversiones que acompañan a estos proyectos requieren de una mayor certeza en el rendimiento satisfactorio de la masa rocosa a largo plazo y

de técnicas más formales y rigurosas en el planeamiento, diseño y operación de los caminos, túneles y minas.

Geomecánica - Seguridad - Economía

En la industria tunelera, vial y minera, la geomecánica tradicionalmente ha sido considerada como un asunto ligado primordialmente a la seguridad. Actualmente, además de la seguridad, hay un reconocimiento creciente sobre su impacto en los aspectos económicos de las operaciones de estas industrias. Por estas razones está habiendo importantes progresos en integrar esta herramienta tecnológica dentro del proceso cotidiano de toma de decisiones en las operaciones.

La geomecánica ligada a la seguridad, significa reducir el número y frecuencia de caídas de rocas y así evitar o minimizar los daños al personal y a los equipos. Este es un tema sumamente importante en el Perú por las estadísticas de accidente fatales ocurridos en las carreteras, túneles y minas, lo cual ha motivado en la última década que todos los organismos vinculados con la geomecánica y la minería lleven a cabo acciones para combatir estas fatalidades.

El impacto de la geomecánica sobre los aspectos económicos, podemos cuantificarlo con los siguientes ejemplos:

Reducción en los costos de rehabilitación de áreas inestables.

Ahorro potencial por la no interrupción de la circulación y producción a causa de los problemas de inestabilidad.

Ahorros por la dedicación del personal en otras tareas en lugar de dedicarse a la rehabilitación de áreas inestables.

Altos estándares de seguridad por adecuados diseños geomecánicos.

Reducción de costos por el trabajo masivo de grandes aberturas y movimiento de gran tonelaje.

La geomecánica ayuda optimizar operaciones a distinto nivel.

2.3.3. GEOFISICA

La prospección geofísica mediante sondajes eléctrico verticales SEV determina las propiedades físicas y espesores de las diferentes capas de los estratos rocosos y subsuelos, relacionando estos resultados con la geología y sus componentes como la estratigrafía, geomorfología, sedimentología, etc., nos conducen a resultados indirectos plasmados en la el macizo rocoso, donde el flujo de una corriente eléctrica a que pasa através de las rocas o los sedimentos, se explica mediante la Ley de Ohm que establece que la caída de potencial ΔV entre 2 puntos por los que circula una corriente eléctrica de intensidad I , es proporcional a ésta y a la resistencia R que ofrece el medio al pasar la corriente. Estos métodos son de corriente continua y están dominados por la ley de Ohm.

Una vez que se obtiene el valor de I y ΔV , inyectando corriente en el subsuelo y midiendo su diferencia de potencial, la resistividad aparente se calcula la mediante la relación:

Donde K se denomina constante geométrica, porque depende directamente de la geometría del dispositivo empleado para inyectar y medir la corriente y tiene las dimensiones de una distancia.

El Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) permite obtener información en una dimensión del terreno mediante la aplicación de pulsos de corriente directa como estímulo y obtener al mismo tiempo el registro de la diferencia de potencial

generada por el terreno a modo de respuesta. Este método permite caracterizar el subsuelo, detectar capas subterráneas, definir el estado del basamento rocoso, conocer la distribución geológica de las rocas, determinar fallas y fracturas, etc. Un SEV puede realizarse sobre cualquier combinación de formaciones geológicas,

Resultando la prospección geofísica como parte de las investigaciones geológicas es fundamental con el fin de conocer las características del macizo rocoso en este caso, tanto de su naturaleza como de su estructura, es decir, se determinan las propiedades físicas de los diferentes estratos, así como sus respectivas potencias.

CAPITULO III

CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE TRABAJO

3.1. GENERALIDADES

En el presente trabajo de evaluación geológica y geotécnica corresponde a la Red Vial Departamental ruta MO - 103 tramo Emp. 36 B (Tixani) - Pallatea–Pte. Coralaque– Chojata, Provincia Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, Región Moquegua”, Tramo de Construcción del km 56+850 al 75+860, en el que sea realizado estudios detallados del tramo de la carretera, identificándose las formaciones geológicas y litológicas existentes así como también rasgos estructurales y geodinámicos predominantes en la zona del proyecto.

La variedad litológica y las características geotécnicas de los materiales del terreno de fundación y zonas de préstamo; a su vez han realizado un mapeo geomecánico y un estudio geofísico, lo que posibilita tener un conocimiento amplio de la geología y geotecnia del tramo.

3.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El área de estudio se encuentra ubicada políticamente en la Región Moquegua en la provincia General Sánchez. La zona se encuentra comprendida entre los meridianos 70°30' y 70°46' de Longitud Oeste y paralelos 16°00' y 16°45' de

Latitud Sur, aproximadamente entre las siguientes Coordenadas UTM (Zona 19S, WGS 84):

Localidad : Pachas
 Distrito : Chojata
 Provincia : General Sánchez Cerro
 Región : Moquegua

3.3. ACCESO AL AREA DEL PROYECTO

El acceso directo a la zona del proyecto se efectúa por la ruta terrestre binacional PE-36^a asfaltada, Moquegua – Torata – Humajalzo - Titire con recorrido de 110.00 Km, seguidamente se desvía por la altura túnel jachacuesta, hacia la izquierda, con destino al volcán tixani por una trocha existente hasta el Km. 14.00. Para luego voltear hacia la derecha para continuar con destino al Puente Coralque - Pachas - Chojata con una longitud aproximada de 90 kilómetros de trocha hasta el Distrito de Chojata.

Para llegar a la zona del proyecto desde la ciudad de Lima se toma la carretera Panamericana Sur hasta la ciudad de Moquegua y luego la carretera inter oceánica con dirección Puno después de unos kilómetros de toma un desvío en dirección Norte al Poblado de Santiago de Pachas.

Ruta	Tiempo	Estado
Lima Proyecto		
Lima- Moquegua	19 horas	Carretera Asfaltada
Moquegua-Pachas	04 horas	Carretera Asfaltada y afirmada

Cuadro 1 UBICACION DE PROYECTO EVALUADO

3.4. GEOLOGIA LOCAL

3.4.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades que afloran en la zona de estudio son las siguientes: volcánico Matalaque, formación Pichu, ignimbrita Tiquillane, Grupo Maure, volcánico Llallahui, volcánico Barroso, depósito Lacustrino, depósito Morrénico, depósito Aluvial, depósito Piroclástico, depósito Coluvial, depósito Antrópico, para mayor ilustración. (Ver planos Geológicos locales)

3.4.1.1. VOLCÁNICO MATALAQUE (KM-VMA)

Este volcánico aflora en el río Coralaque, aguas arriba en Pachas desde el cerro Sombrerune hasta el puente Coralaque, se observa una roca maciza bastante competente, de derrames andesíticos, y dacíticos, con algunas intercalaciones de brechas de flujo y escasos sedimentos arenosos abigarrados.

Litológicamente está constituida por derrames andesíticos, densos, de color gris verdoso, con pasta afanítica, en la que destacan cristales de hornblenda; hacia la base, hacia el techo siguen lavas pardo-rojizas de naturaleza dacítica, que pasan a un aglomerado de color rojizo a chocolate, con venillas de calcita y, aglomerados gruesos con clastos distribuidos en una matriz arena tobacea.

En las progresivas: 56+850-57+150; 57+400-58+600; 59+200-59+400; 59+500, 59+700; 62+100-62+400; 62+400-62+550.

Esta formación infrayace al volcánico Toquepala del Cretáceo superior.



Imagen 1 AFLORAMIENTO DEL VOLCANICO MATALAQUE EN EL CERRO PUCARA

3.4.1.2. FORMACIÓN PICHU (TI-PI)

Esta Formación está constituida por conglomerados y brechas de color verde amarillento a rojizas, intercalados por escasas areniscas conglomerádicas con matriz tobacea, de colores predominantemente verde amarillento a rojizo. Andesitas basálticas y aglomerados violaceos a gris verdosa.

Aflora en la progresivas Km: 59+300-63+700; 64+750-65+250; 68+650-68+900; también en las zonas de Cuchumbaya, Calacoa, Río Putina, etc. Los conglomerados y brechas están compuestos por elementos de naturaleza volcánica de composición andesítica, los clastos son sub redondeados de tamaño variable de hasta 50cm. de diámetro con predominio de clastos de 4 a 8 cm., que se encuentran sostenidos en una matriz areno tobacea de grano medio a fino.



Imagen 2 AFLORAMIENTO DE LA FORMACION PICHU

3.4.1.3. GRUPO MAURE (NM-MA)

Litológicamente está constituido por dos unidades.

Una inferior con limoarcillitas, areniscas Conglomerados y calizas. Las areniscas son de grano medio, color gris pardo-amarillento a rosado y fácilmente deleznales. Las areniscas conglomerádicas tienen coloración grisácea y matriz tobacea. Y la superior conformada por tobas de composición riolíticas, a riodacitas, presentan una coloración amarillenta a crema, tienen poca consistencia y abundantes inclusiones de pómez y otras rocas e intercalaciones de lechos de arcillas blanquecinas. Los conglomerados tienen esencialmente clastos de cuarcitas y andesitas.

Aflora en las progresivas: 59+400-59+450; 62+550-62+650.



Imagen 3 AFLORAMIENTO DE ROCAS DEL GRUPO MAURE

3.4.1.4. VOLCÁNICO TACAZA (TIM-TA)

A) Volcánico Llallahui (Tms -vii)

En el valle de Chojata, aflora unas rocas volcánicas pertenecientes al volcánico Tacaza, coronando cerros, se caracteriza por poseer coladas de andesitas y tobas brechoides de cristales de matriz afanítica blanquecinas.

Aflora en las progresivas: 59+450-59+500; 61+200-61+750; 75+300-75+450.

Litológicamente está constituido por lavas andesíticas porfírica de color gris pardas grisáceo, con una textura porfírica y disyunción en lajas. Las lavas se encuentran formando bancos gruesos de escarpas.



Imagen 4 AFLORAMIENTO DE ROCAS DEL VOLCANICO LLALLAHUI

3.4.1.5. VOLCÁNICO BARROSO (TQ -VBA)

Está conformado por lavas de composición dacítica con biotita y augita. La biotita se presenta en hojas subhedrales, la augita forma fenocristales de hiperstena como núcleo. Y como accesorios la hornblenda es un mineral accesorio y los fenocristales de cuarzo son muy raros.

Aflora en las progresivas: 73+300-73+800.



Imagen 5 AFLORAMIENTO DE ROCAS DEL VOLCANICO BARROSO

3.4.1.6. DEPOSITO MORRENICO (QPL-MO)

Este material está asociado a eventos glaciares del cuaternario. Está conformado por una arena gravosa de color gris claro, densa, deleznable, regularmente graduada, presenta cantos rodados, fragmentos subredondeados, de composición traquítica y andesítica, en una matriz areno limosa.



Imagen 6 DEPOSITOS MORRENICOS

3.4.1.7. DEPÓSITOS ALUVIALES (QR-AL)

Este tipo de depósitos los encontramos ampliamente distribuidos a nivel regional. Son depósitos recientes cuyos materiales han sido arrastrados y transportados por el agua a poca distancia de su lugar de origen. Son materiales que se encuentran poco consolidados, careciendo de selección; es una mezcla heterogénea o polimíctica de rocas de diferentes naturalezas y tamaños, consiste en acumulación caótica de rocas angulosas a subangulosas sostenidos en una matriz arena-limosa. Se les encuentra generalmente en zonas de quebradas, fondos de valle y lechos de ríos.



Imagen 7 QUEBRADA PERSANI DONDE SE CONSTRUIRA EL PUENTE

3.4.1.8. DEPÓSITOS COLUVIALES (QR-CO)

Son materiales acumulados en la pendiente de los cerros y transportados por acción de la gravedad. Estos depósitos se exponen en casi todo el trazo de la construcción de la carretera; están conformados por rocas de diferentes tamaños de formas angulosas a subangulosas, sostenidos en una matriz areno tobacea, como producto del fracturamiento de las rocas volcánicas.

Estos depósitos inconsolidados ocupan áreas de regular extensión con potencias que varían de centímetros a metros, que en algunos casos vienen a constituir cierto riesgo de peligro por la acumulación del material en la vía en construcción.

3.4.1.9. DEPOSITO ANTRÓPICO (QR-H)

Se denomina a suelo trabajado por el hombre en su actividad agrícola. En el proyecto encontramos en los alrededores del pueblo de Pachas y Chojata. Se describe como una arenolimsa o una arenarcillosa de color beige, mal graduada, poco plástica, no presenta estratificación.

3.4.1.10. DEPOSITO BOFEDAL (QR-BO)

Se denomina a material conformado por limos, arenas sobresaturadas por agua.

3.4.1.11. DEPOSITO LACUSTRINO (QR-LA)

Encontramos aguas arriba de la localidad de Pachas, margen derecha del río Coralaque, hay un depósito lacustrino tobáceo, presenta estratificación en gruesas capas que fueron afectadas por el temporal de cada estación formando barbes. Este material, tuvo su origen como consecuencia de la carga transportada por una quebrada tributaria del río Coralaque, durante un evento volcánico piroclástico, el cual causo el embalsamiento del río aguas abajo.

3.4.1.12. DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS HOLOCÉNICOS (QH-TI/PI)

Están conformados por flujos piroclásticos, cenizas volcánicas, lapilli, pumitas y pómez flotada, en una matriz areno tobacea. Afloran en Km: 00+000 - 16+400.

3.5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

3.5.1. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

El área de estudio estructuralmente ha sido afectada por numerosas deformaciones, causando zonas de intenso diaclasamiento, fracturamiento y fallamiento, así también se han determinado lineamientos de carácter estructural regional, en imágenes satelitales con lineamientos cuyas direcciones predominantes son NNW - SSE, estas son paralelas a la línea de la costa peruana, el flanco oeste de los Andes. Estas estructuras son la más antiguas datan del paleoceno, relacionadas a la tectónica Hercínica. Además existen lineamientos estructurales de dirección NE-SW y E-W, son estructuras más jóvenes, datan del Eoceno, Plioceno, Pleistoceno. (Ver Gráfico N° 1 y Figura N° 03).



Imagen

TOMA DE DATOS DEL MACISO ROCOSO CERRO PUCARA

8

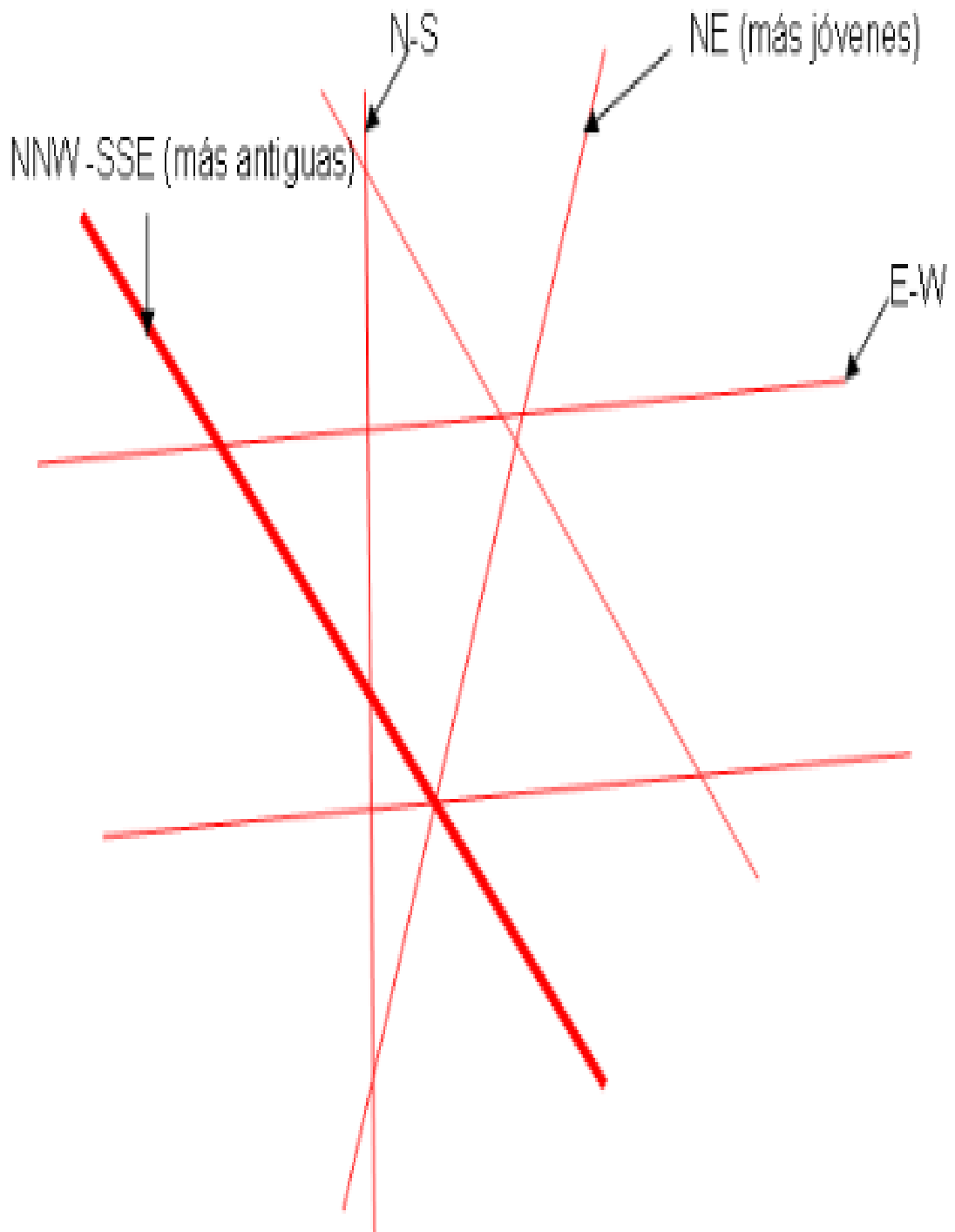


Grafico 1 ORIENTACION DE FALLAS EXISTENTES

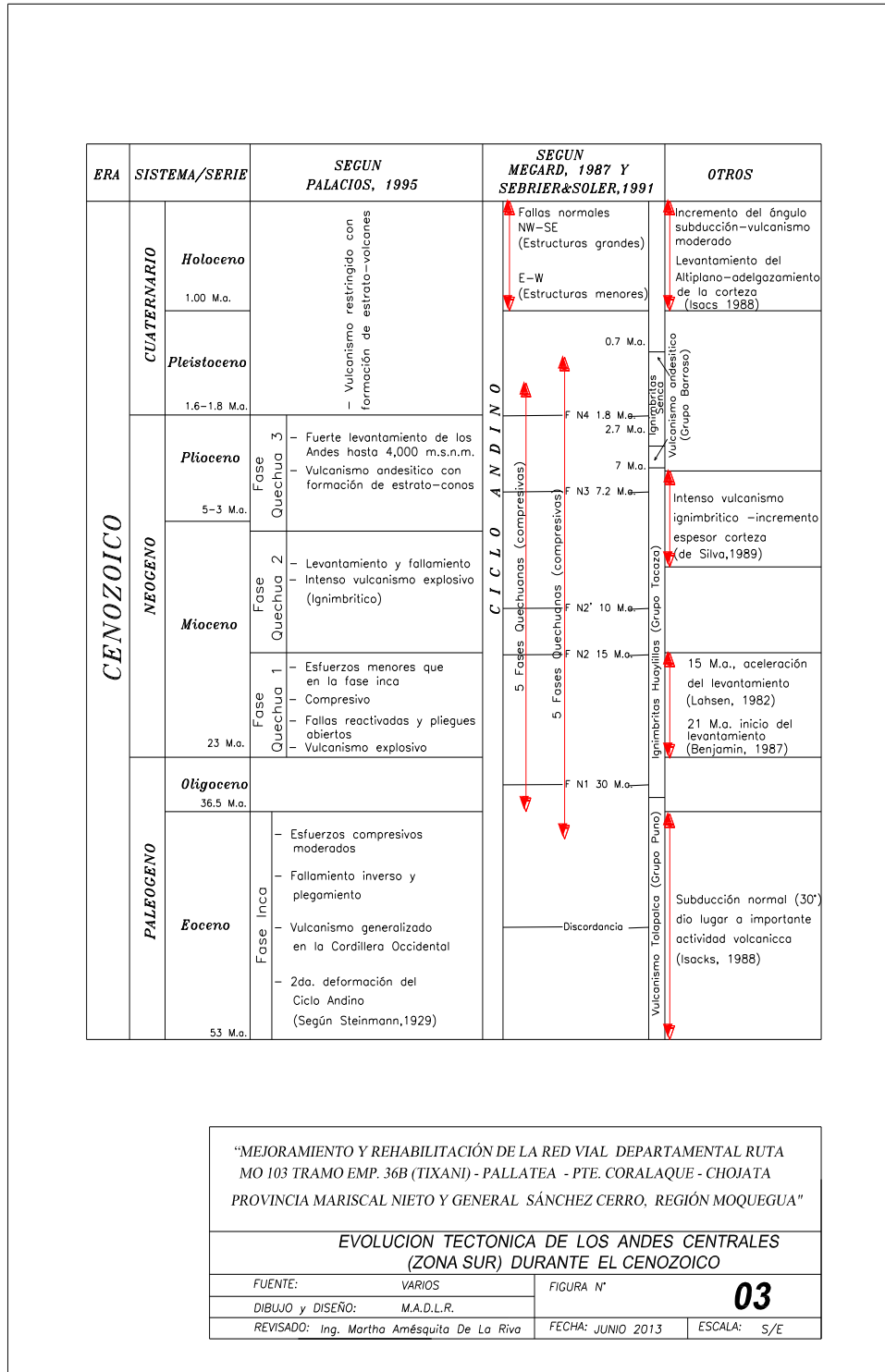


Tabla 1 EVOLUCION TECTONICA DE LOS ANDES CENTRALES (ZONA SUR) DURANTE EL CENOZOICO

3.5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

La falla de Incapuquio es el corredor principal de los yacimientos, tiene dirección NNW-SSE, es la más antigua se extiende por todo el territorio, donde se observa que tiene varios segmentos que a veces toman la forma de lazos sigmoideos; así como también split, llegando hasta el norte de Chile, hasta la altura de la deflexión de Arica (Fosa). Esta falla es reconocida desde el cuadrángulo de Palca hasta las inmediaciones de la ciudad de Moquegua, con una longitud aproximada de 140 Km. y llegando a tener 1 Km. de ancho, está compuesta por rocas trituradas y alteradas. Tiene un rumbo que varía entre N 50° y 70° W, paralela a la Cordillera Occidental siendo el sentido del desplazamiento muy complejo. El movimiento de esta falla habría ocurrido en la Fase Incapuquio que tuvo lugar en el Oligoceno Superior (29 a 25 m.a.).

La zona de estudio presenta evidencias tectónicas muy recientes que están relacionadas con el volcán Ubinas que se ubica al norte de la zona de estudio y el volcán Ticsani, ubicado al Sureste.

En el año 2005, se activó la gran falla Calacoa, la que se prolonga hasta el Centro Poblado de San Cristóbal, al reactivarse esta falla provocó sismos constantes de regular intensidad, durante varios meses se sintieron en los distritos de Carumas, Cuchumbaya y San Cristóbal. Estas actividades tectónicas afectaron a las rocas, provocando caída de materiales de los taludes empinados hacia el tramo de carretera. De los mapas de aceleración, se tiene que las aceleraciones máximas en superficie serán de 0.22g para un periodo de recurrencia de 50 años.

En la zona de estudio se observan fallas locales así tenemos: una falla de rumbo en la progresiva Km.55+000 - 55+400, antes de llegar al puente Coralaque, presenta un rumbo entre N35E – N50E, y buzamientos entre 10SE - 21SE, se

observa un salto de falla de 20 m. ha alterado y fracturado a la roca andesita del volcánico Matalaque, haciéndola vulnerable a deslizamientos. Esta falla local es transversal al trazo de carretera.

Otra falla encontramos en el puente Coralaque afectando a andesitas del volcánico Matalaque, la falla presenta un rumbo promedio de N65E, y buzamientos de 15SE, 17SE, 19SE, 20SE. Esta falla local es transversal al trazo de carretera.

Otras fallas encontramos en la quebrada Persani y la progresiva Km. 58+600 afectando a andesitas del volcánico Matalaque, la falla presenta un rumbo promedio de N45E, y buzamiento de 30SE. Esta falla local es transversal al trazo de carretera.



Imagen 9 SE OBSERVA FALLA TRANSVERSAL AL TRAZO

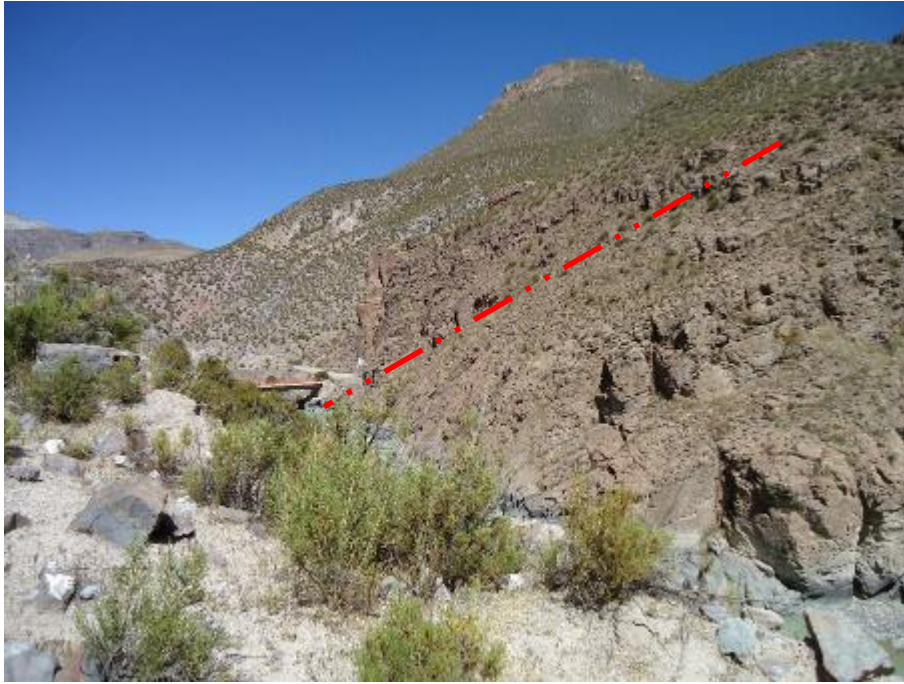


Imagen 10 SE APRECIA FALLA TRANSVERSAL AL TRAZO EN EL PUENTE CORALAUQUE

3.6. GEODINAMICA

3.6.1. GEODINAMICA EXTERNA EN EL AREA DE ESTUDIO

Dentro de la geodinámica externa que actúan en el lugar podemos citar los siguientes

3.6.1.1. MOVIMIENTOS DE MASAS DEL SUELO

Ocurre especialmente en áreas elevadas y cuyo proceso complementario es la erosión, transporte y sedimentación. Procesos encargados de modelar la geomorfología actual en la zona de estudio siendo esta bastante activa y frecuente.

3.6.1.2. DESLIZAMIENTOS

Son desplazamiento de masas de suelo y roca de movimiento rápido y lento, provocado por la falta de estabilidad del talud, influyendo en su activación la gravedad; en la zona de estudio se presentan zonas deslizadas las cuales se deben a la erosión mecánica y química, la inestabilidad aumenta como

consecuencia del agua de lluvia; así mismo el grado de fracturamiento de las rocas, por fallas adyacentes existentes en el lugar.



Imagen 11 SE APRECIA EL DESLIZAMIENTO TIPO FLUJO RAPIDO



Imagen 12 SE OBSERVA EL DESLIZAMIENTO TIPO TOPLING EN EL INTRUSIVO GRUPO BARROSO

3.6.1.3. EROSIÓN

La gran actividad geodinámica de la zona de estudio y en general las características morfológicas nos indican la intensa y variada actividad erosiva existente en la zona hecho que es demostrado por la denudación del relieve.



Imagen 13 SE OBSERVA LA EROSION CUSADA EN LAS ROCAS ANDESITAS EN EL CERRO
PUCARA

3.6.2. GEODINAMICA INTERNA DEL AREA DE ESTUDIO

La Geodinámica Interna está asociada a los movimientos tectónicos, activando estructuras geológicas en su proceso evolutivo, un claro ejemplo de este es el fenómeno de los sismos que ocurren con frecuencia, y estas se dan en lugares donde el movimiento tectónico es mayor, así como las fallas que son causales de los sismos.

El área de estudio no escapa a este fenómeno por el contrario se encuentra ligado al fallamiento que existe.

En cuanto a los factores geodinámicos internos que actúan en el área de estudio, es más evidente el factor dinámico, ya que el factor estático es menor.

3.6.2.1. SISMICIDAD

El departamento de Moquegua está comprendida dentro del área geográfica que corresponde a la clasificación de sismicidad alta, de acuerdo a los parámetros de sitio, la zonificación sísmica del Perú del área de estudio se encuentra ubicada en la Zona 3. Su intensidad, aceleración, coeficiente de sacudida y desplazamiento máximo relativo, están supeditadas a las condiciones locales como las características físico- mecánicas del suelo y profundidad del nivel freático.

Según Reglamento Nacional de Construcciones y a la Norma Técnica de Edificación E-030 Diseño Sismo Resistente, se deberá tomar los siguientes valores. (Ver cuadro N° 02).

Cuadro 2 CUADRO DE PARAMETROS SISMICOS

Parámetros de diseño sismo resistente	Valores
Factor de Zona	Z=0.40 (figura N° 4)
Condiciones Geotécnicas	El suelo investigado, pertenece al perfil Tipo S1, que corresponde a un suelo rígido (cuadro N° 3).
Periodo de vibración del suelo	Tp=0.4 seg. (Cuadro N° 3).
Factor de amplificación del suelo	S=1.0 (cuadro N° 3).

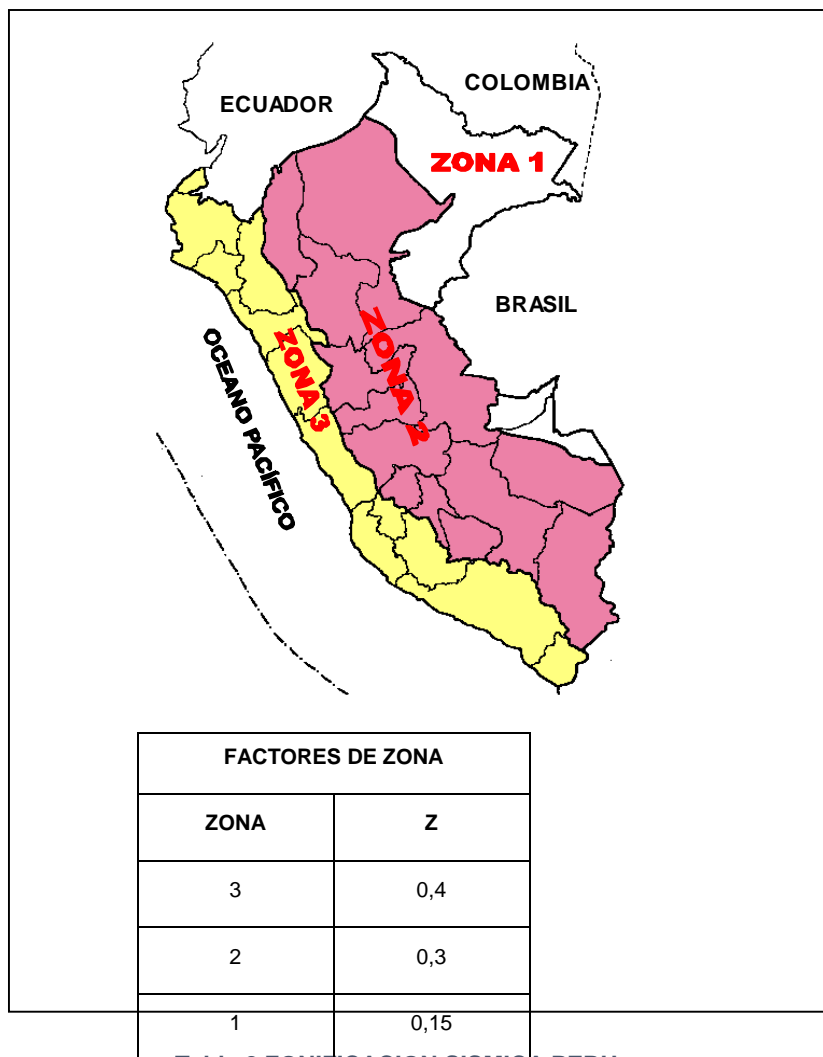


Tabla 2 ZONIFICACION SISMICA PERU

Cuadro 3 CUADRO DE PARAMETROS DE SUELO			
Tipo	Descripción	T_p (s)	S
S_1	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
S_2	Suelos intermedios	0,6	1,2
S_3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4

3.6.2.2. FACTOR DINÁMICO

El efecto hidráulico con lo que se mueven los cursos de agua, por efecto de la gravedad, es directamente proporcional a la pendiente de las quebradas y los terrenos y al caudal. Socavando lateralmente el talud, y desestabilizándolo

(efecto de hidráulica horizontal), y por otro lado una profundización de los causes (efecto hidráulico vertical).

3.6.2.3. OTROS EFECTOS

Otros efectos que podemos mencionar es la humedad existente en algunas zonas de quebradas, así como al regadío por gravedad de la parte alta; y a la exposición abierta del suelo a la erosión en ciertas zonas.

3.6.3. TIPOS DE EROSIÓN:

3.6.3.1. EROSIÓN QUÍMICA:

En la zona de estudio la erosión química puede ser debida a la alteración de óxidos de cobre y hierro que presentan las rocas volcánicas, como la andesita, dacita y riolita, provocando desestabilización en el macizo rocoso. (Ver imagen14).



Imagen 14 SE APRECIA LA EROSION QUIMICA, DEBIDO AL COBRE QUE EXISTE EN LA ANDESITA

3.6.3.2. EROSIÓN MECÁNICA:

Son procesos que degradan el relieve, se originan por acción del viento y la gravedad, también es originada por el agua que transcurre en la zona de estudio en temporadas de lluvia.

La erosión mecánica se nota bien diferencia en la zona de estudio en los siguientes tipos: Erosión por cárcavas, erosión por socavamiento y erosión por escarpas.

3.6.4. HIDROGEOLOGIA

Los depósitos cuaternarios coluviales y aluviales, así como también las rocas del volcánico Matalaque, presentan un fuerte fracturamiento, esto las hace con favorables condiciones para ser acuíferos, pero debido a la topografía hace que su condición de acuífero disminuya.

El agua de las precipitaciones y de escorrentía se infiltra circulando por las zonas de mayor debilidad, zonas permeables. Su escurrimiento es el típico y variable de “torrentes” que, por tener pequeñas áreas, están sujetas a tormentas localizadas de intensidad muy alta, que producen escorrentía máxima en corto tiempo de duración, volviendo a la normalidad en pocas horas.

El nivel freático se encuentra circunscrita al espesor de los materiales detríticos a una profundidad de 1.50 m. a 2.00 m., esto es referencial pues varía en épocas de lluvia a no existir nivel freático en épocas de estiaje. Lo que no sería un problema para el trazo de carretera.

3.6.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MICRO CUENCAS Y QUEBRADAS

En la visita realizada al tramo de carretera del proyecto se ha observado “in situ” el comportamiento de las mínimas obras de arte existentes y las características

de los cauces de las quebradas cruzan estas el trazo de carretera.

Estas observaciones en campo permitieron obtener criterios cualitativos preliminares, como conclusión de las observaciones realizadas se puede decir que las quebradas tienen características similares a los cauces con cursos esporádicos de agua en temporadas de lluvias y que pertenecen a la categoría de cauces locales pequeños.

Las características comunes de estas quebradas son las siguientes:

Pequeñas microcuencas (menores de 3 Km²).

Cruzan pequeñas quebradas locales, transversales al curso principal del Río Coralaque.

Las pendientes de las micro cuencas analizadas varían de 5 ° a 45 ° en algunos casos, pero en la mayoría de los casos es de 10° a 25° , lo que condiciona su característica de escorrentía muy torrentosa y de época lluviosa exclusivamente.

Los cauces y taludes se observan fijos y estables, para zonas de lecho rocoso y/o material duro y fijos e inestables para zonas de lecho gravo - arenoso o material suelto y por ser una zona volcánica existen flujos de barro con material piróclástico.

3.6.4.2. ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

El comportamiento de las escorrentías de las cuencas estudiadas, también permite considerarlas como cuencas de cauce local pequeño.

Su escurrimiento es el típico y variable de “torrentes” que, por tener pequeñas áreas, están sujetas a tormentas localizadas de intensidad muy alta, que producen escorrentía máxima en corto tiempo de duración, volviendo a la normalidad en pocas horas.

CAPITULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO DE FUNDACIÓN:

4.1.1. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA (MECANICA DE SUELOS)

Los trabajos de campo consistieron en la toma de muestras y datos de los suelos mediante excavación de calicatas a cielo abierto. Las calicatas (C-n) fueron ejecutadas con un espaciamiento de 500 ml y a una profundidad mínima de 1.50 m. y hasta donde es posible la excavación manual en algunas calicatas, identificando los estratos y sus espesores.

Se han ejecutado ensayos “in situ” de Densidades de Campo, mediante el método del Cono de Arena

Adicionalmente se han ejecutado calicatas en los taludes tanto superior como inferior con fines de complementar el estudio de suelos y realizar los mejoramientos en las zonas de corte y en menor escala en las zonas de relleno dependiendo de las alturas

Adicionalmente se han ejecutado calicatas en los taludes tanto superior como inferior con fines de complementar el estudio de suelos y realizar los mejoramientos en las zonas de corte y en menor escala en las zonas de relleno

dependiendo de la altura.

Adicionalmente se han ejecutado calicatas en los taludes tanto superior como inferior con fines de complementar el estudio de suelos y realizar los mejoramientos en las zonas de corte y en menor escala en las zonas de relleno dependiendo de las alturas.

Posteriormente las muestras se ensayaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Concretos del Gobierno Regional de Moquegua y algunos ensayos especiales en laboratorios particulares.

4.1.1.1. RESUMEN DE TRABAJOS DE CAMPO:

- Apertura de calicatas cada 1000 m en el tramo de vía existente y muestreo de los suelos de cada estrato encontrado (Afirmado y subrogante).
- Calicatas cada 500 m. en la vía a construir y muestreo de los suelos de cada estrato existente.
- Las calicatas se han realizado alternadamente derecha e izquierda o en forma inversa, terreno llano o de pendiente moderado, en terreno de ladera en el lado de corte.
- Identificación de subsectores críticos (por suelos, drenaje, y deterioros en el actual afirmado).
- Identificación de la Napa Freática.
- Identificación de Subsectores de roca en la subrasante.
- Calicatas adicionales y toma de muestras complementarias en obras de arte.

4.1.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

El programa de ensayos comprendió en lo siguiente:

- Determinación del contenido de humedad MTC E 108 (ASTM-D-2216)
- Análisis Granulométrico por tamizado MTC E 107 (ASTM-D-422)
- Determinación del límite Líquido MTC E 110 (ASTM-D-423)
- Determinación del límite Plástico MTC E 111 (ASTM-D-424)
- Determinación Humedad-Densidad(P. Modificado) MTC E 115 (ASTM D-1557)
- (CBR) Método del Cuerpo de Ingenieros MTC E 132 (ASTM-D-1883)
- Densidad de Campo MTC E 117 (ASTM-D-1556)
- Clasificación de SUCS ASTM-D-2487
- Clasificación AASHTO ASTM D-3282

La subrasante (terreno natural o relleno), denominado también terreno de fundación tiene diferentes características para cada sección o subsector evaluado, los suelos componentes son finos, granulares, existiendo áreas de roca observados en los taludes superiores y a diferentes profundidades, predominando los suelos de arenas limosas y arcillosa, las características se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 4 CUADRO DE DESCRPCION DE SUELO POR PROGRESIVA

55+000	57+000	Afloramiento de roca, lecho de gravas arenas con boloneria con plantas nativas, paralelo a rio Coralaque.
57+000	62+500	Arena piro clástico que sobreyace a depósitos de grava limosa banquetas de pendiente llano, atraviesa cárcavas con aniegos de aguas superficiales y colmataciones de solidos barroso, siendo la causa principal el arrastre y depósito de sedimentos en las épocas de precipitaciones extraordinarias, paralelo a rio Coralaque lado izquierdo, con plantas nativas.
62+500	63+750	Farallón de rocas fijas y fracturadas sector cerro pucara lado Derecho está el rio Coralaque.
63+750	65+200	Suelo conformado por arena piro clástico color beige de izquierdo, ademas inicia los terrenos de cultivo pendiente moderado a llano paralelo a rio Coralaque lado
65+200	68+400	Suelo conformado por arena limo arcillosas con grava,atraviesa pie de monte por terrenos agricolas y el poblado de Pachas.
68+400	70+800	Afloramiento intercalado de rocas y arcillas consolidadas de pendiente escarpado.
70+800	74+300	Arcilla rojiza con gravas de pendiente moderado, zona arqueológica lado izquierdo.
74+300	76+650	Arena limosa piro clástico que sobre yace a roca fracturada color verdoso.

Los problemas de drenaje son notorios, observándose que afecta a la subrasante y a la capa superior existente en vía existente

4.1.1.3. CLASIFICACIÓN DEL SUELOS

Según los perfiles estratigráficos, la clasificación de suelos SUCS se resume en:

Cuadro 5 CUADRO DE CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN SUCS

NOMBRE DEL GRUPO DE SUELO	SIMBOLO	TOTAL DE MUESTRAS	%	
ROCAS		15	15	11.90
GRAVAS			18	14.29
Grava arcillosa	GC	4	3.2	
Grava mal graduada con limo	GP-GM	6	4.8	
Grava limosa	GM	6	4.8	
Grava limosa arcillosa	GM-GC	1	0.8	
Grava bien graduada con limo	GW-GM	1	0.8	
PIRO CLASTOS				7.9
ARENAS			93	65.91
Arena arcillosa	SC	19	15.1	
Arena limosa	SM	46	36.5	
Arena limosa arcillosa	SM-SC	3	2.4	
Arena mal graduada con limo	SP-SM	7	5.6	
Arena bien graduada con limo	SW-SM	5	4.0	
Arena mal graduada	SP	10	7.9	
Arena bien graduada	SW	3	2.4	
FINOS			0	0
TOTAL		126		100

A lo largo de la carretera por razones de trazo en los tramos de mejoramiento se van a realizar cortes en la que se está eliminando el Afirmado existente, entonces en este caso no se está considerando como aporte estructural de dicha capa

CORRELACIÓN DE LOS DOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN, ASTM (SUCS) Y AASHTO

Correlación aproximada de clasificaciones y los diferentes ensayos especiales de suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

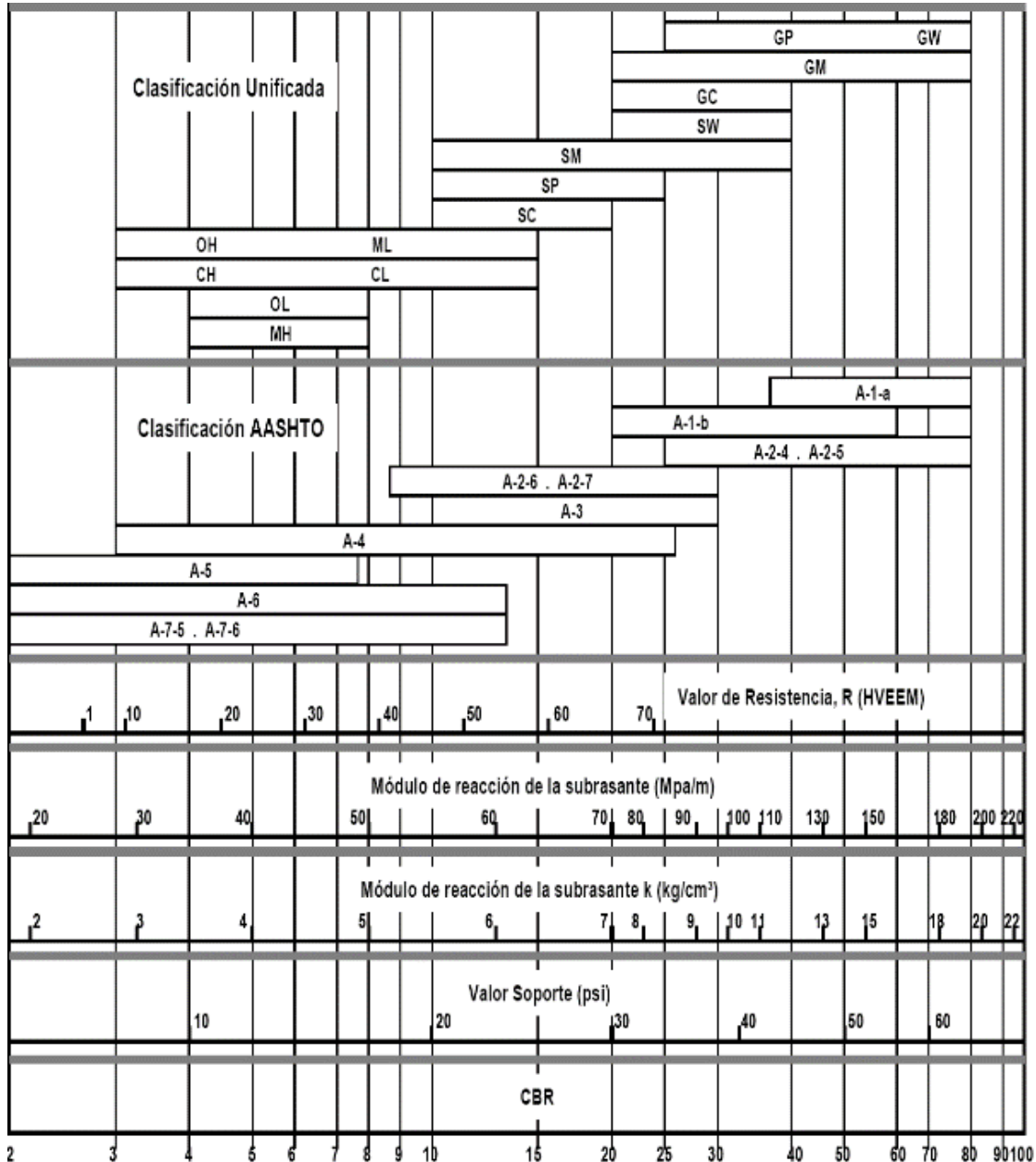


Tabla 3 CORRELACION DE CLASIFICACION

Otro parámetro de clasificación es el índice de plasticidad que permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario, un IP

Otro parámetro de clasificación es el índice de plasticidad que permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Sobre todo esto se puede dar la clasificación siguiente:

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
$IP > 20$	Suelos muy arcillosos
$20 > IP > 10$	Suelos arcillosos
$10 > IP > 4$	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	Suelos exentos de arcilla

Cuadro 6 CUADRO DE INDICE DE PLASTICIDAD

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso en una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

4.1.1.4. VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)

Los CBR de los subsector de acuerdo a los resultados del método Valor Relativo de Soporte de laboratorio son los siguientes:

PROGRESIVA KM	ESPESOR ESTRATO	IP	AASHTO	SUCS	CBR CORRELACIONADO	CBR LABORATORIO	TIPO SUBRASANTE
57+000	0.4	0	0	0		roca	
57+500	0.9	NP	A - 2 - 4	SM	14	...	Buena
57+500	0.4	NP	A - 1 - b	SP SM		31.18	Buena
58+000	1	NP	A - 2 - 4	SM	14	30.03	Buena
58+500	1.5	NP	A - 3	SP-SM	13	...	Regular
59+000	1.5	NP	A - 1 - a	SW-SM	13	35.81	Muy buena
59+500	0.9	NP	A - 1 - b	GM	23	...	buena
59+500	0.5	NP	A - 1 - b	SM		27.31	Buena
60+000	1.3	NP	A - 2 - 4	SM	14	...	Buena
60+500	1.5	NP	A - 1 - b	SM	12	26.57	Buena
61+000	0.5	NP	A - 1 - b	SP SM	13	...	Buena
61+000	0.5	NP	A - 1 - b	GM		44.64	Buena
61+500	1.1	NP	A - 1 - b	SM	12	25.74	Buena
62+000	0.9	NP	A - 1 - a	SW	22	...	Muy buena
62+000	0.5	NP	A - 1 - a	GP GM		34.36	Buena
62+500	1	NP	A - 1 - a	GP GM	22	...	Muy buena
63+000	0	0	0	Roca	25	Roca	Muy buena
63+500	1	NP	A - 1 - b	GM	23	...	Muy buena
63+500	0.5	NP	A - 1 - a	GP GM		55.15	Muy buena
64+000	1.1	NP	A - 1 - a	GM	23	40.22	Muy buena
64+500	1.5	NP	A - 2 - 4	SM	12	28.91	Buena
65+000	0.6	NP	A - 2 - 4	SM	12	...	Buena
65+000	0.6	NP	A - 1 - b	SM		29.8	Buena
65+500	1.2	5.77	A - 2 - 4	GM GC	24	...	Muy buena
66+000	1.2	11.37	A - 2 - 7	GC	21	49.91	Muy buena
66+500	1	3.02	A - 1 - a	SWSM	12	35.69	Buena
67+000	1.2	13.03	A - 7 - 5	SC	9	14.57	Regular
67+500	1.3	NP	A - 4	SM	12	17.69	Buena
68+000	0.7	NP	A - 1 - b	SM	12	..	Buena
68+000	0.4	NP	A - 1 - b	SM		31.62	Muy buena
68+500	1	NP	A - 1 - b	GM	23	22.47	Muy buena
69+000	1.1	NP	A - 1 - b	SM	9	28.25	Regular
69+500	0.2	0	0	0		Roca	
70+000	0.2	0	0	0		Roca	
70+500	0.2	0	0	0		Roca	
71+000	0.2	0	0	0		Roca	
71+500	0.5	NP	A - 1 - b	SM	12	30.37	Buena
72+000	1	9.46	A - 2 - 4	SC	9	23.9	Regular
72+500	0.2	11.63	A - 6	SC	9	21.53	Regular
73+000	1.2	18.97	A - 2 - 7	GC	23	40.1	Muy buena
73+500	0.4	NP	A - 1 - b	SM	12	..	Buena
73+500	0.8	15.96	A - 6	SC	9	22.12	Regular
74+000	1.5	10.46	A - 2 - 4	SC	9	..	Regular
74+500	1	16.27	A - 6	SC	9	26.61	Regular
75+000	1.5	NP	A - 1 - b	SM	12	27.52	Buena
75+500	0.3	NP	A - 1 - b	Roca	50		Muy buena

Cuadro 7 CUADRO DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE

TIPO DE SUBRASANTE Según manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito; Aprobado por la Resolución Ministerial N° 305-2008-MTC/02.

Cuadro 8 CUADRO DE PARAMETROS DE CBR

CLASIFICACIÓN	CBR diseño
S0: Subrasante muy pobre	< 3%
S1: Subrasante pobre	3% - 5%
S2: Subrasante regular	6 - 10%
S3: Subrasante buena	11 - 19%
S4: Subrasante muy buena	> 20%

Otro parámetro para evaluar la sub rasante es el índice de grupo; un índice cero significa suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo no utilizable para carreteras, la cual se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 9 CUADRO DE PARAMETROS DE INDICE DE GRUPO

ÍNDICE DE GRUPO	SUELO DE SUBRASANTE
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	pobre
IG está entre 2 a 4	regular
IG está entre 1 – 2	bueno
IG está entre 0 – 1	Muy bueno

4.1.1.5. SUELOS DESFAVORABLES DE SUBRASANTE

Sobre la base del Perfil Estratigráfico y de los resultados de laboratorio, se han identificado suelos tufaceos que con el aumento de la vibración disminuye su volumen y la tensión de corte, conocidos como suelos licuables; se ha identificado suelos arcillosos y limosos, los cuales resultan inapropiados como material de sub rasante debido a su baja capacidad de soporte como suelo de fundación del pavimento, en dichos suelos se recomienda mejoramiento de

subrasante o reemplazo de material, cabe indicar que los CBRs representativos realizados en dichos tipos de suelos, se encuentran por debajo de los CBRs de diseño de pavimentos, los cuales se encuentran debidamente identificados en el cuadro nº 7.

4.1.2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA (MECANICA DE ROCAS)

4.1.2.1. ASPECTOS LITOLÓGICOS

La caracterización geomecánica del macizo rocoso e identificación del tipo de roca en el mejoramiento de la carretera, en la zona de subsidencia de puente Coralaque – Pachas (cerro Pucara); se encuentra en terrenos volcánicos afectos a una erosión diferencial y hundimiento lento del margen izquierdo aguas abajo, está sujeto a la actividad de los agentes geológicos que llegan a modelar la actual geomorfología de la zona de evaluación. El comportamiento de los parámetros geomecánicos e identificación de las zonas de alteración, tipo de juntas, rugosidad y estado de las discontinuidades determinan la estabilidad del macizo rocoso en el tramo de la progresiva 62 + 660 a 62 + 990; que corresponde a un acantilado escarpado de derrame de lavas volcánicas, sobre depósitos de materiales piroclásticos, que corresponden a eventos anteriores. Estos depósitos no tienen una buena consistencia y son sujetos a erosión diferencial en la dirección de la cuenca.

4.1.2.2. DISTRIBUCIÓN DE DISCONTINUIDADES

El sistema de discontinuidades principales dominantes del tramo, desde la progresiva 62+660 – 62+990, controla la estabilidad del talud del acantilado de rocas volcánicas, constituidos de derrames de lavas, tufo y brechas volcánicas; que son caracterizados por fallas dominantes y juntas que han llegado a fracturar y crear cuñas inestables de caída libre en la dirección transversal al talud, en las

que se encuentra proyectada la construcción y mejoramiento de la carretera, Puente Coralaque – Pachas – Simbral. El comportamiento de los parámetros geomecánicos, determinan que la estabilidad de macizo volcánico, esta fracturado por tres sistemas de discontinuidades dominantes. Además la clasificación geomecánica de RMR es de 38 unidades, roca tipo IV, en los primeros 40 m en la progresiva 62+660. Este valor corresponde a roca de mala calidad; para el desarrollo de obras de ingeniería requiere medidas de sostenimiento, durante el proceso constructivo (análisis de proyecciones estereográficas).

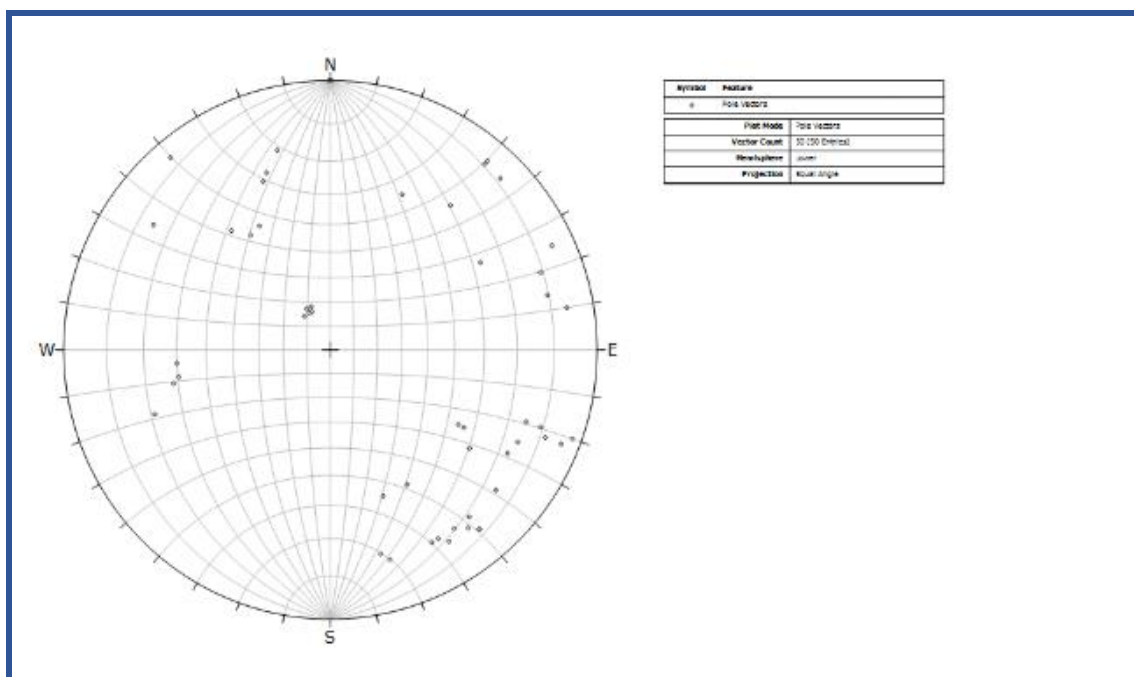
Entre las progresivas 62+ 990, la clasificación geomecánica de RMR del macizo rocoso en la evaluación de campo es de 44, valor que corresponde, a roca de regular calidad; pero sin embargo, el sistema de discontinuidad principal, ha sido nuevamente fracturado y desplazada. La superficie de las juntas es rugosa y están espaciadas de 4 mm a 10 mm, con relleno de roca triturada, costras de cloritas y óxidos.

Las proyecciones estereográficas en la zona de alto riesgo y muy vulnerable, se detalla por las siguientes características; de dominio de discontinuidades principales, asociados a sistemas de juntas subverticales; análisis de cuñas y otros características propias del acantilado.

Análisis de proyecciones estereográfica del macizo entre la progresiva 62+860 – 62+890. La distribución de los planos de fracturamiento se encuentra muy dispersos y aleatorios.

Análisis de estaciones Geomecánicas:

ESTACIÓN N° 01



Análisis de proyecciones estereográfica del macizo rocoso entre la progresiva 62+860 – 62+890. La distribución de los planos de fracturamiento se encuentran ligeramente dispersos con algunos planos aleatorios.

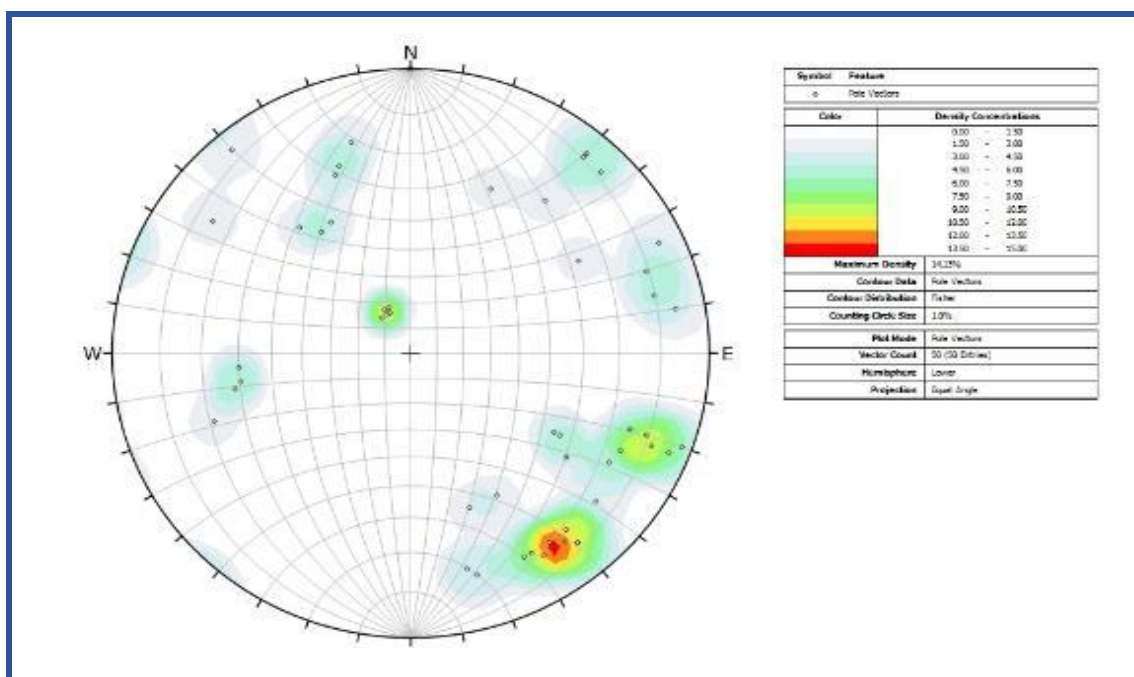
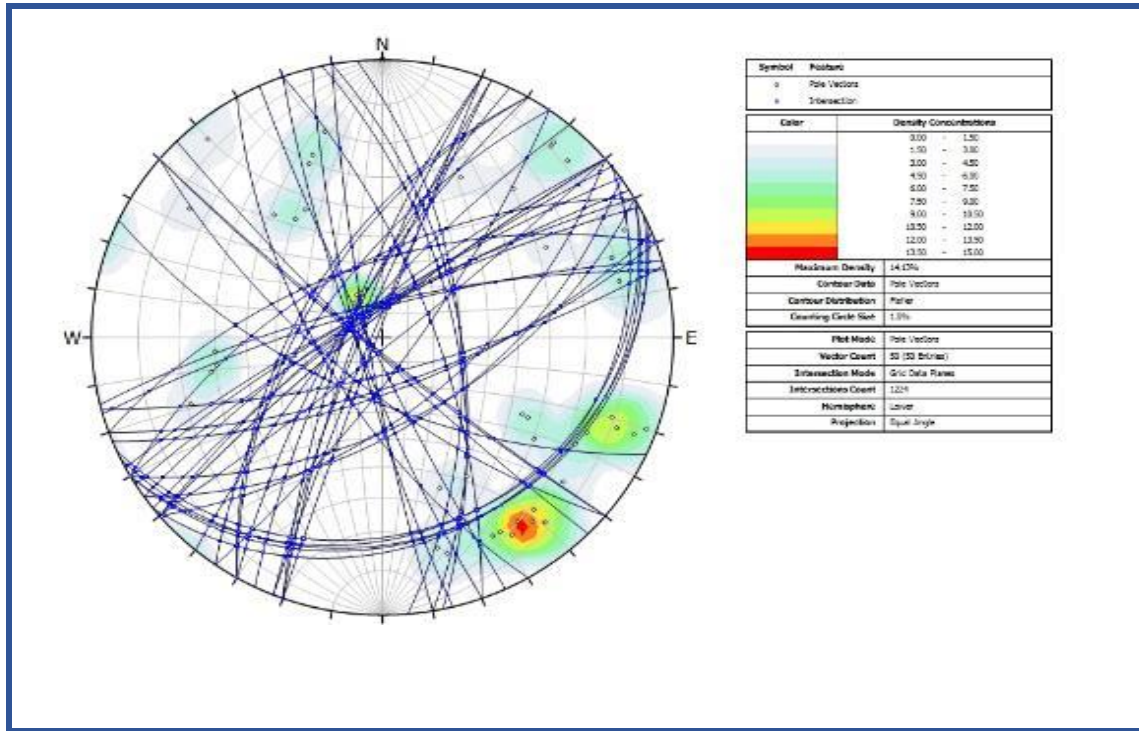


Diagrama de concentración de polos se identifican 3 familias predominantes, estación N° 1.

DIAGRAMAS E INTERSECCIONES PLANARES



Círculos mayores de todos los planos de fracturamiento estación N° 1.

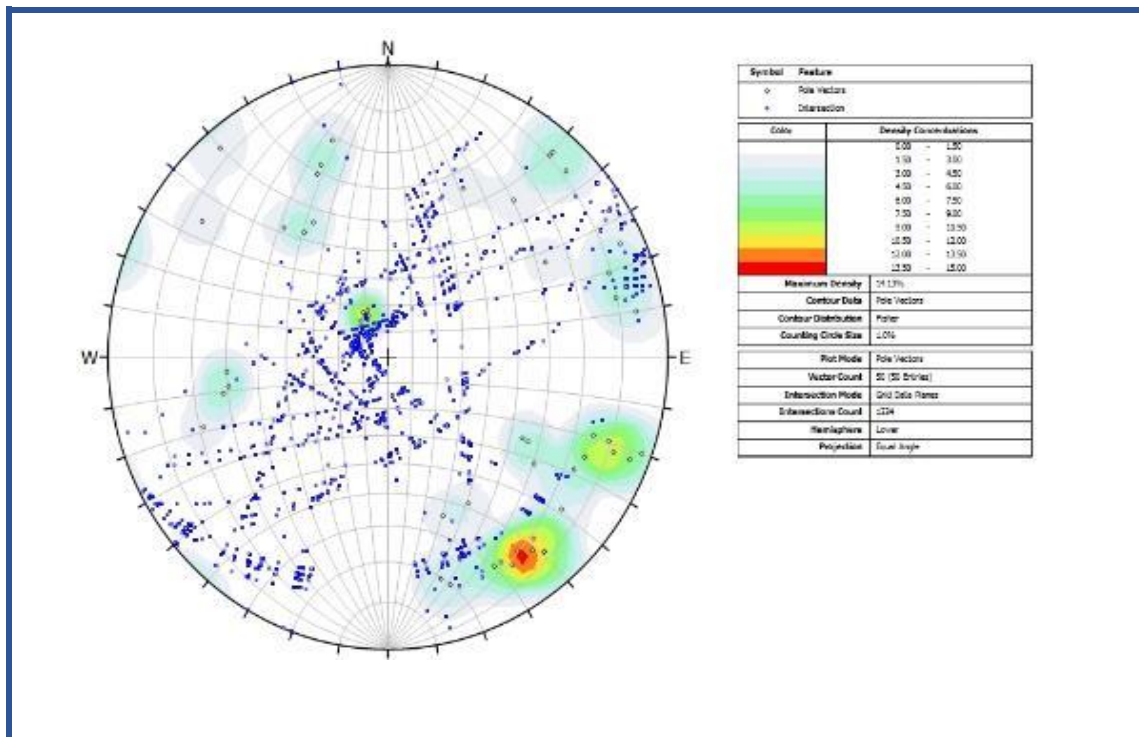
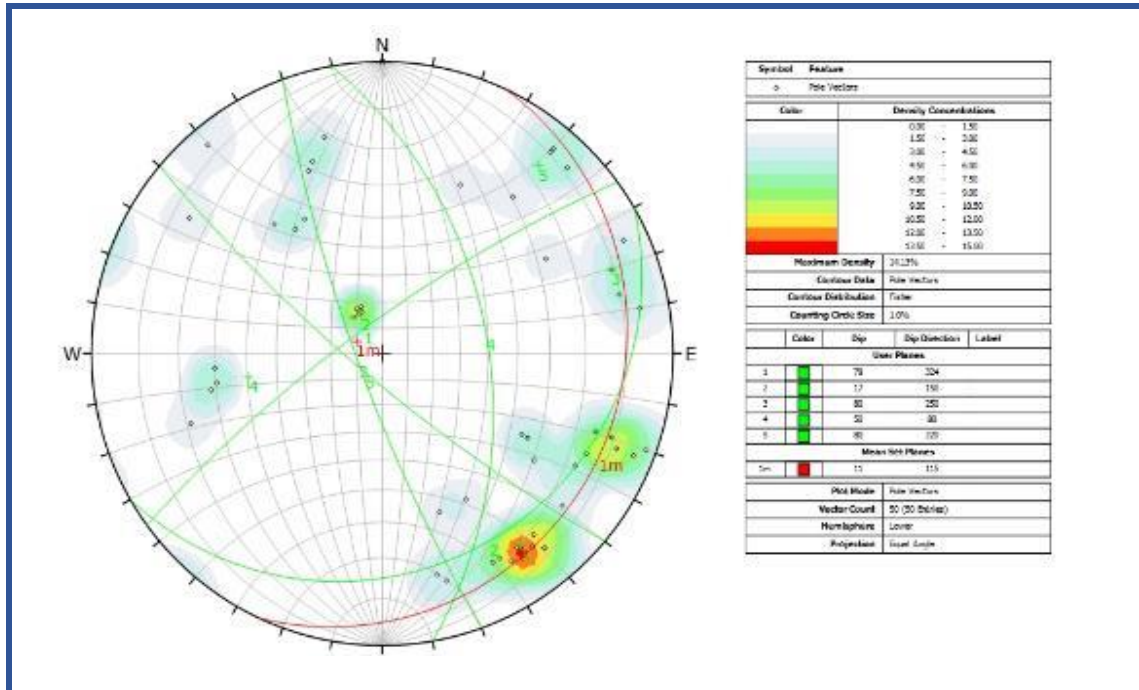


Diagrama de intersección de todos los planos de fracturamiento de la estación N° 1.

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES



Se identificaron 5 familias de planos de fracturamiento donde 3 representan las familias mas predominantes y de concentración, en rojo se muestra la media del total de planos existentes.

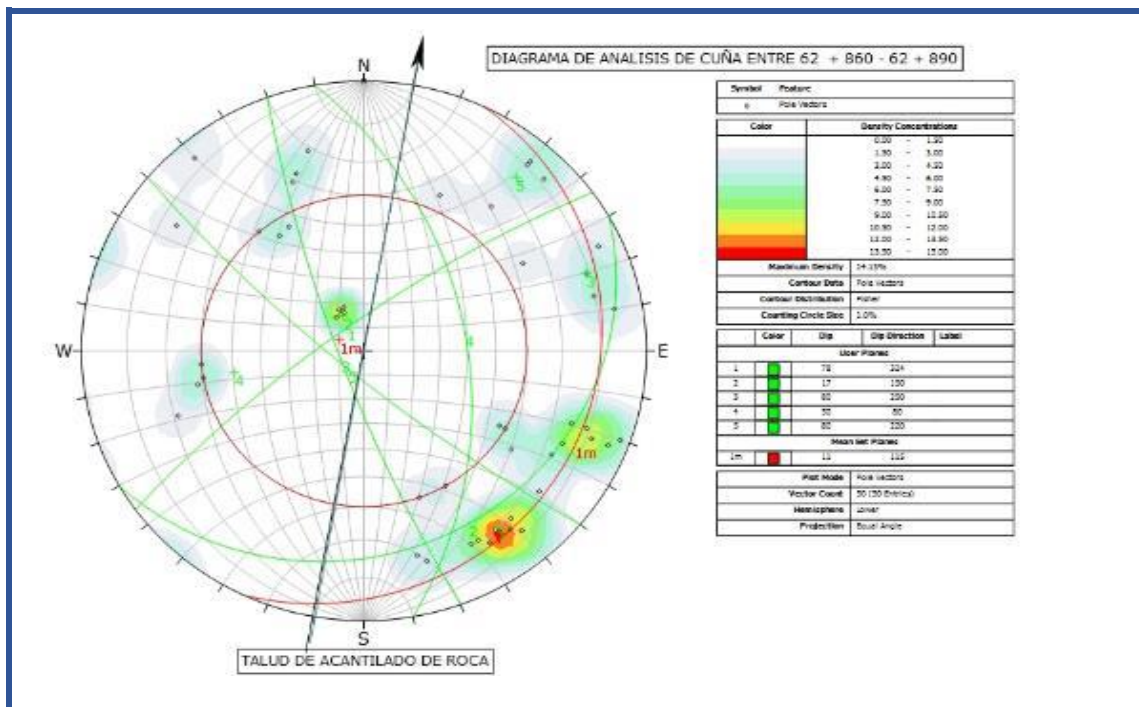
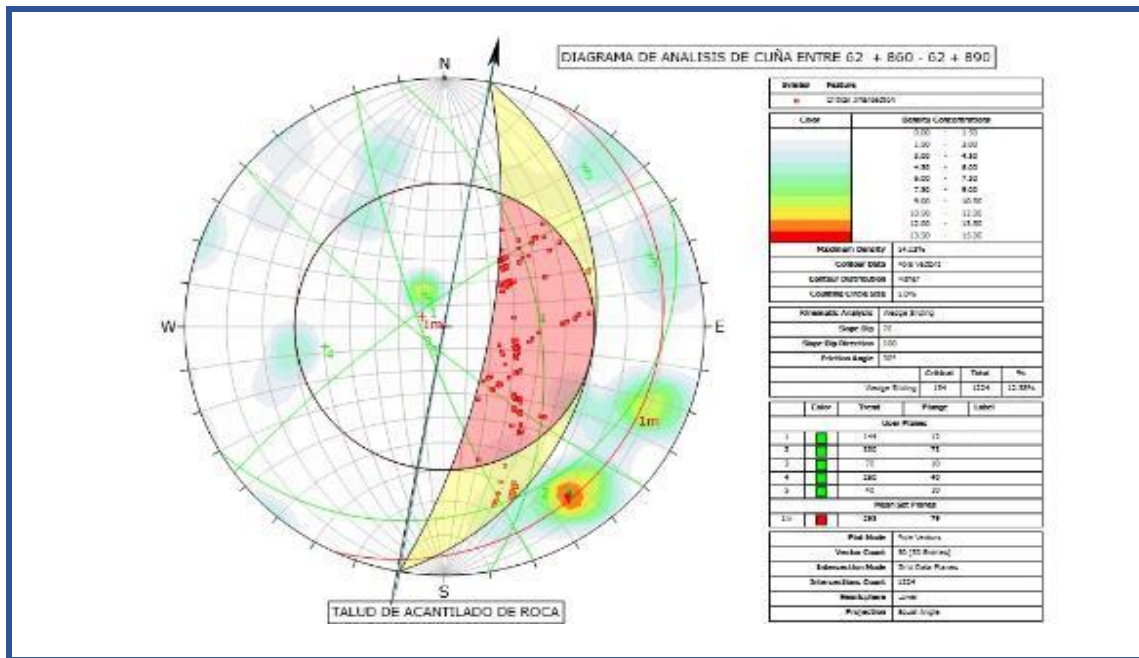
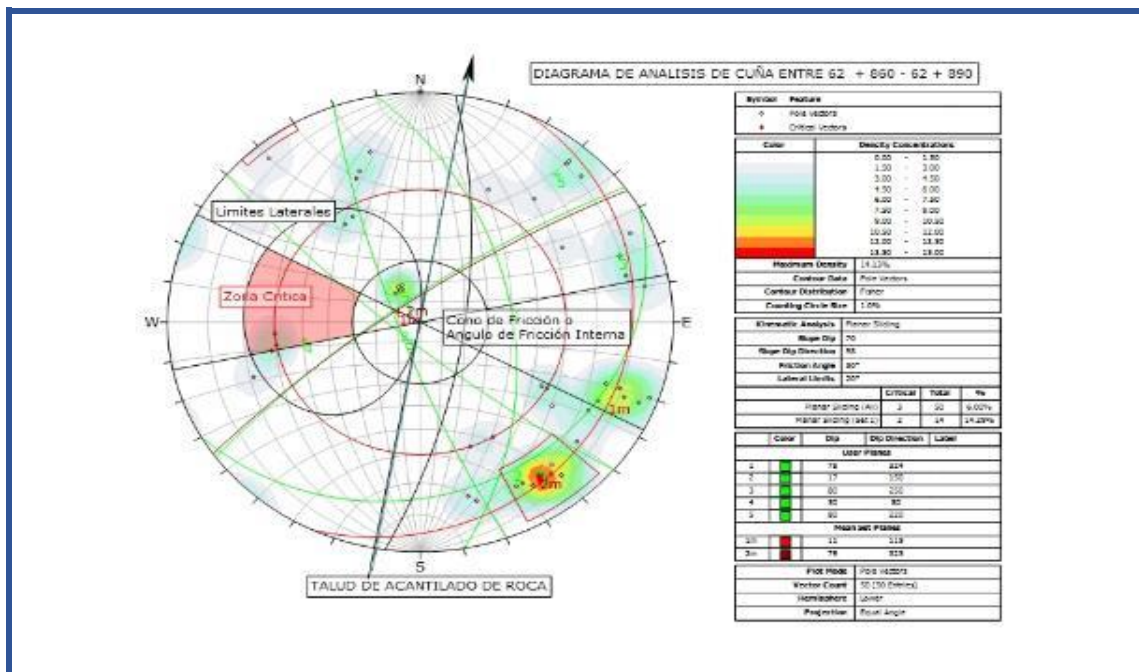


Diagrama de configuracion de las familias de fracturamiento, con angulo de friccion de 30° y la Orientacion del Talud N10°E.

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS E INTERSECCIONES CRÍTICAS

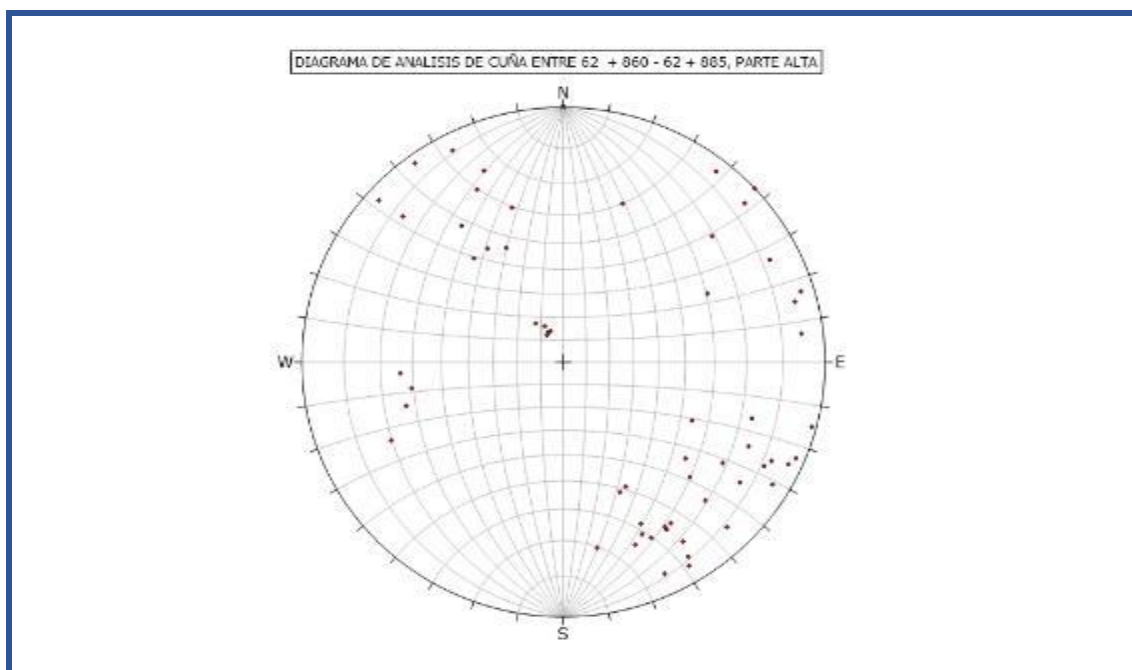


El análisis cinemático para falla tipo cuña, muestra un 12.5% de probabilidad de falla producido por la intersección de las familia 5 y 3, ver ANEXO I (lamina T-03).



El análisis cinemático para tipo de falla planar, muestra un 6% de probabilidad para todas las familias y una probabilidad de 14.29% producido por la Familia N°1, ver ANEXO I (lamina T-03).

ESTACIÓN N° 01 A



Proyección estereográfica del macizo rocoso de la estación N°01 A. Donde La distribución de los planos de fracturamiento se encuentran ligeramente dispersos con algunos planos aleatorios.

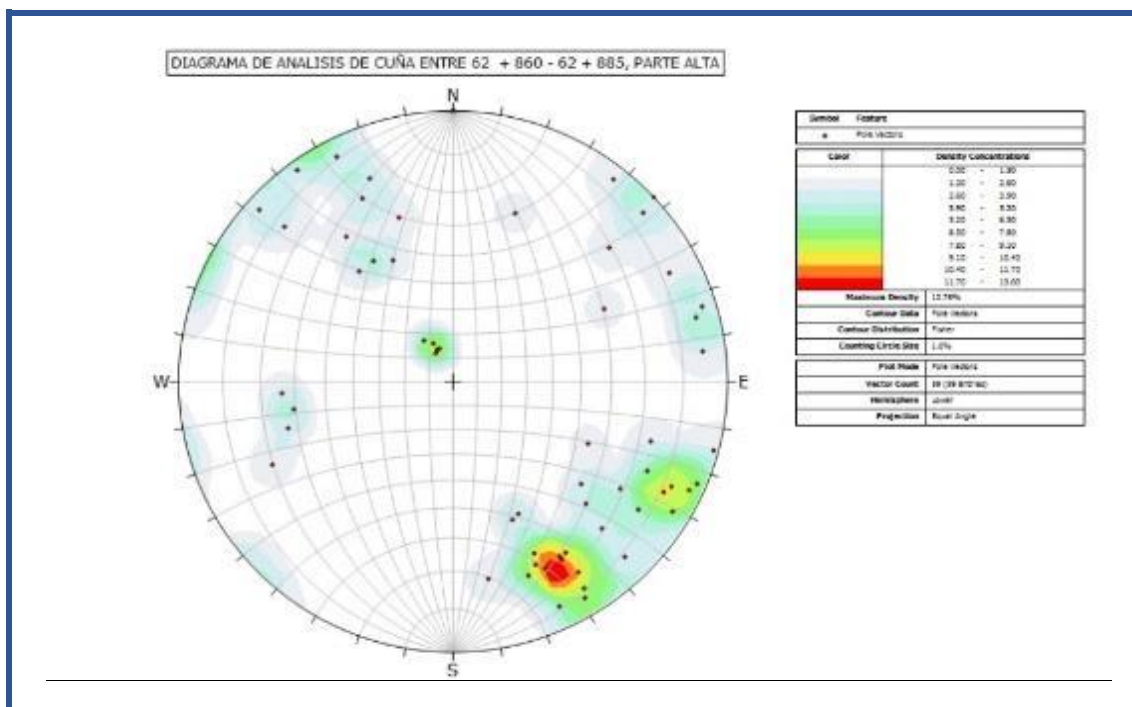


Diagrama de concentración de polos se identifican 5 familias de Fracturamiento de las cuales 3 son las mas predominantes, estación N° 01 A.

DIAGRAMAS E INTERSECCIONES PLANARES

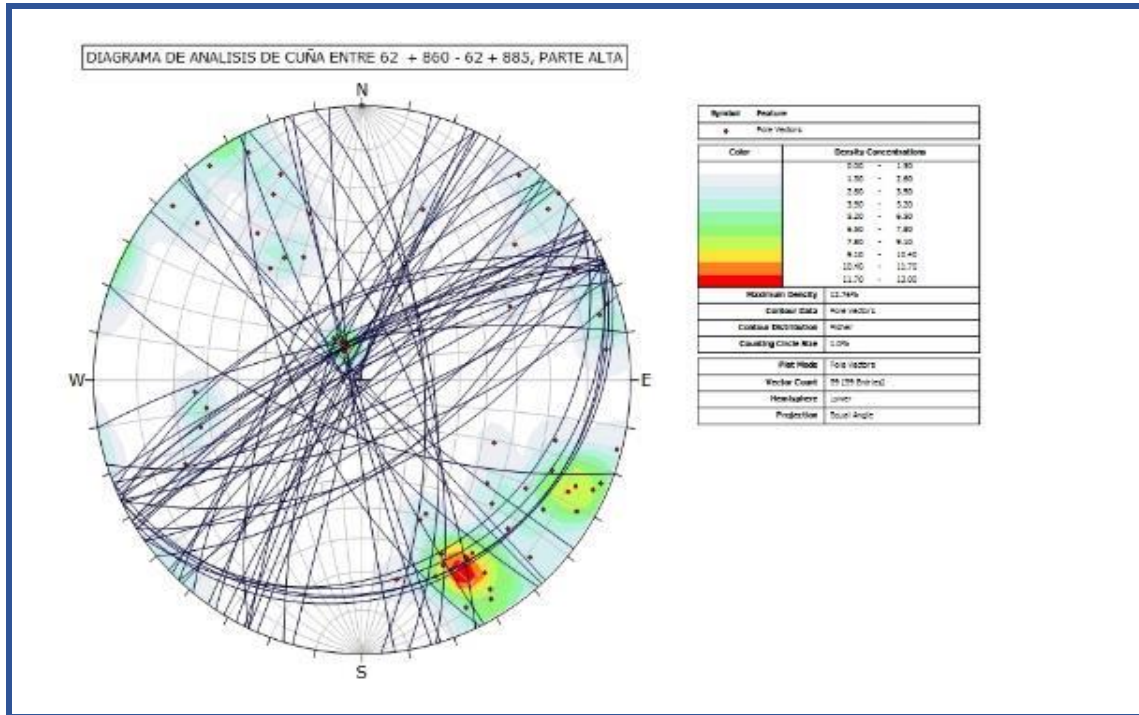
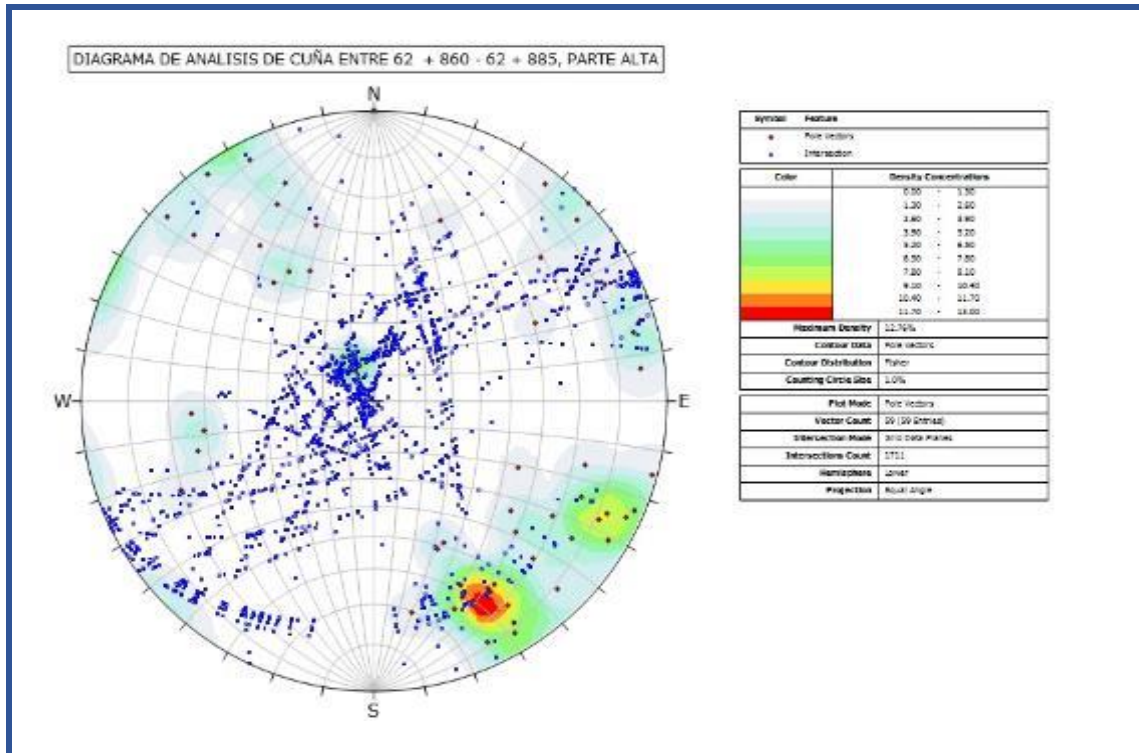
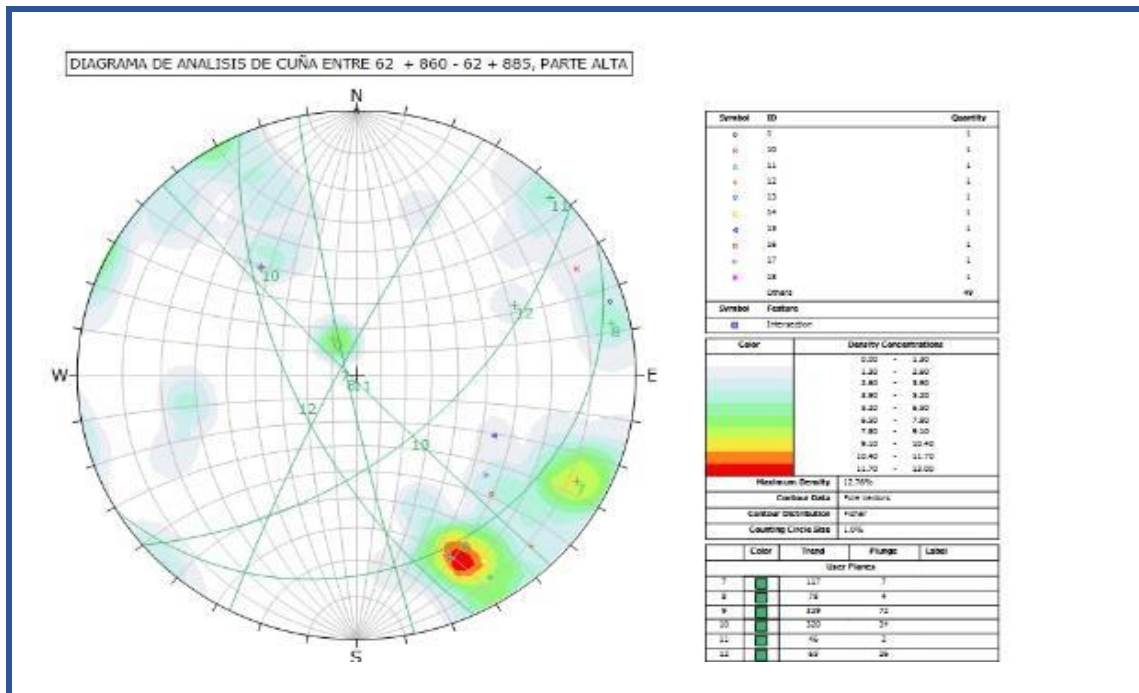


Diagrama de concentración de polos se identifican 5 familias de Fracturamiento de las cuales 3 son las mas predominantes, estación N° 01 A.

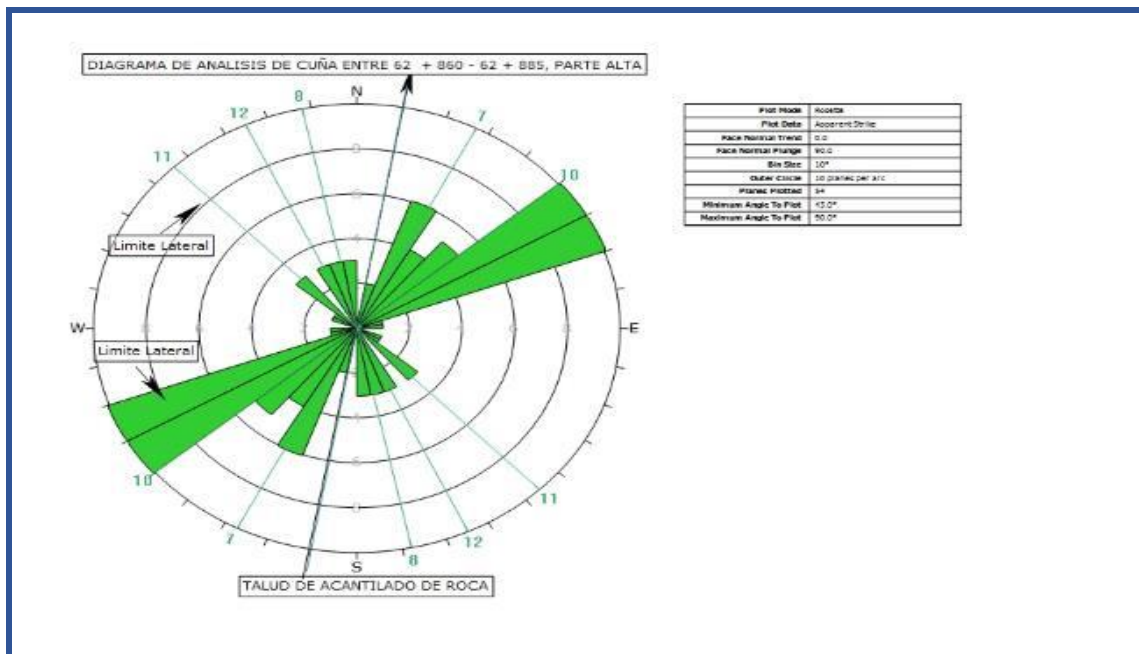


Interseccion de todos los planos de fracturamiento en la estación N° 01 A

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES Y ROCETA

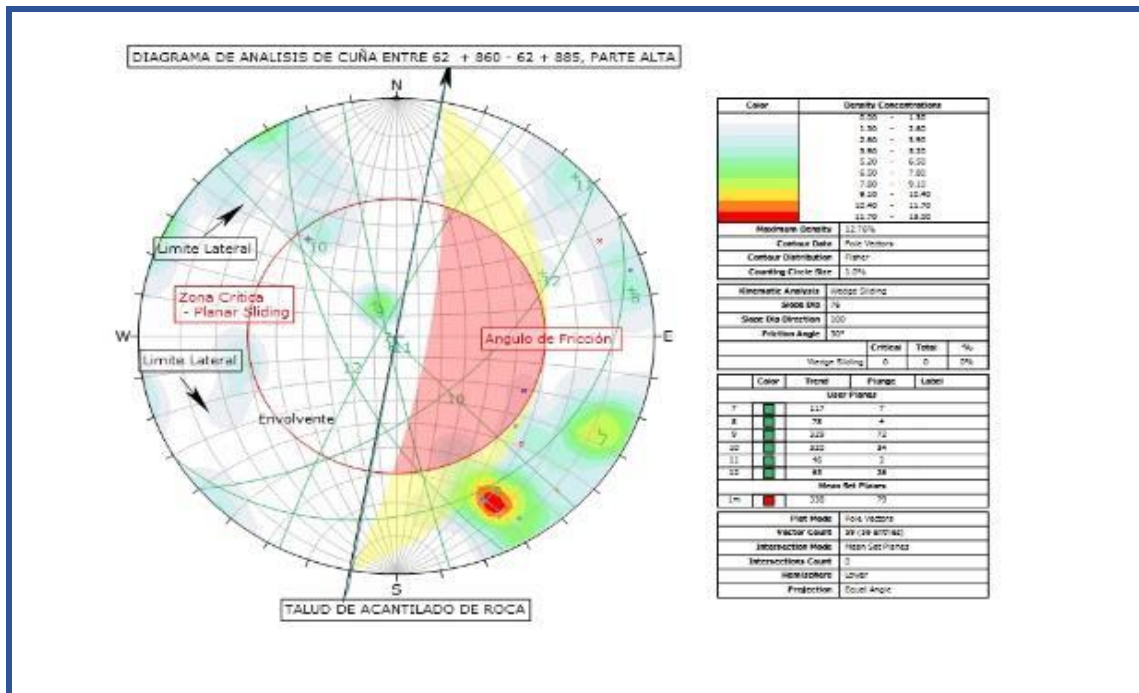


En este diagrama debido a la concentración de polos se identifican 6 familias de planos de fracturamiento en la estación N° 01 A.

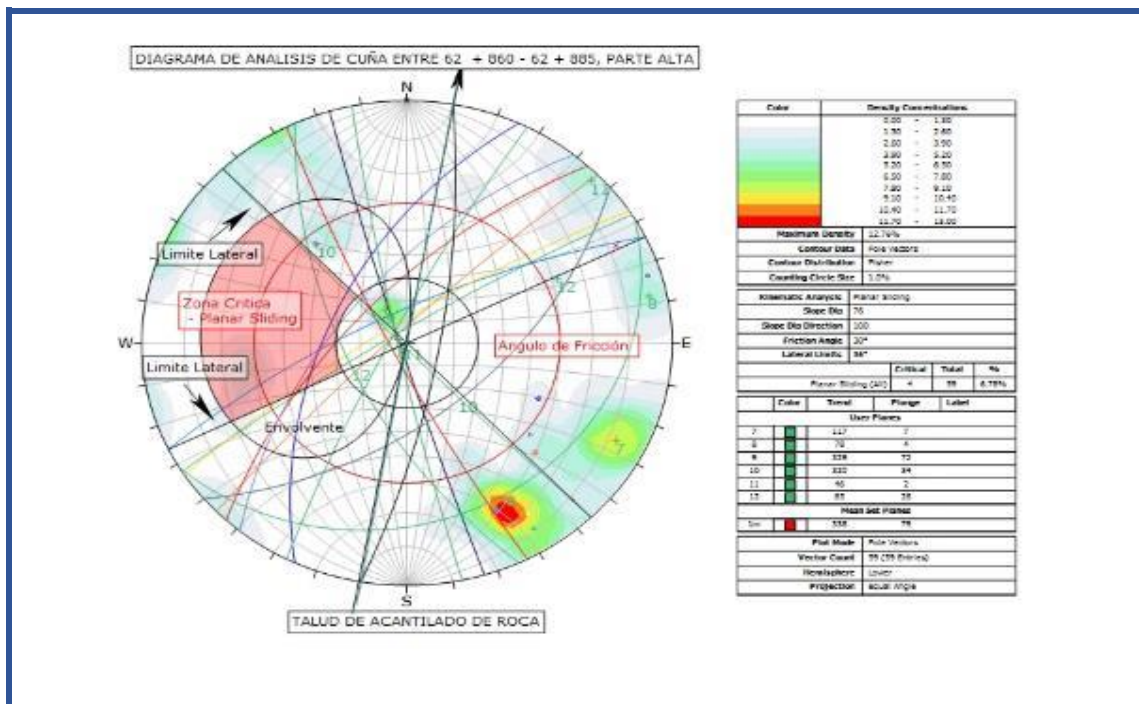


En el presente diagrama de rosetas se puede observar que las orientaciones de las familias respecto del talud son ligeramente desfavorables y en este caso la familia 10 es la de mayor densidad.

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS E INTERSECCIONES CRÍTICAS

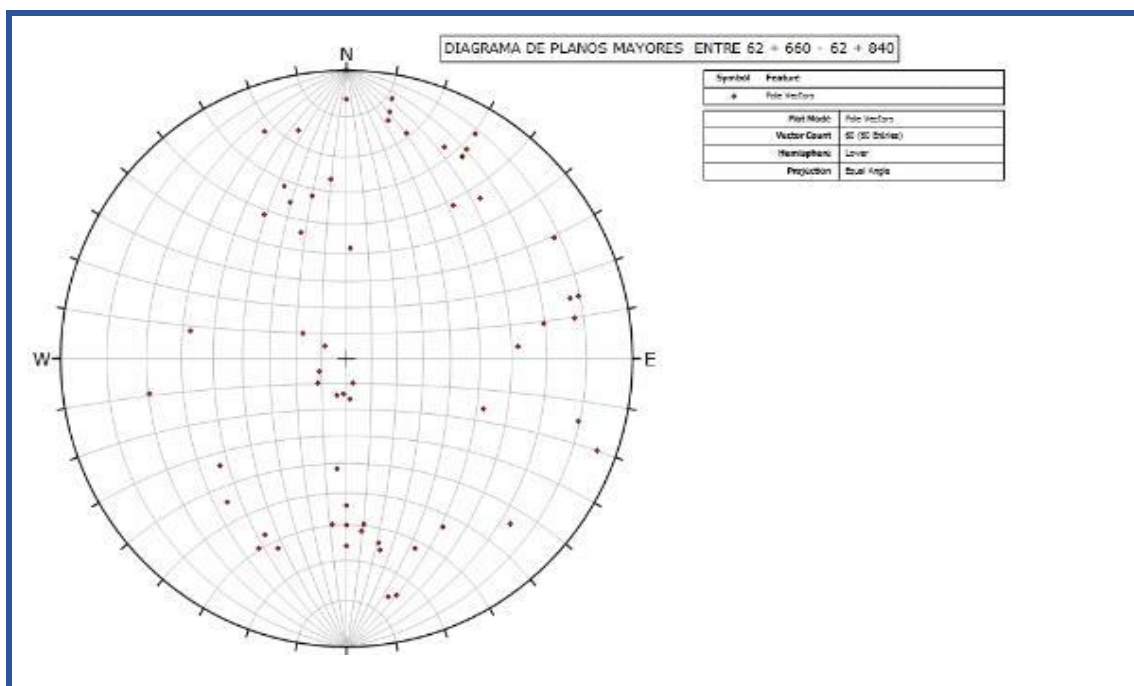


El análisis cinemático para falla tipo cuña, muestra un 8% de probabilidad de falla producido por la interceccion de las familia 12 y 10, ver ANEXO I (lamina T-03).



El análisis cinemático para tipo de falla planar, muestra un 6.7% de probabilidad para todas las familias, ver ANEXO I (lamina T-03).

ESTACIÓN N° 02



Proyección estereográfica del macizo rocoso de la estación N° 02. Donde La distribución de los planos de fracturamiento se encuentran ligeramente concentrados por zonas con algunos planos aleatorios.

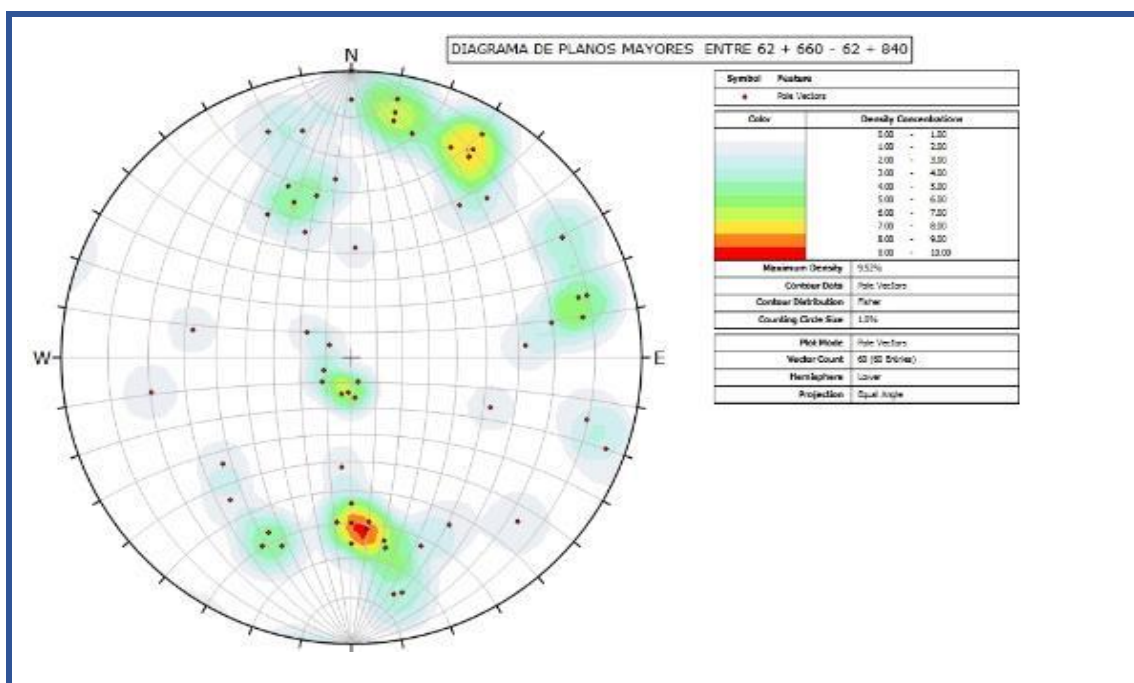
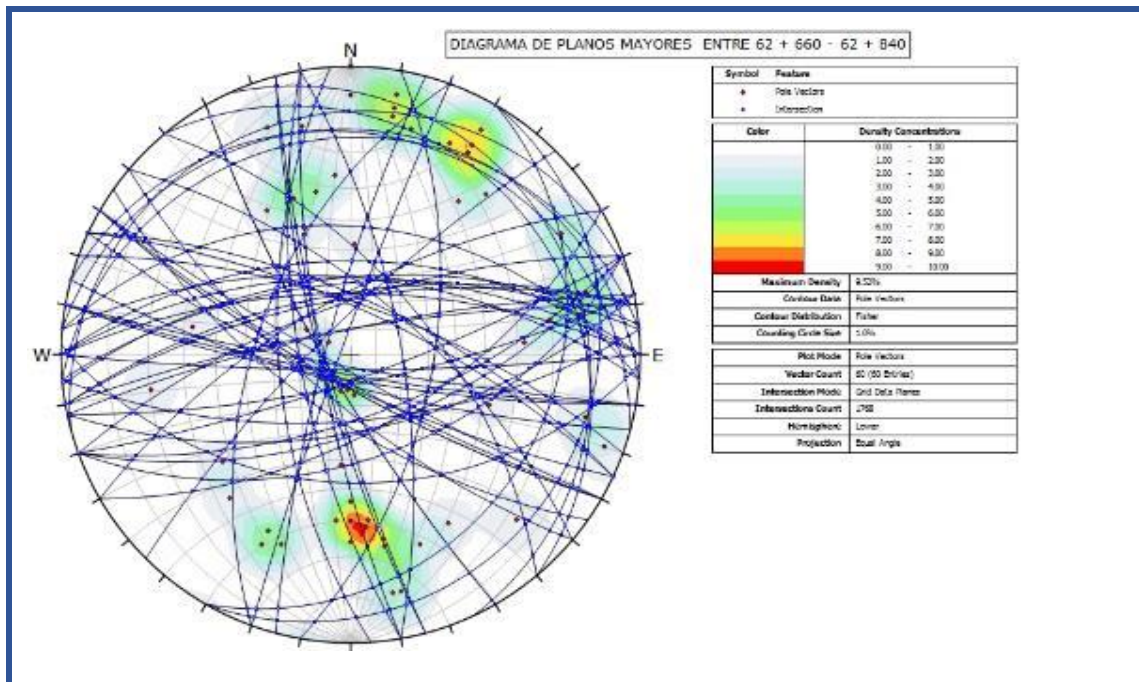
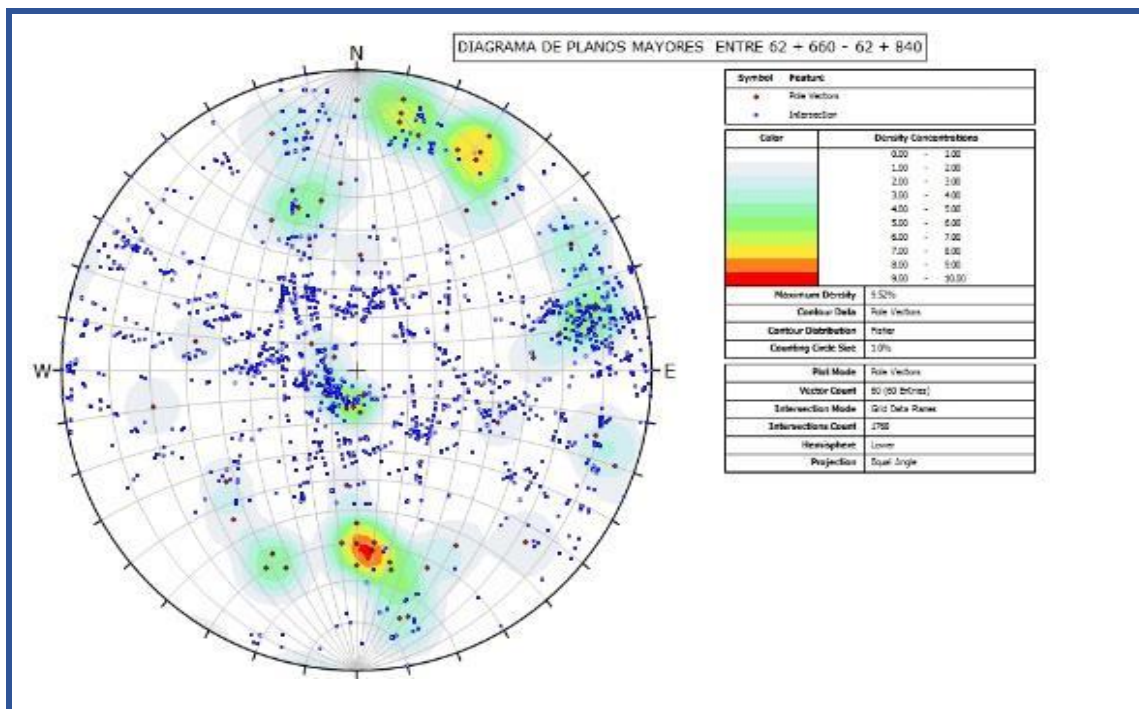


Diagrama de concentración de polos se identifican 7 familias de Fracturamiento de las cuales 4 son las mas predominantes, estación N° 02.

DIAGRAMAS E INTERSECCIONES PLANARES

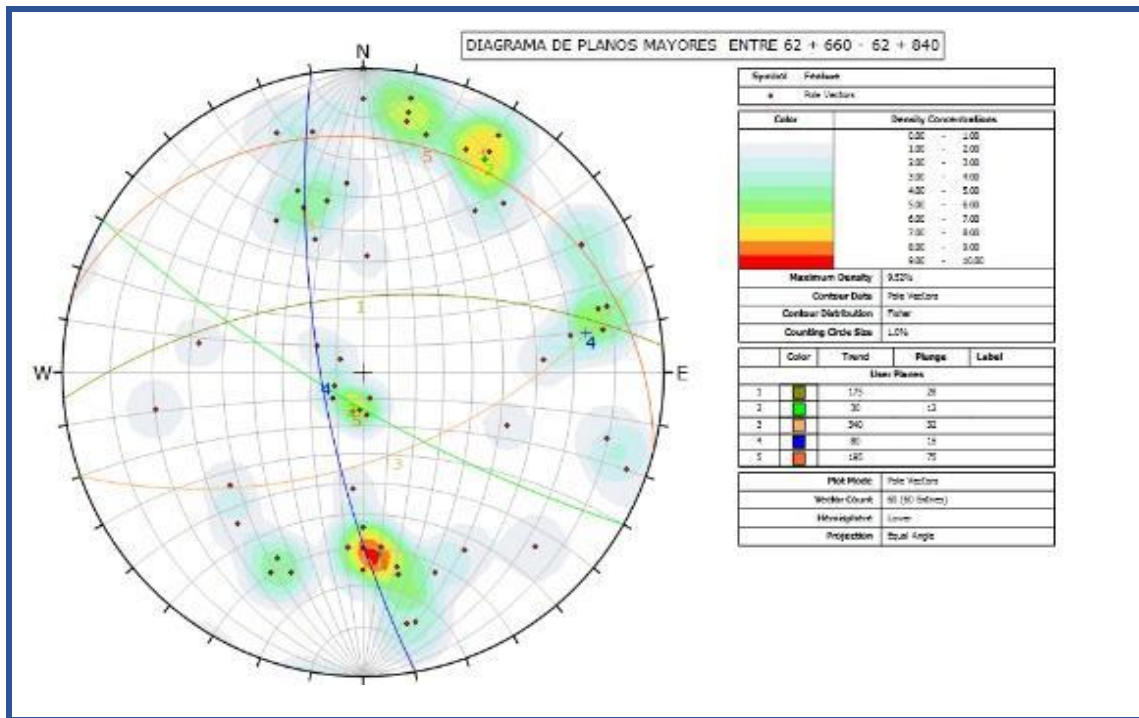


Círculos mayores de todos los planos de fracturamiento estación N° 02. Donde el sector de color rojo muestra una concentración polar de 9.5% identificando a la familia de mayor numero de planos de fracturamiento.

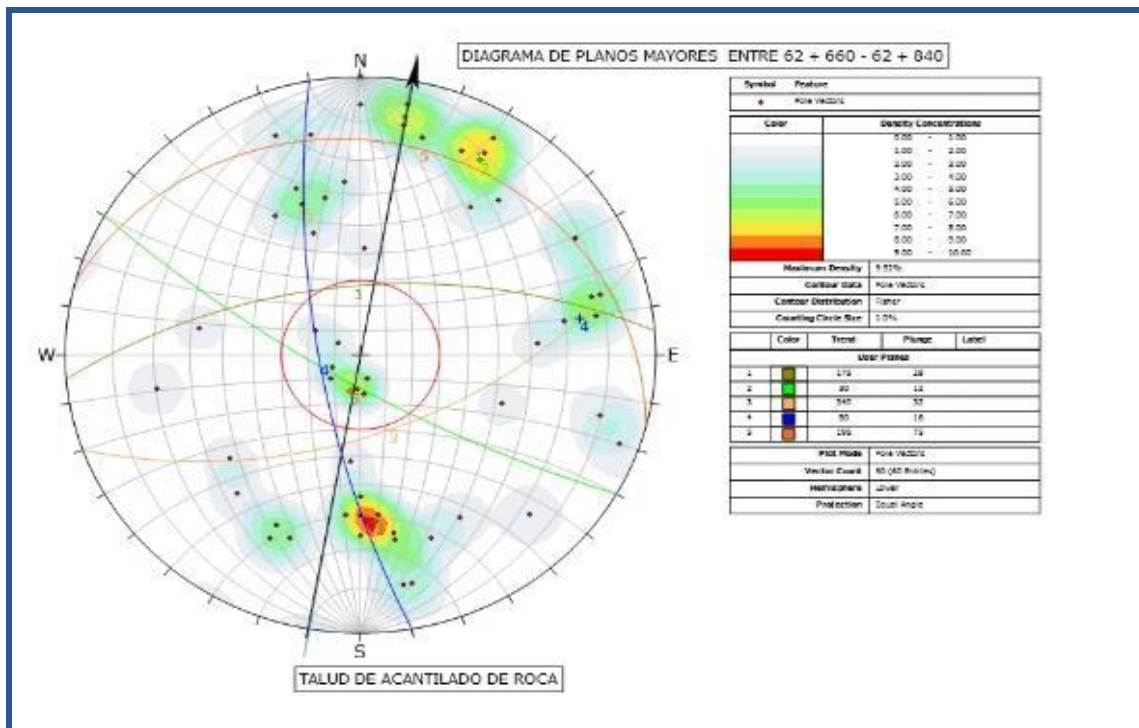


Interseccion de todos los planos de fracturamiento levantados en la estación N° 02.

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES

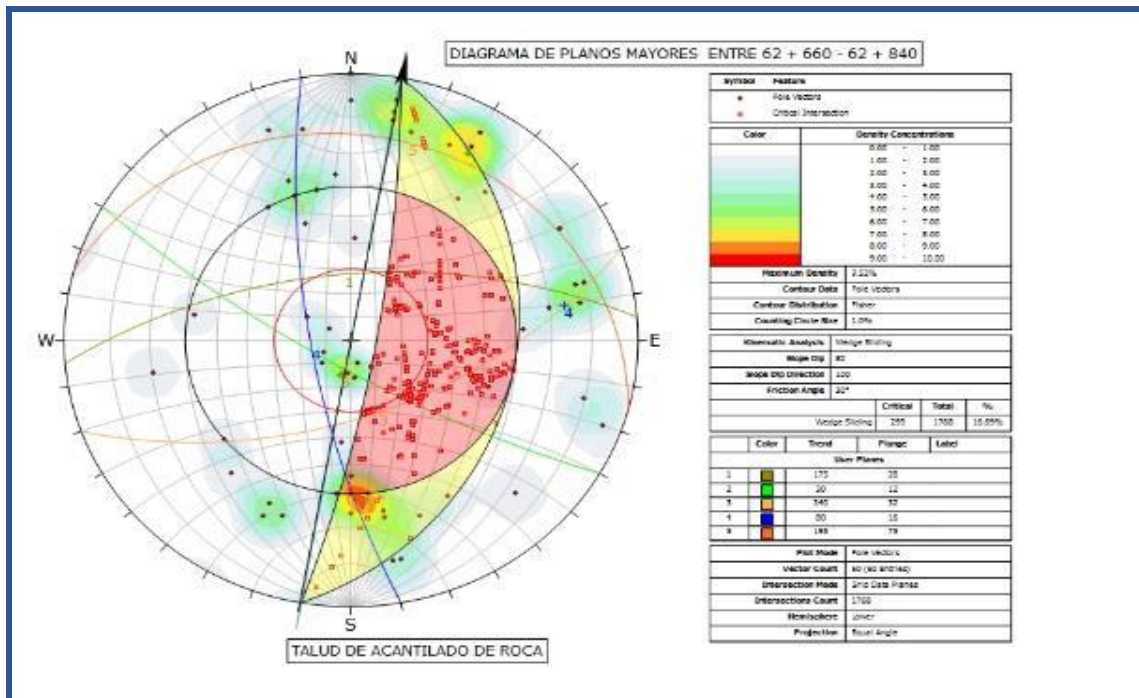


Debido a la concentración de polos se identifican 5 familias de planos de fracturamiento para la estación N° 02.

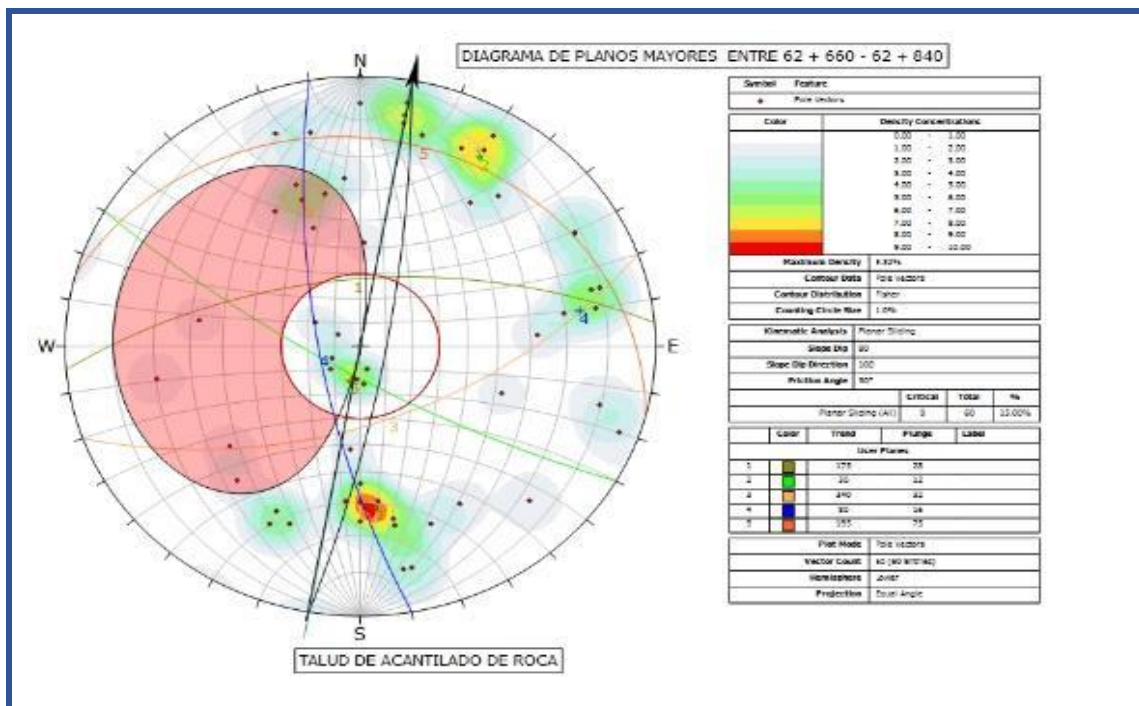


Configuración de las familias de fracturamiento, con un ángulo de fricción de 60° y la Orientación del Talud N10°E.

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS E INTERSECCIONES CRÍTICAS

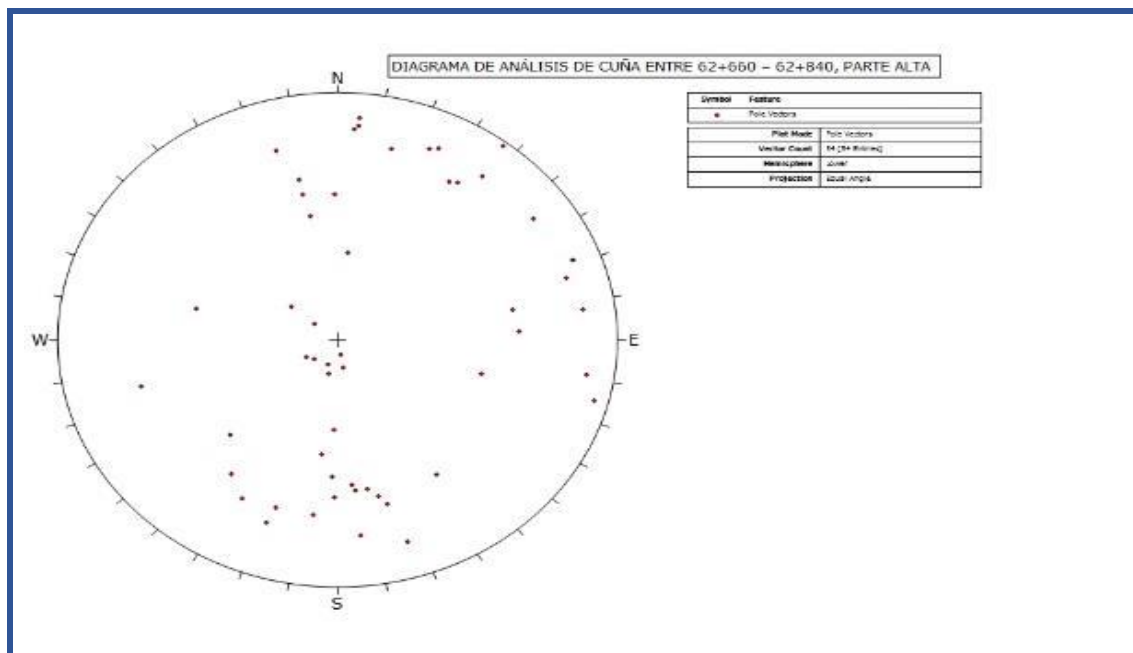


El análisis cinemático para falla tipo cuña, muestra un 15.5% de probabilidad de falla producido por la intercecion de las familia 1 y 2, ver ANEXO I (lamina T-03).



El análisis cinemático para tipo de falla planar, muestra un 25% de probabilidad para todas las familias, ver ANEXO I (lamina T-03).

ESTACIÓN N° 02 A



Proyección estereográfica del macizo rocoso de la estación N° 02 A. Donde La distribución de los planos de fracturamiento se encuentran ligeramente concentrados por zonas con algunos planos aleatorios.

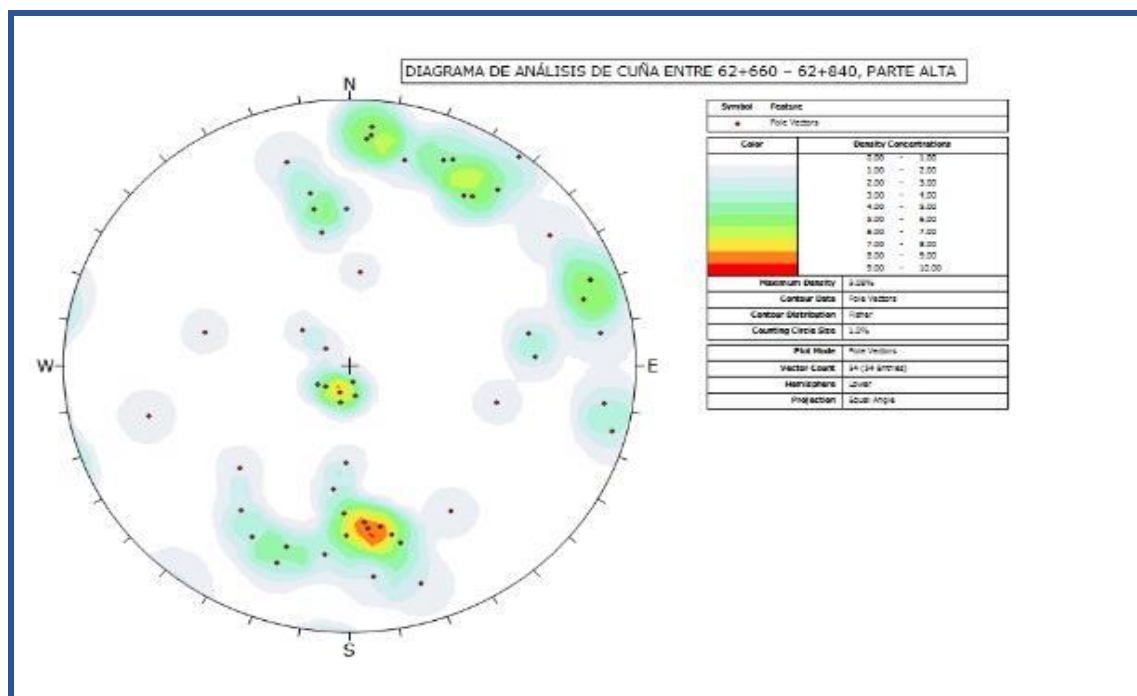
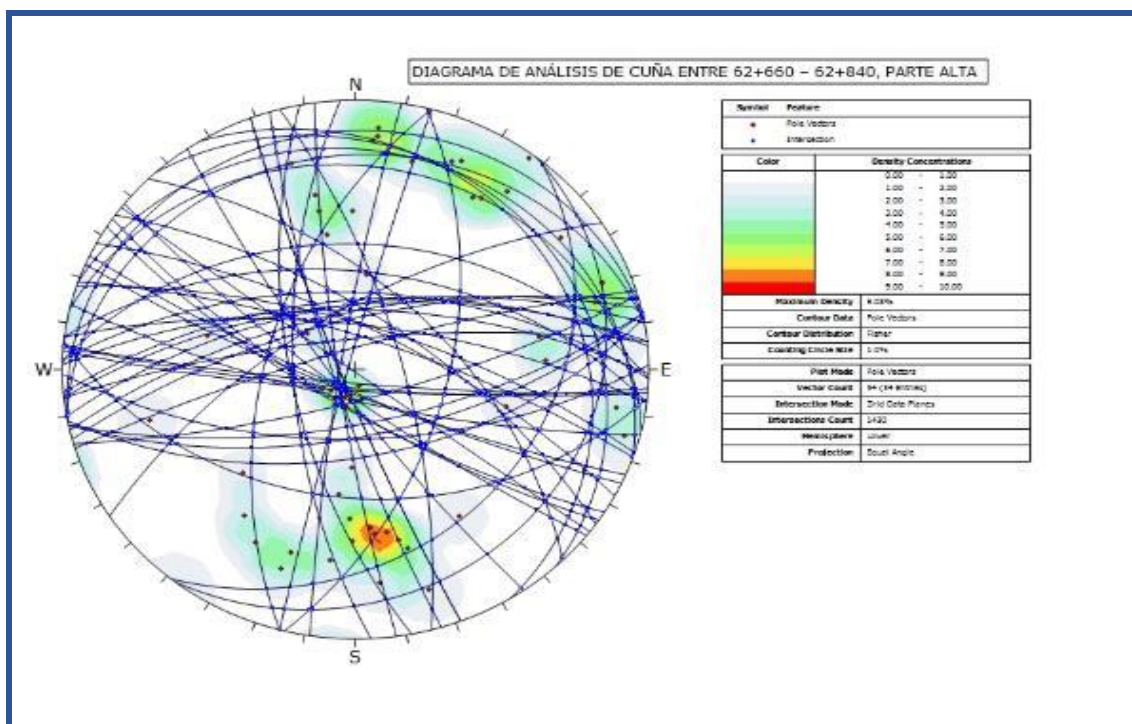
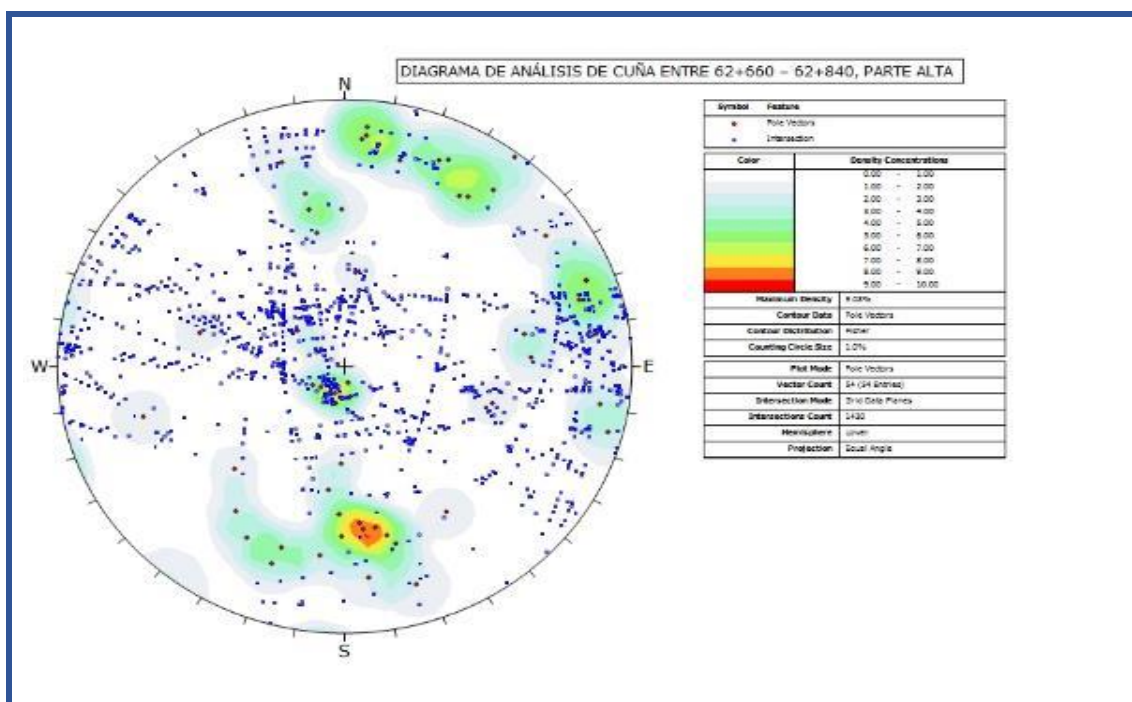


Diagrama de concentración de polos se identifican 7 familias de Fracturamiento de las cuales 4 son las mas predominantes, estación N° 02 A.

DIAGRAMAS E INTERSECCIONES PLANARES

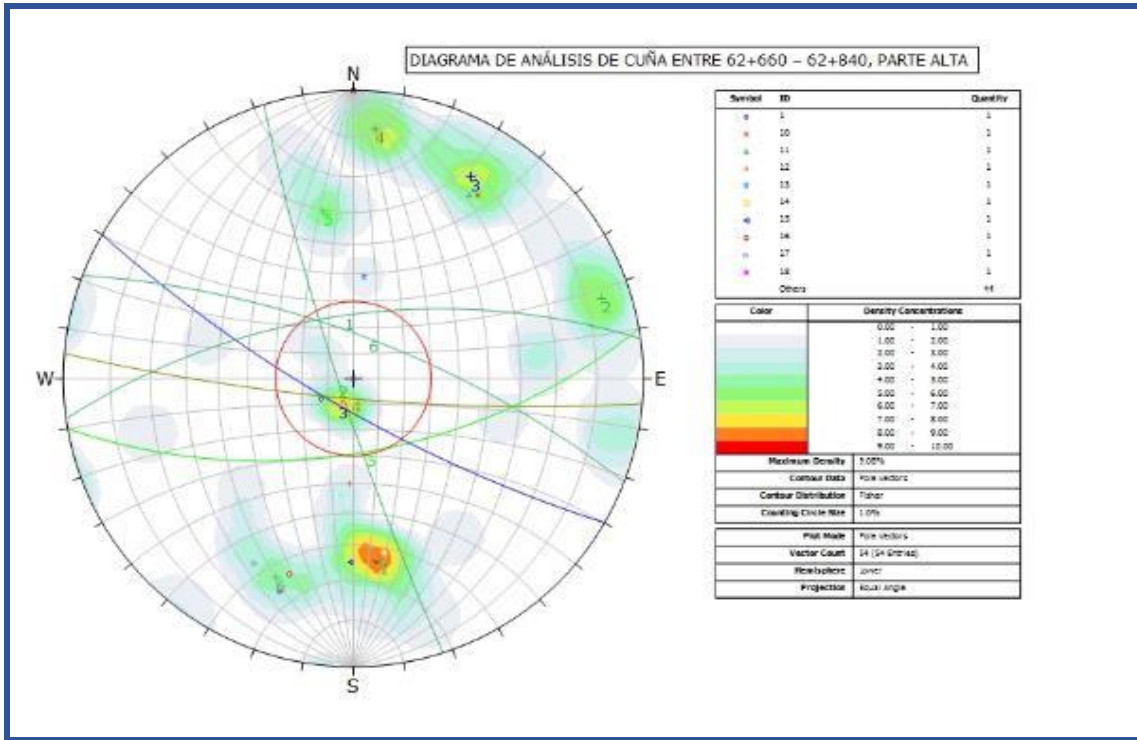


Círculos mayores de todos los planos de fracturamiento estación N° 02 A. Donde el sector de color rojo muestra una concentración polar de 8% identificando a la familia de mayor numero de planos de fracturamiento.

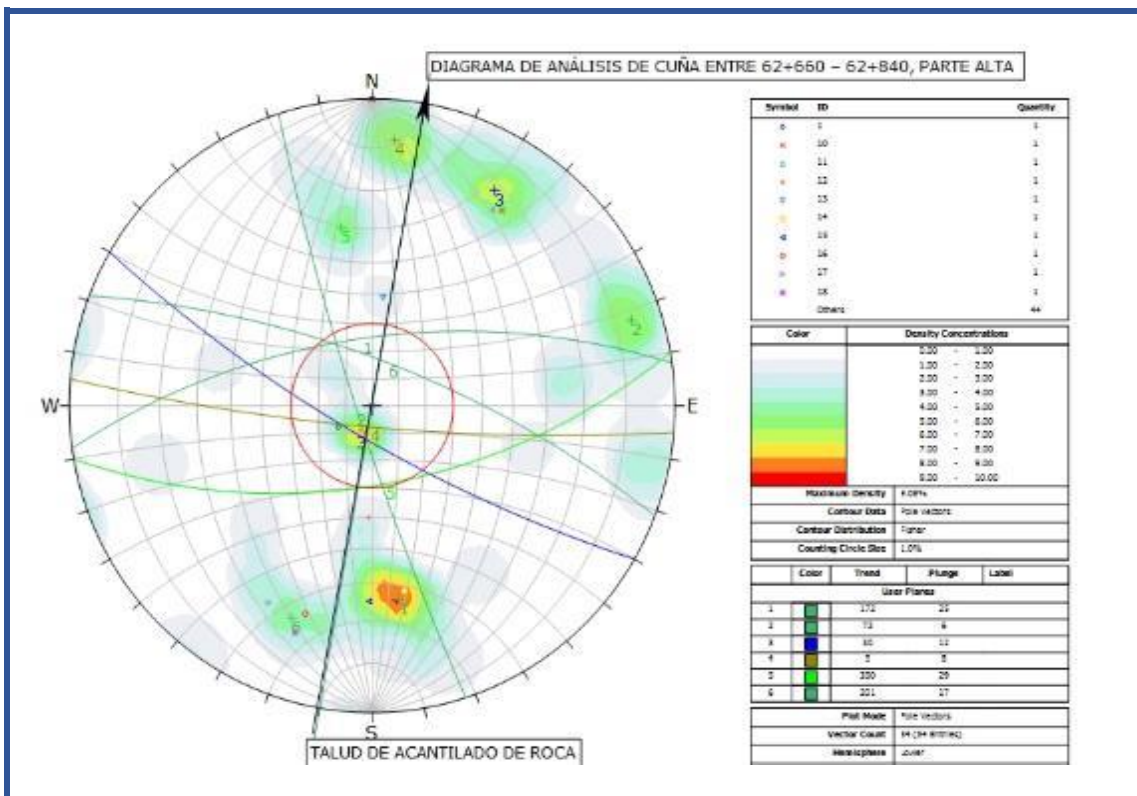


Interseccion de todos los planos de fracturamiento levantados en la estación N° 02 A.

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES

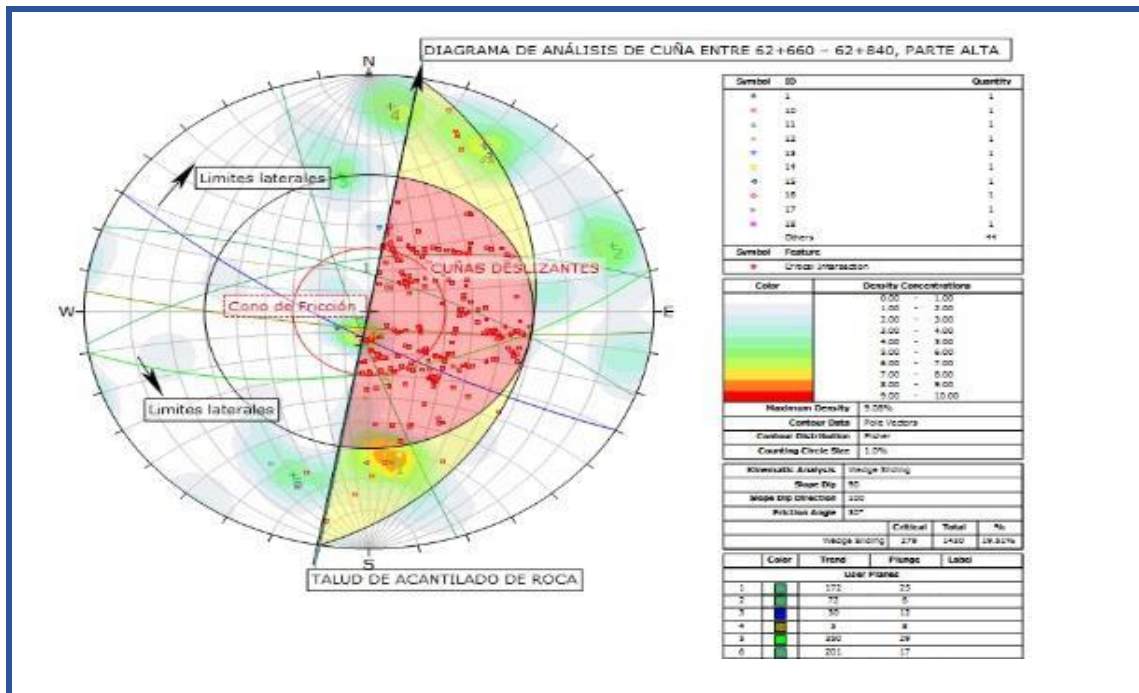


Configuración de las familias de fracturamiento, con ángulo de fricción de 60°.

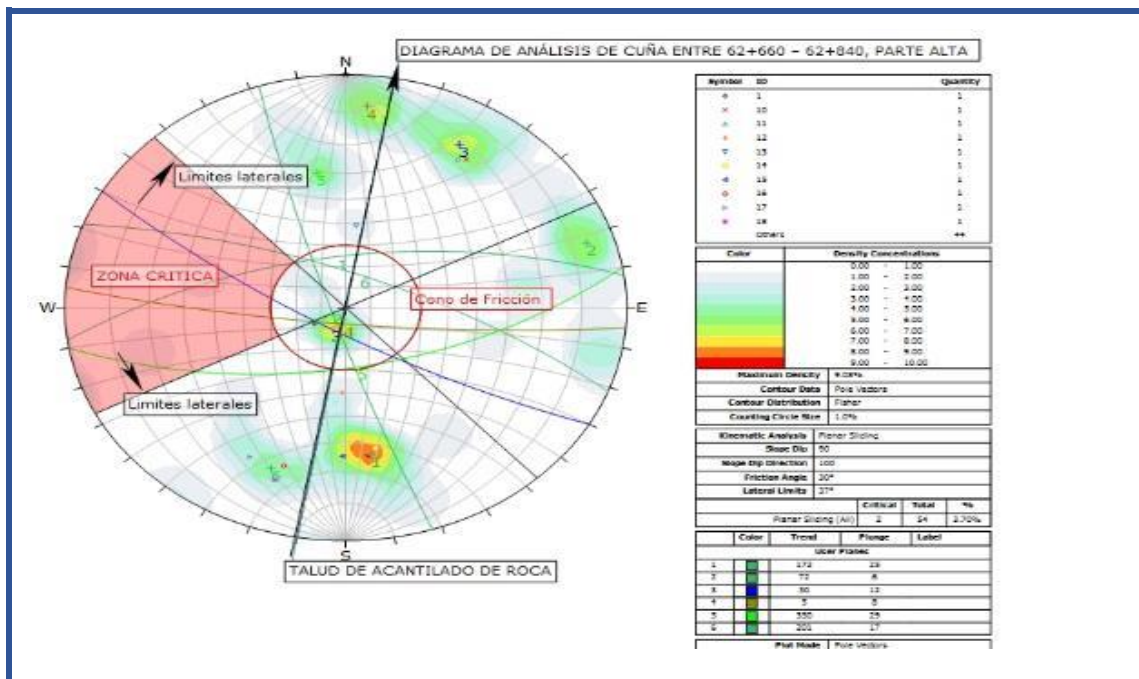


Configuración de las 6 familias de fracturamiento, con un ángulo de fricción de 60° y la Orientación del Talud N10°E.

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS E INTERSECCIONES CRÍTICAS

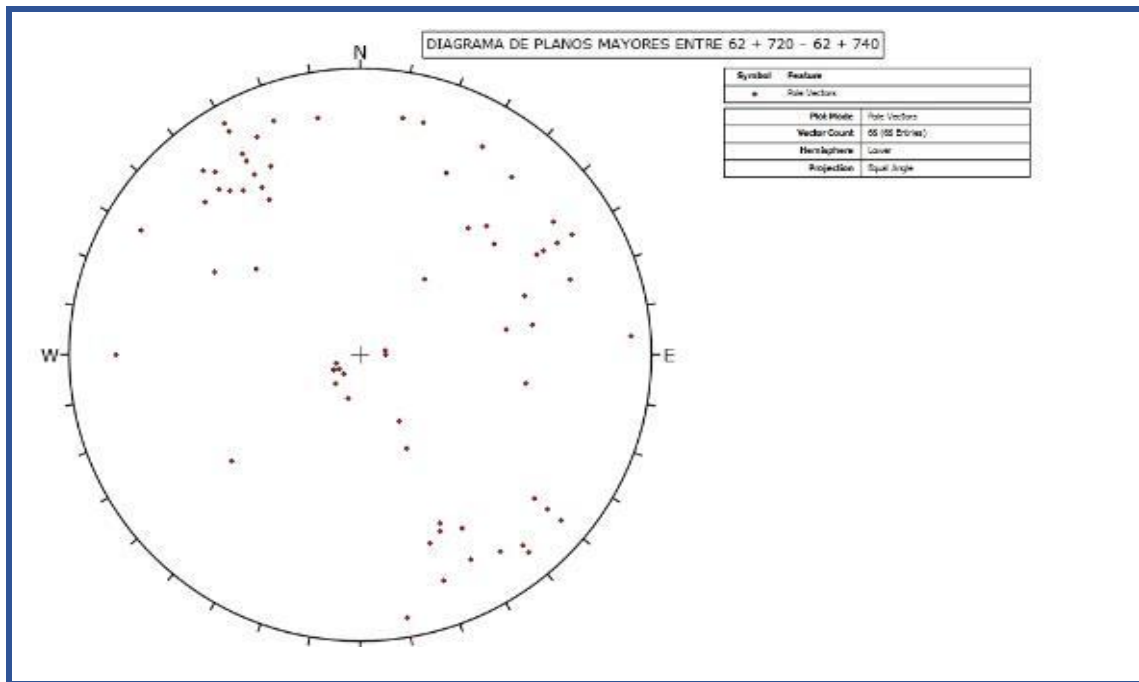


El análisis cinemático para falla tipo cuña, muestra un 45.5% de probabilidad de falla producido por la interceccion de las familia 1-3, 2-3 y 4-6, ver ANEXO I (lamina T-03).



El análisis cinemático para tipo de falla planar, muestra un 3.2% de probabilidad para todas las familias, ver ANEXO I (lamina T-03).

ESTACIÓN N° 03



Proyección estereográfica del macizo rocoso de la estación N° 03. Donde La distribución de los planos de fracturamiento se encuentran concentrados en 4 zonas con algunos planos aleatorios.

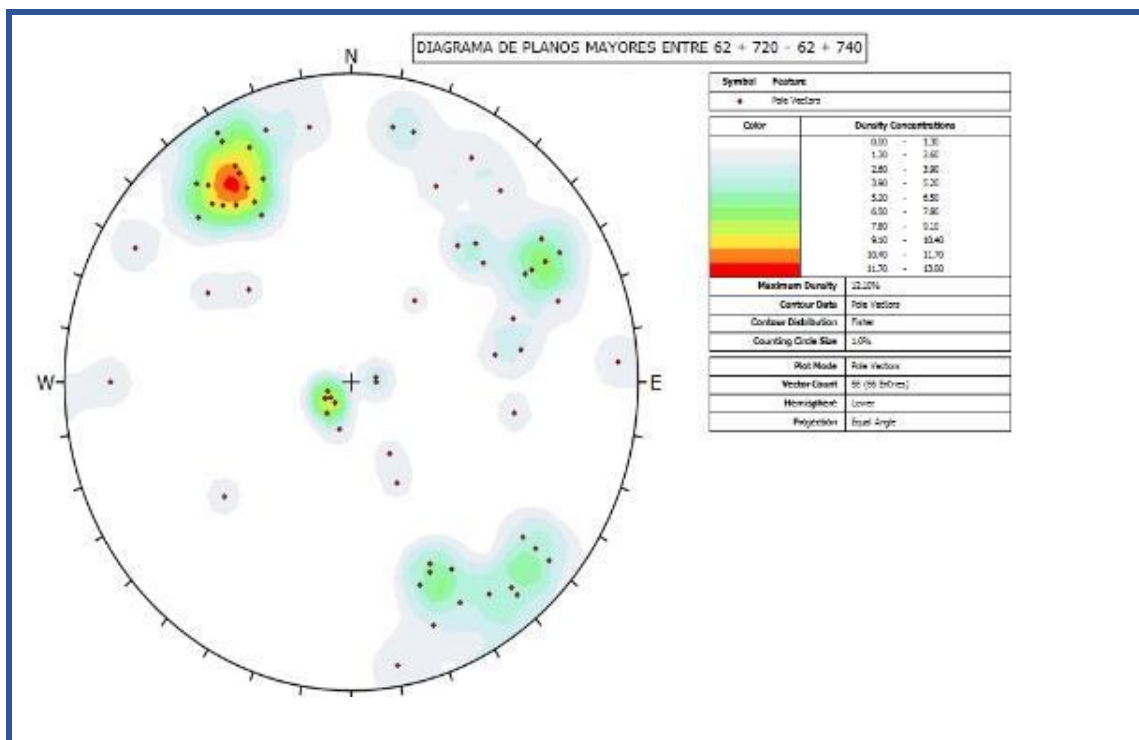
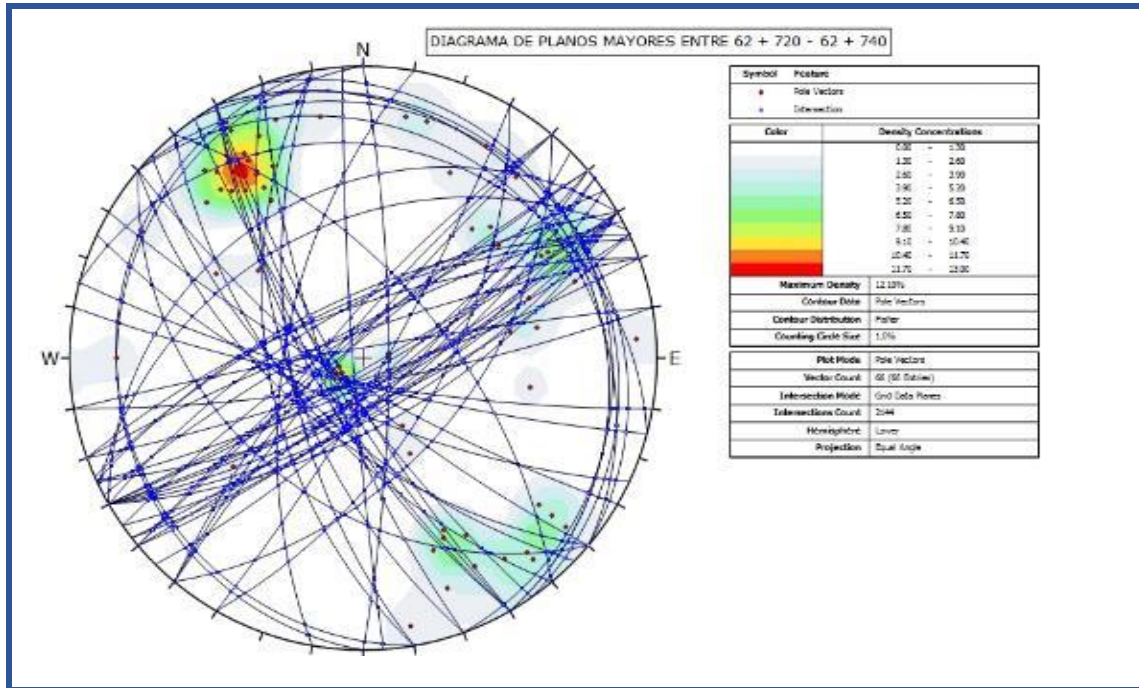
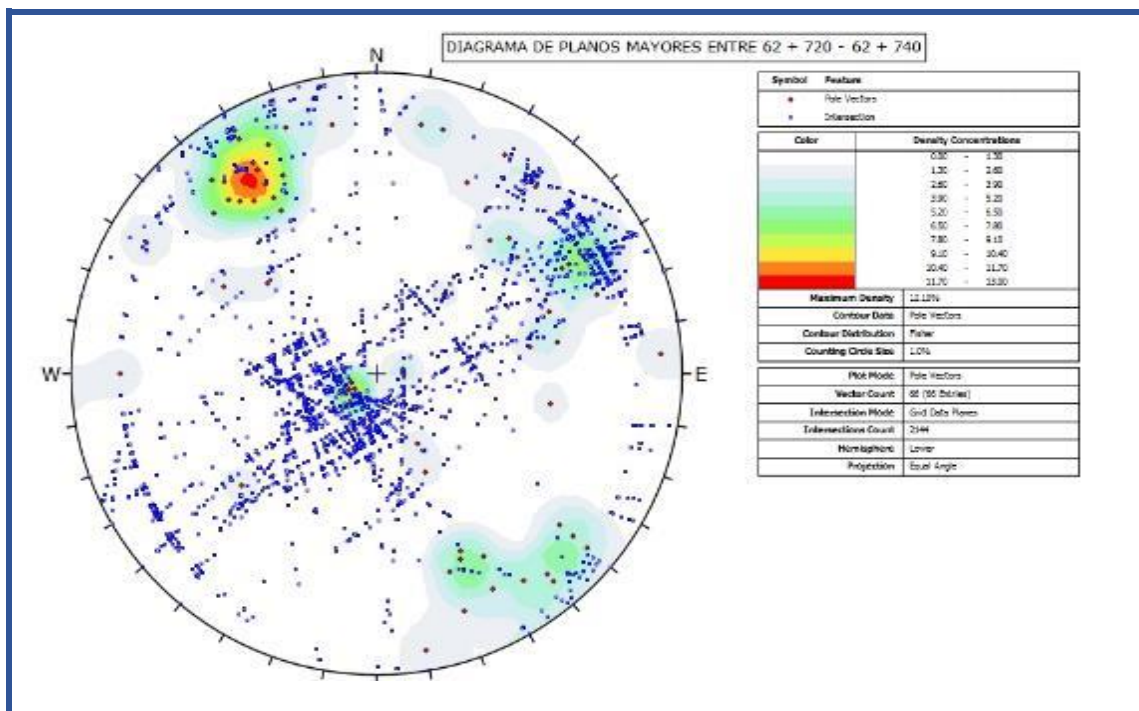


Diagrama de concentración de polos se identifican 5 familias de Fracturamiento de las cuales 4 son las mas predominantes, estación N° 03.

DIAGRAMAS E INTERSECCIONES PLANARES

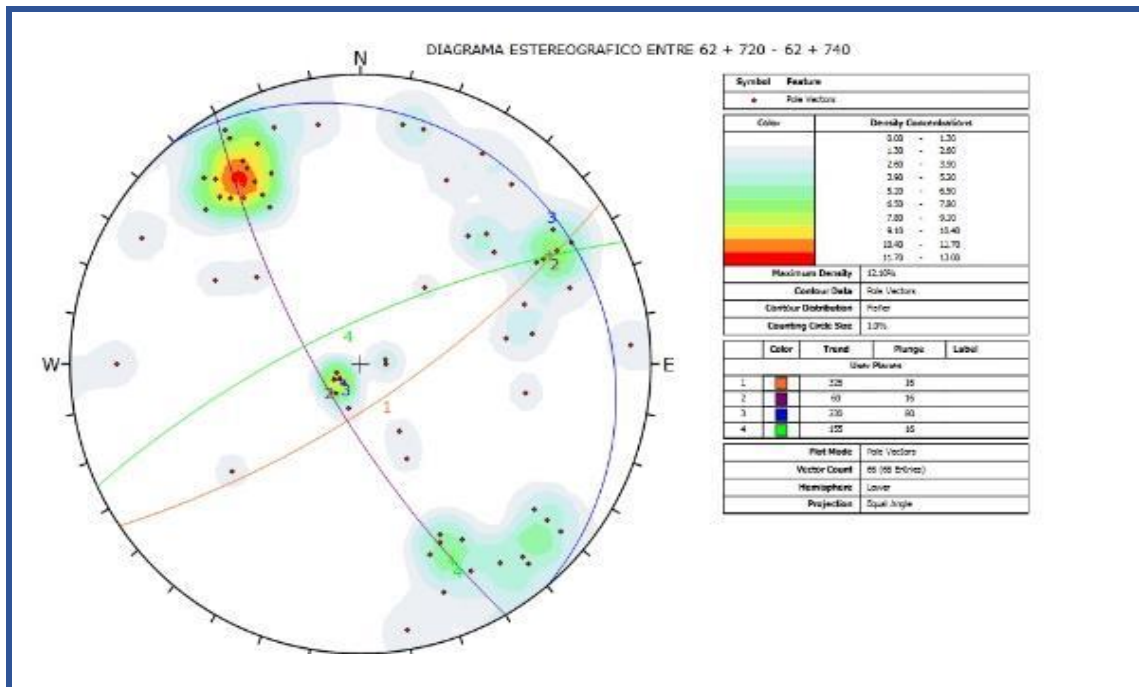


Círculos mayores de todos los planos de fracturamiento estación N° 03. Donde el sector de color rojo muestra una concentración polar de 21% identificando a la familia de mayor numero de planos de fracturamiento.

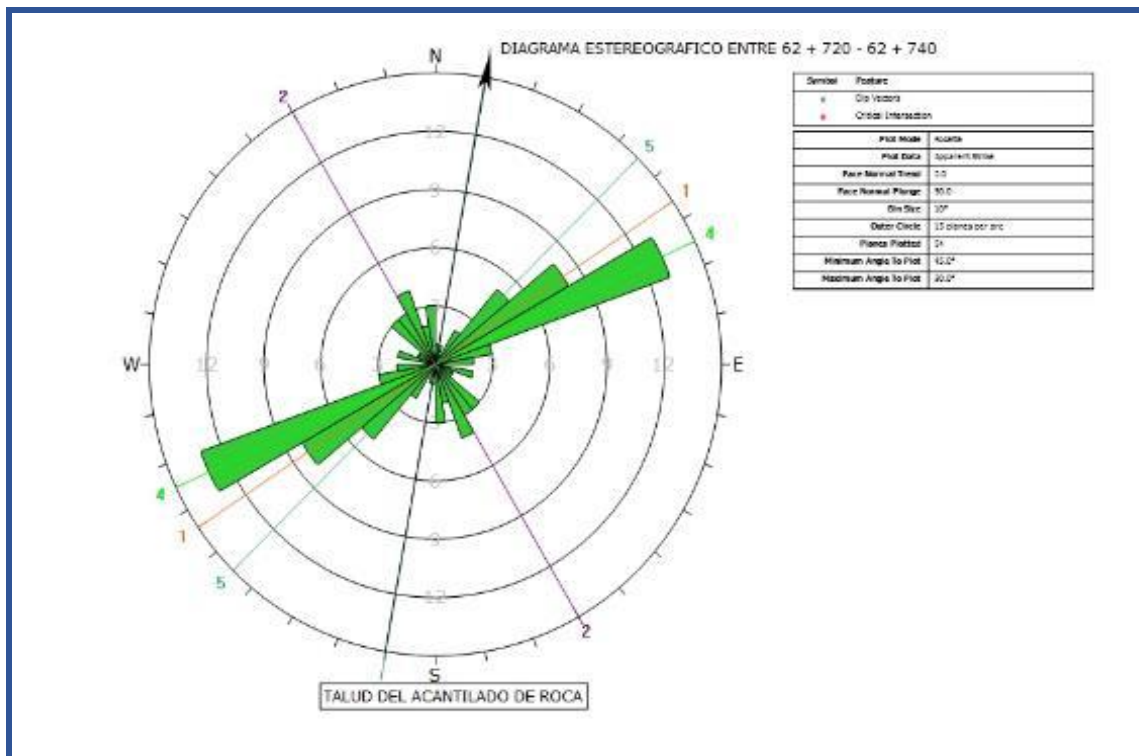


Interseccion de todos los planos de fracturamiento levantados en la estación N° 03.

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES

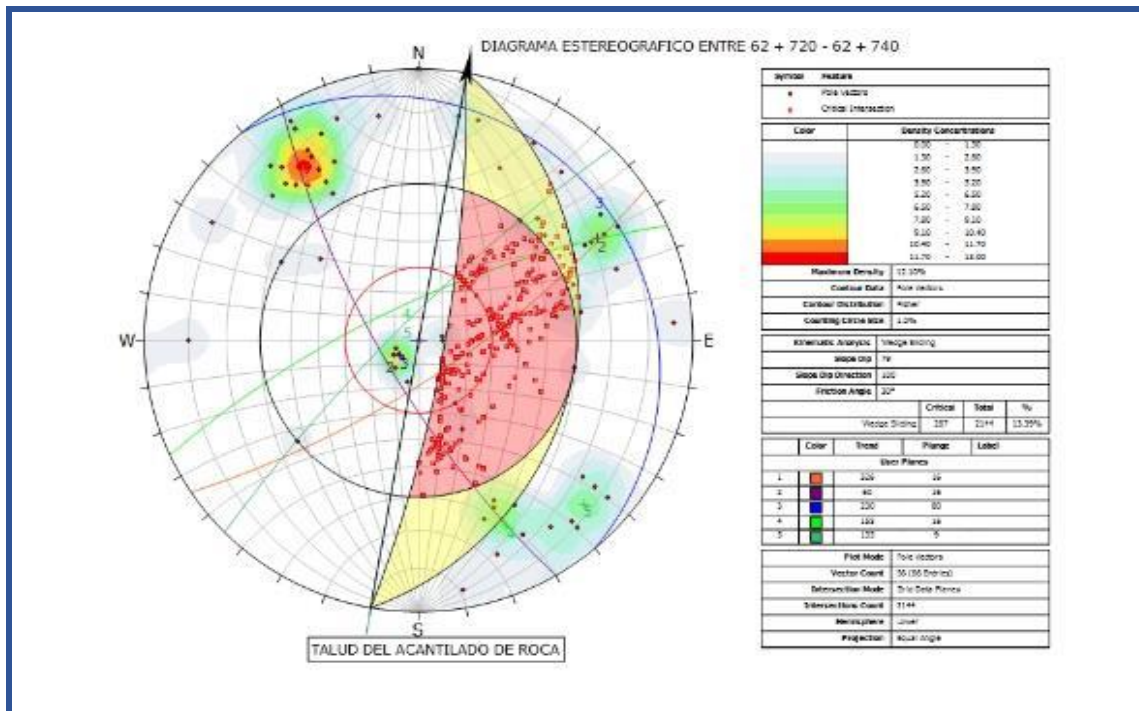


Configuracion de las 4 familias de fracturamiento mas predominantes.

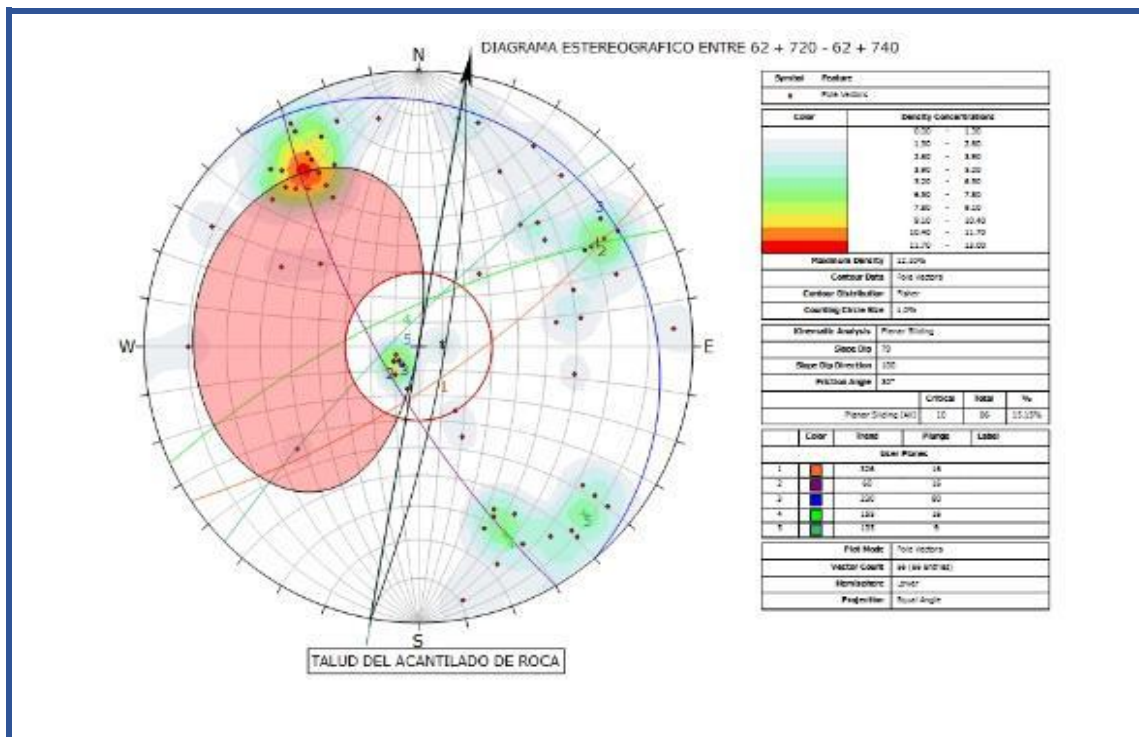


El diagrama de rosetas muestra que las orientaciones de las familias de planos de fracturamiento son ligeramente favorables a favorables con respecto de la orientación del talud y en este caso la familia 4 es la de mayor densidad.

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS E INTERSECCIONES CRÍTICAS

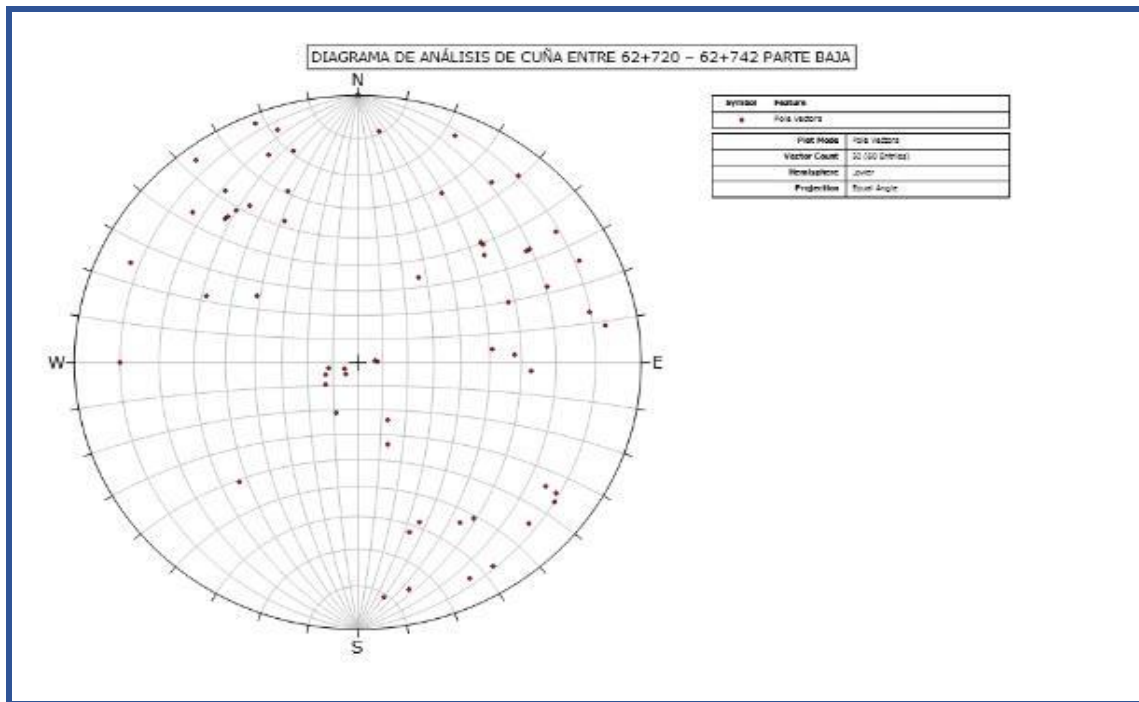


El análisis cinemático para falla tipo cuña, muestra un 15.3% de probabilidad de falla producido por la intercecion de las familia 5y3, ver ANEXO I (lamina T-03).



El análisis cinemático para tipo de falla planar, muestra un 25.3% de probabilidad para todas las familias, ver ANEXO I (lamina T-03).

ESTACIÓN NO 03 A. PARTE BAJA DEL ACANTILADO CERRO PUCARA



Proyección estereográfica del macizo rocoso de la estación N° 03 A. Donde La distribución de los planos de fracturamiento se encuentran concentrados en 5 zonas con algunos planos aleatorios.

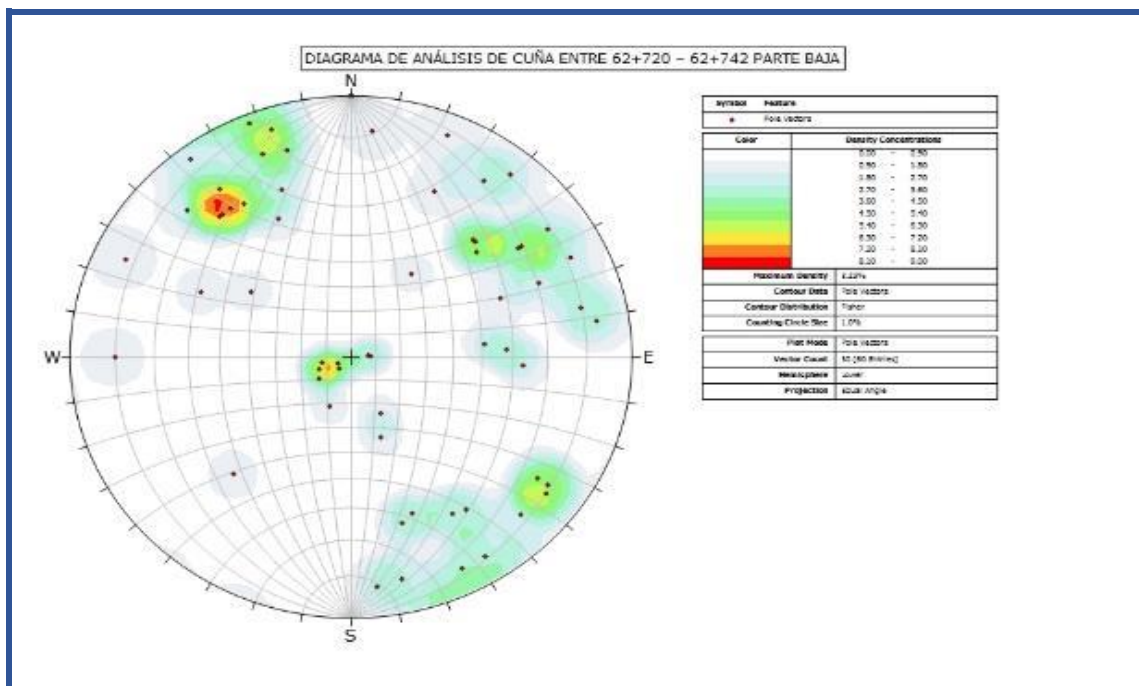
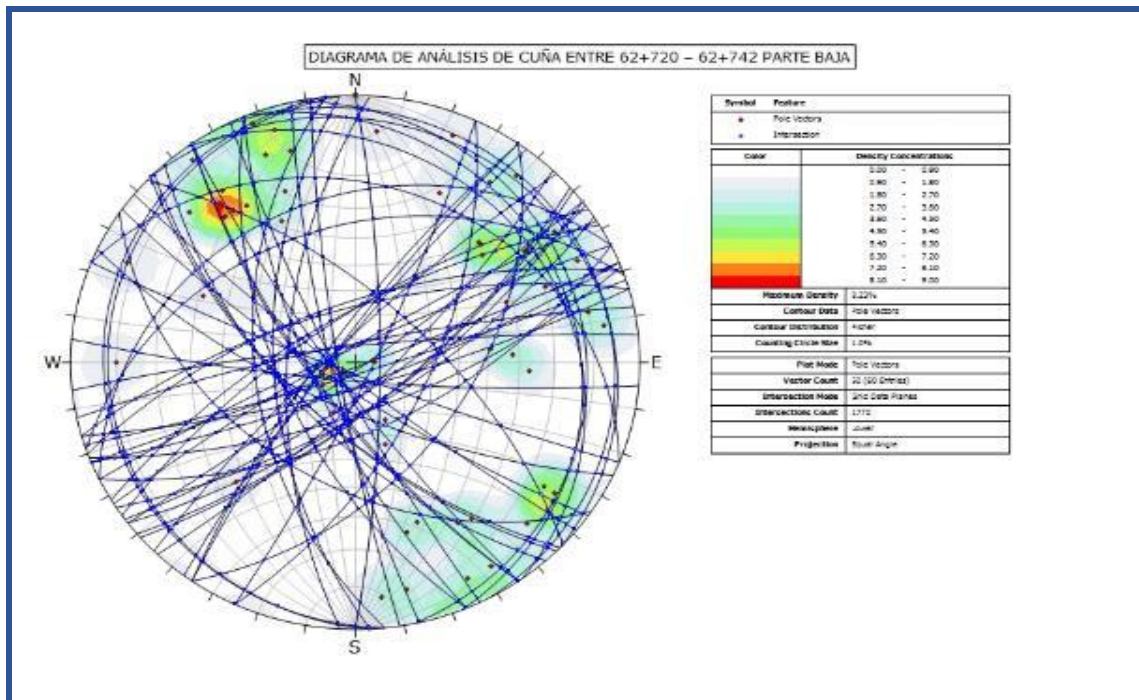
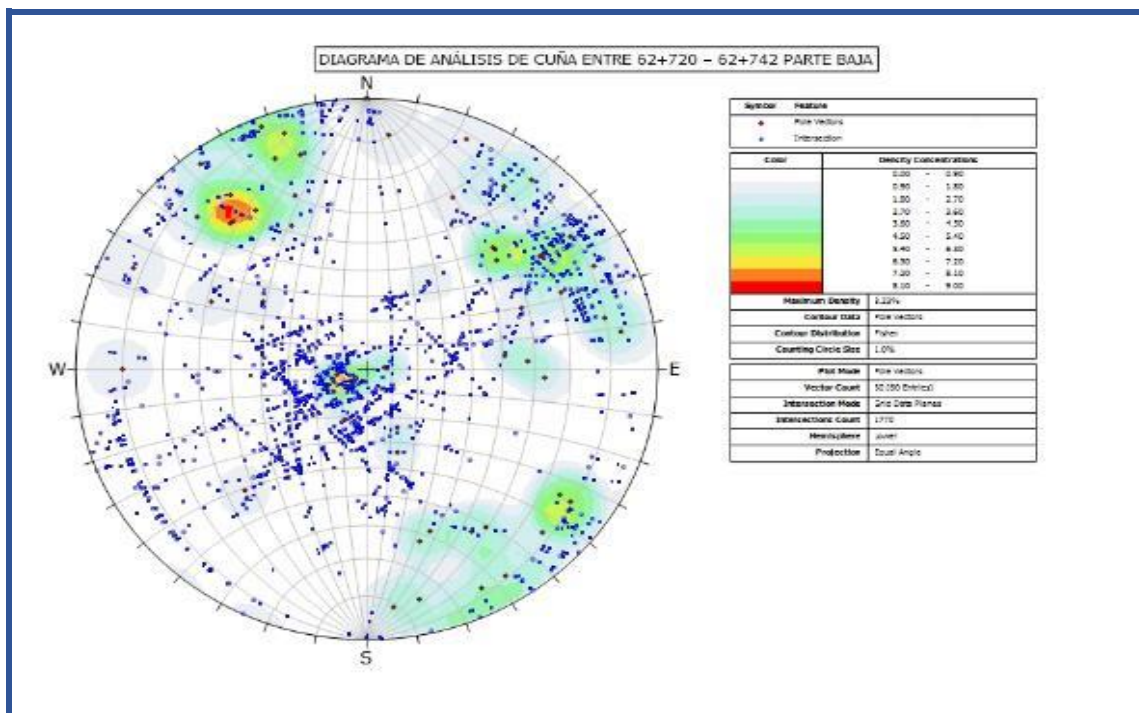


Diagrama de concentración de polos se identifican 6 familias de Fracturamiento de las cuales 5 son las mas predominantes, estación N° 03 A.

DIAGRAMAS E INTERSECCIONES PLANARES

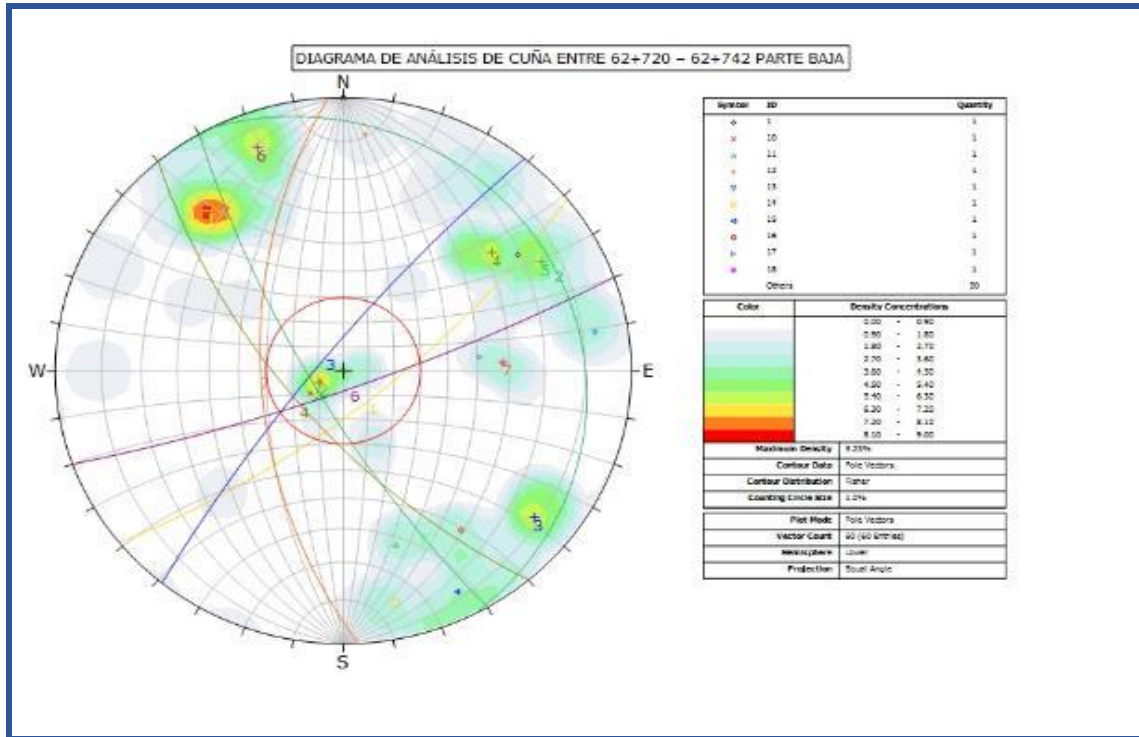


Círculos mayores de todos los planos de fracturamiento estación N° 03 A. Donde el sector de color rojo muestra una concentración polar de 9.22% identificando a la familia de mayor numero de planos de fracturamiento.

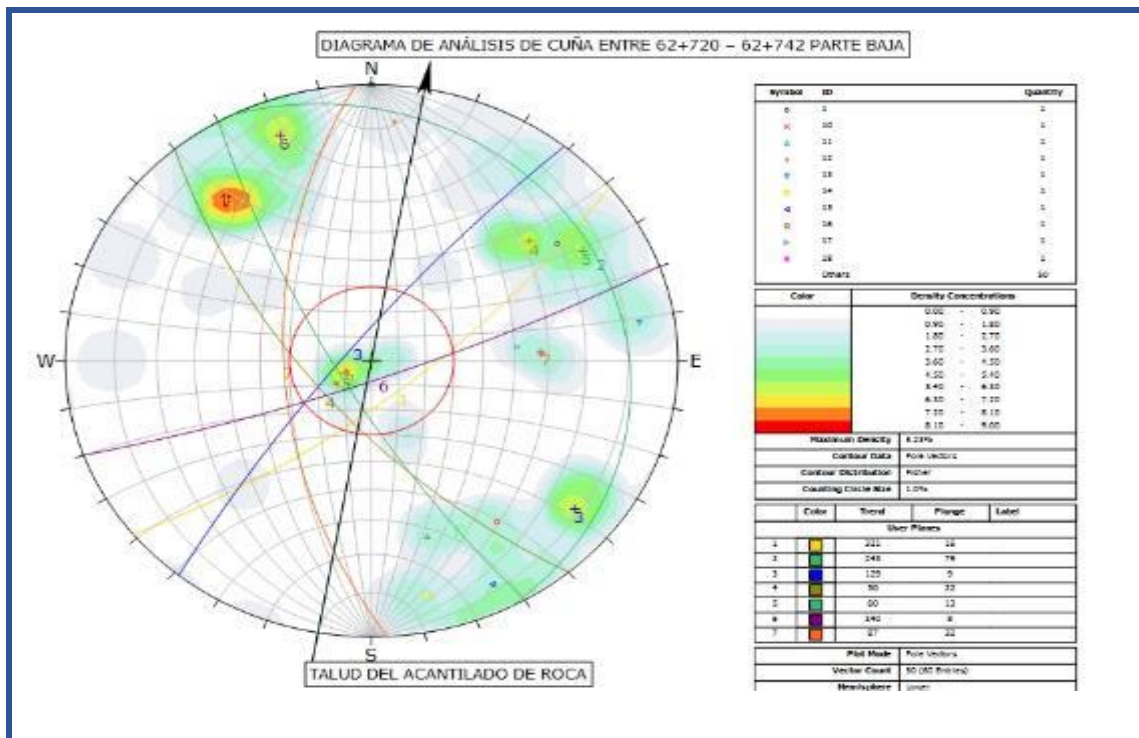


Interseccion de todos los planos de fracturamiento levantados en la estación N° 03 A.

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES

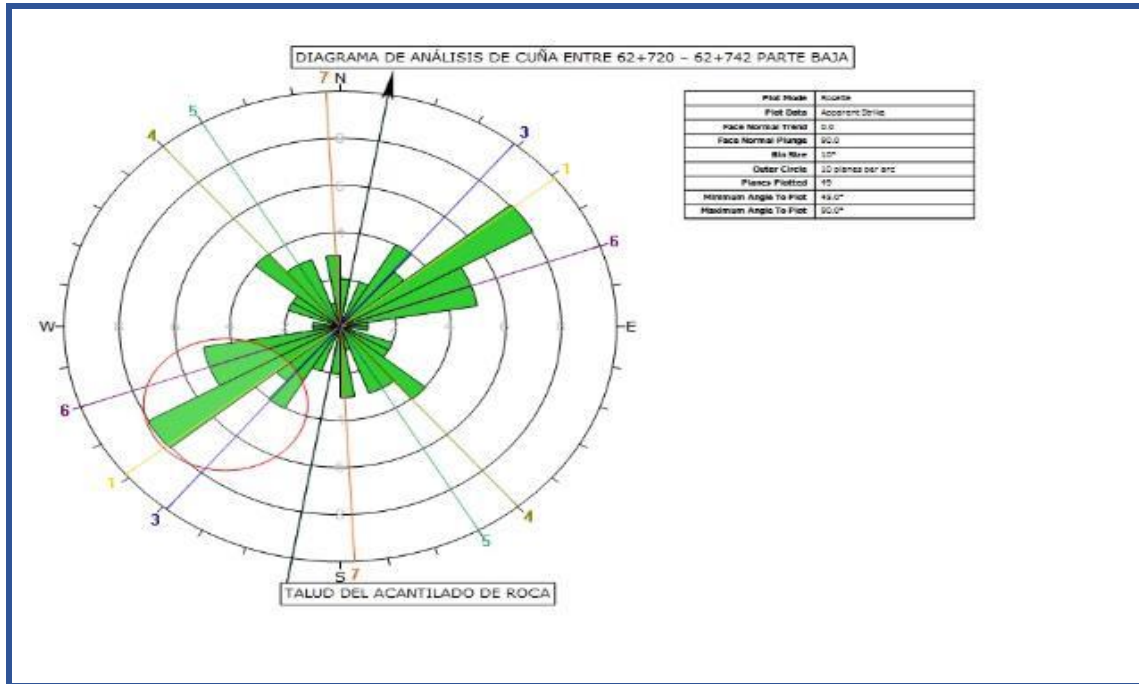


Configuracion de las 7 familias de fracturamiento mas predominantes con un angulo de friccion de 60°.

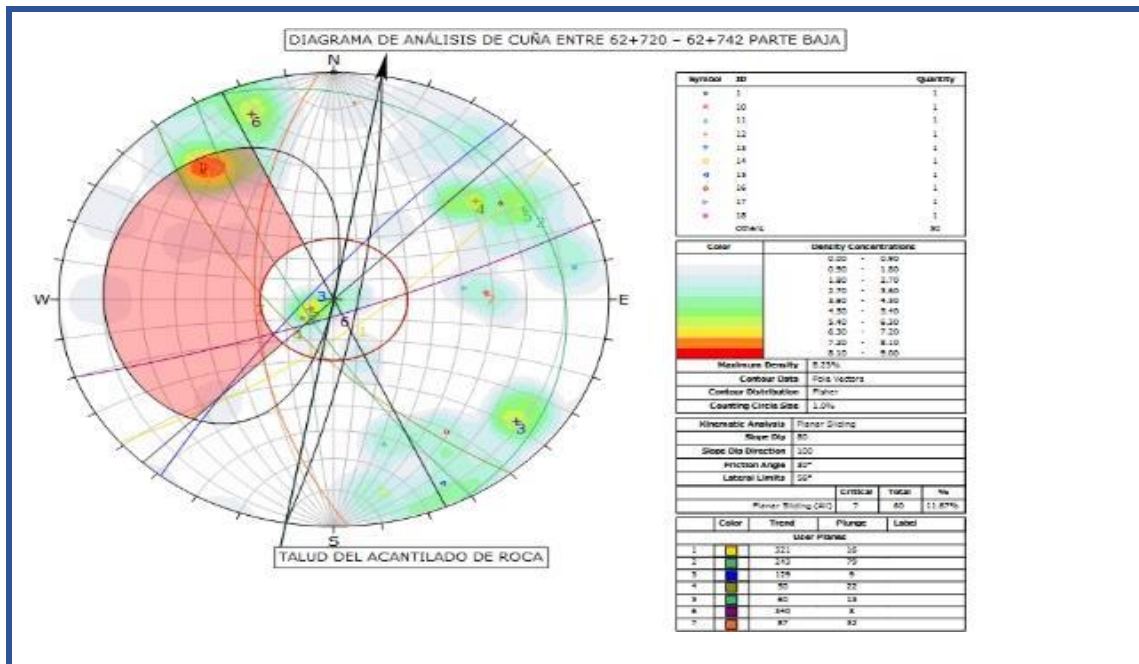


Configuracion de las 7 familias de fracturamiento mas predominantes con un angulo de friccion de 60°y la orientación del Talud N10°E.

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS E INTERSECCIONES CRÍTICAS

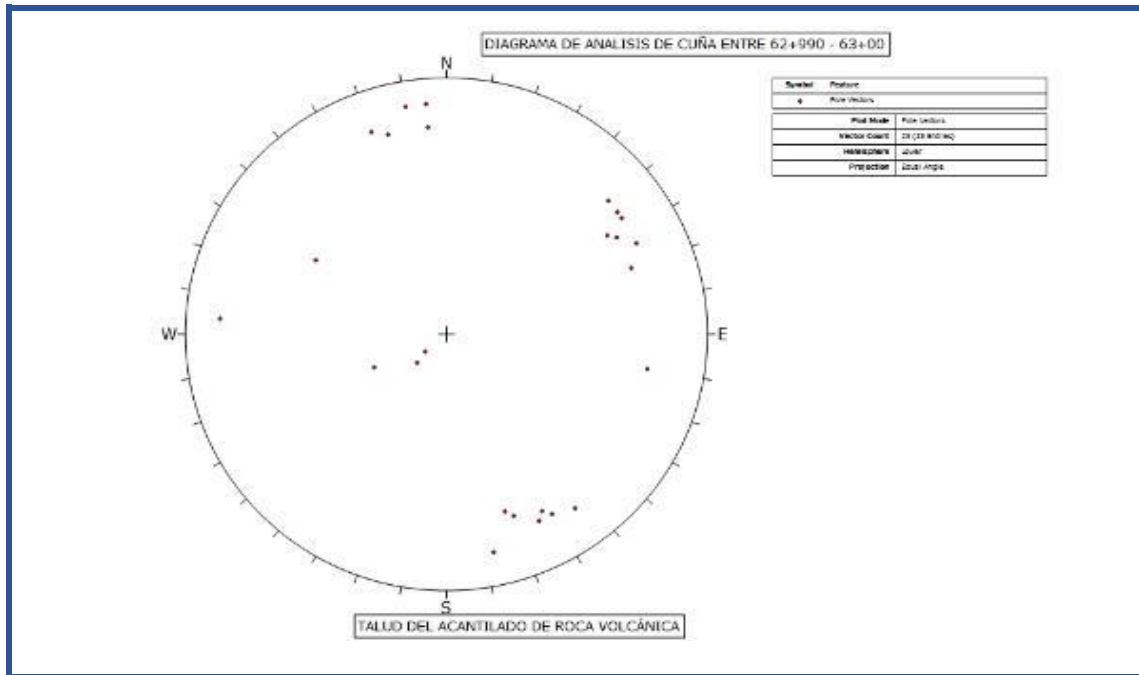


El diagrama de rosetas muestra que las orientaciones de las familias de planos de fracturamiento son ligeramente favorables con respecto de la orientación del talud y en este caso la familia 1 es la de mayor densidad y mas favorable y la familia 7 se muestra como la mas desfavorable.



El análisis cinemático para tipo de falla planar, muestra un 11.87% de probabilidad para todas las familias, ver ANEXO I (lamina T-03).

ESTACIÓN N° 04, TALUD DEL ACANTILADO DE ROCA VOLCÁNICA



Proyección estereográfica del macizo rocoso de la estación N° 04. Donde La distribución de los planos de fracturamiento se encuentran concentrados en 4 zonas con algunos planos aleatorios.

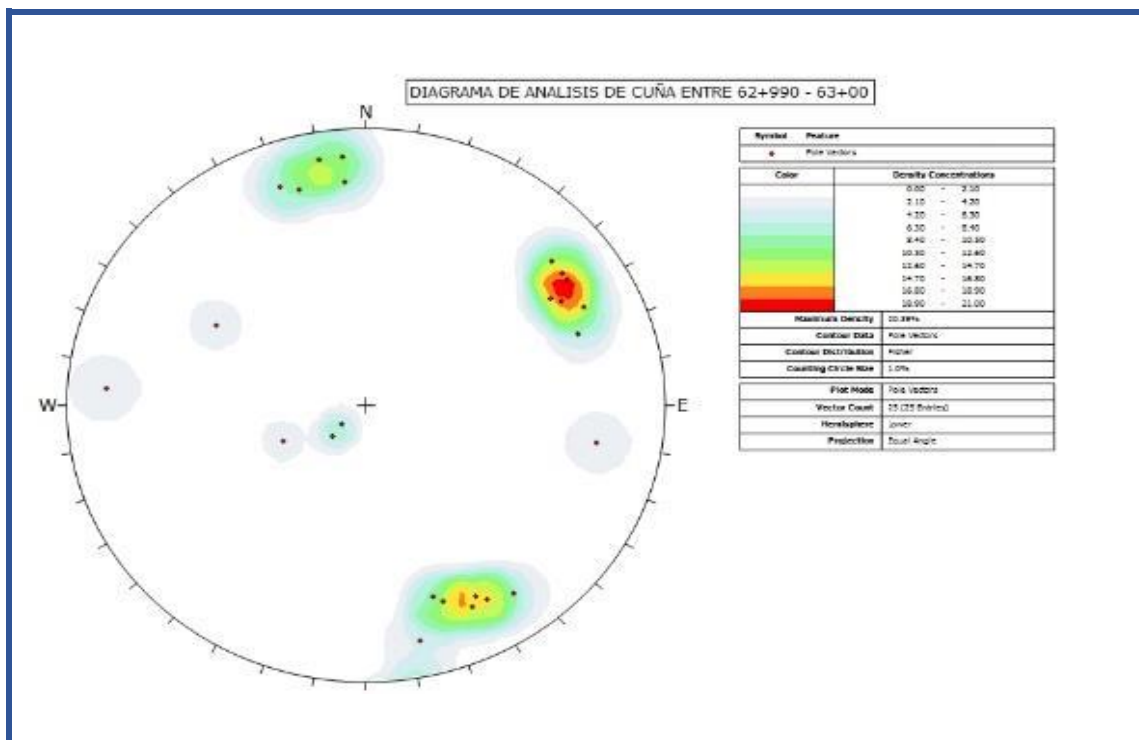
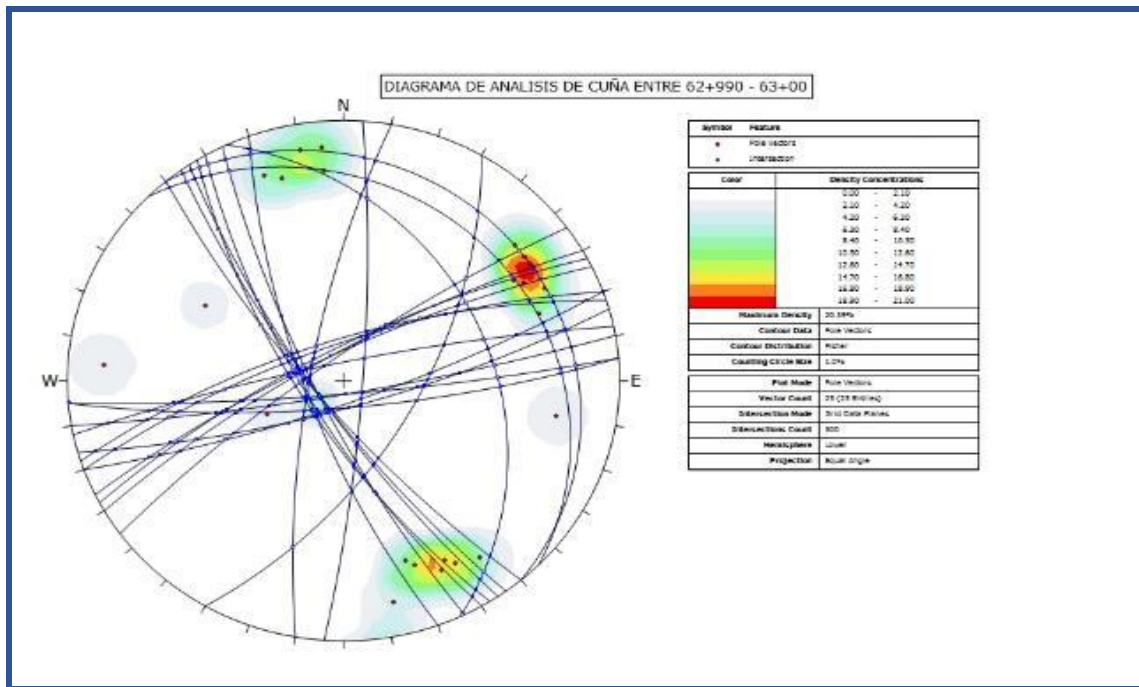
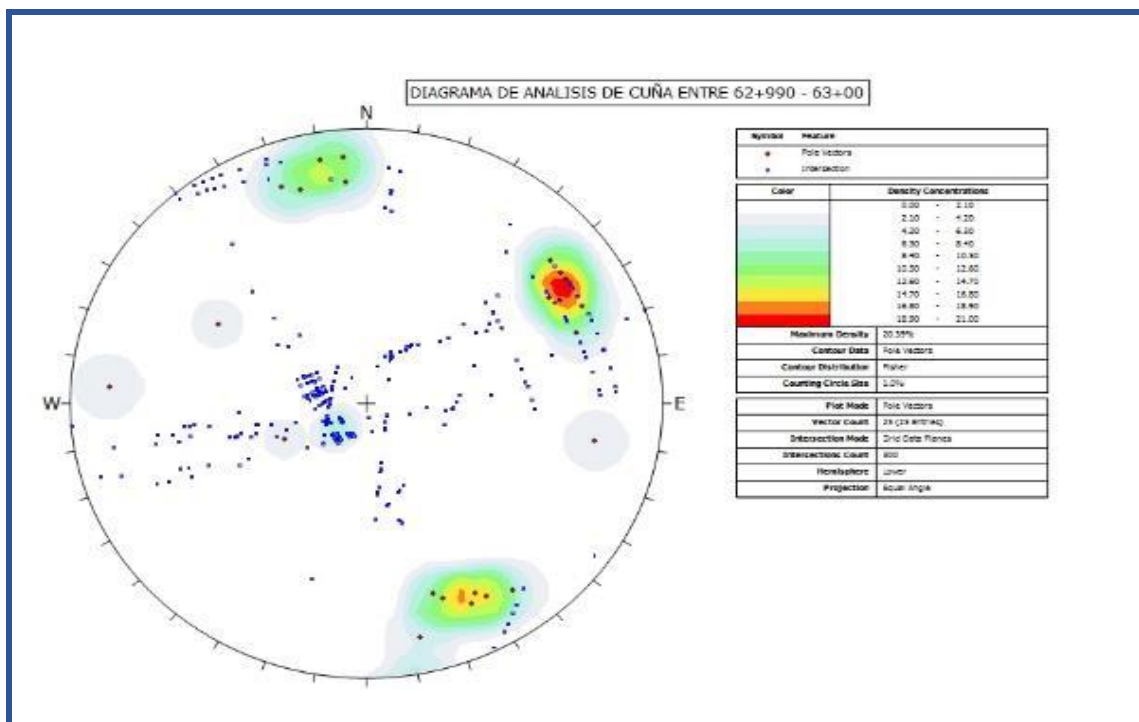


Diagrama de concentración de polos se identifican 4 familias de Fracturamiento de las cuales 3 son las mas predominantes, estación N° 04.

DIAGRAMAS E INTERSECCIONES PLANARES

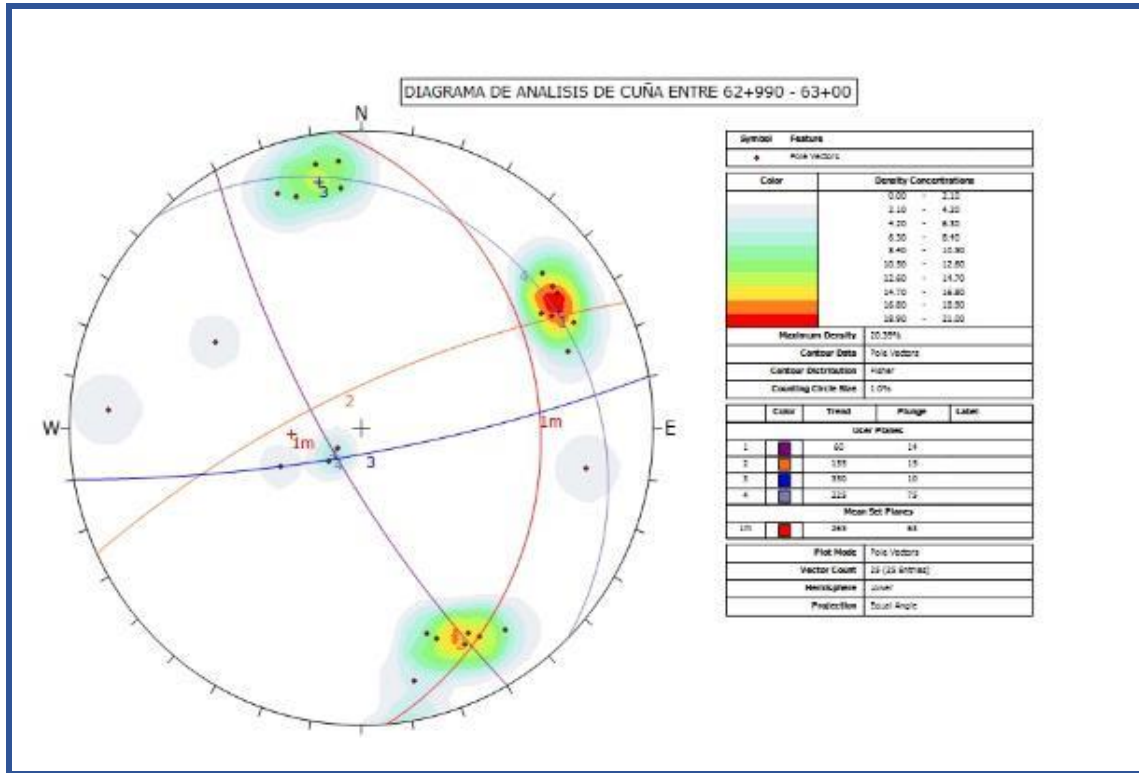


Círculos mayores de todos los planos de fracturamiento estación N° 04. Donde el sector de color rojo muestra una concentración polar de 20% identificando a la familia de mayor numero de planos de fracturamiento.

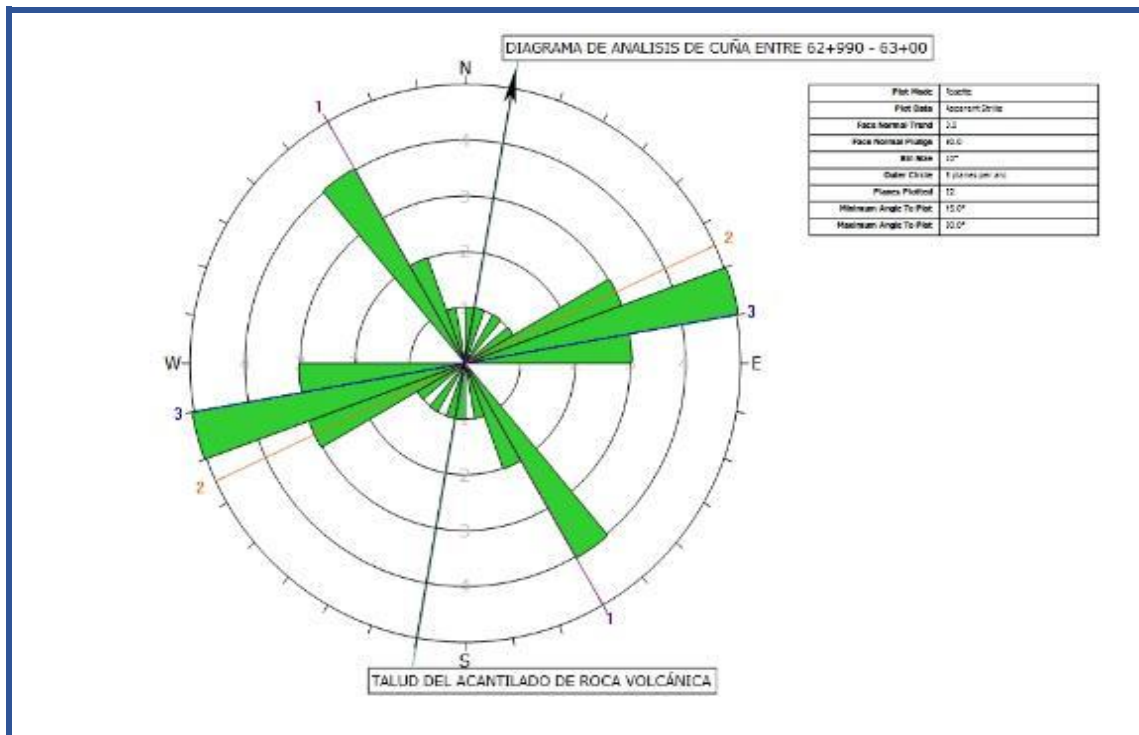


Intersección de todos los planos de fracturamiento levantados en la estación N° 04.

DIAGRAMA DE PLANOS MAYORES

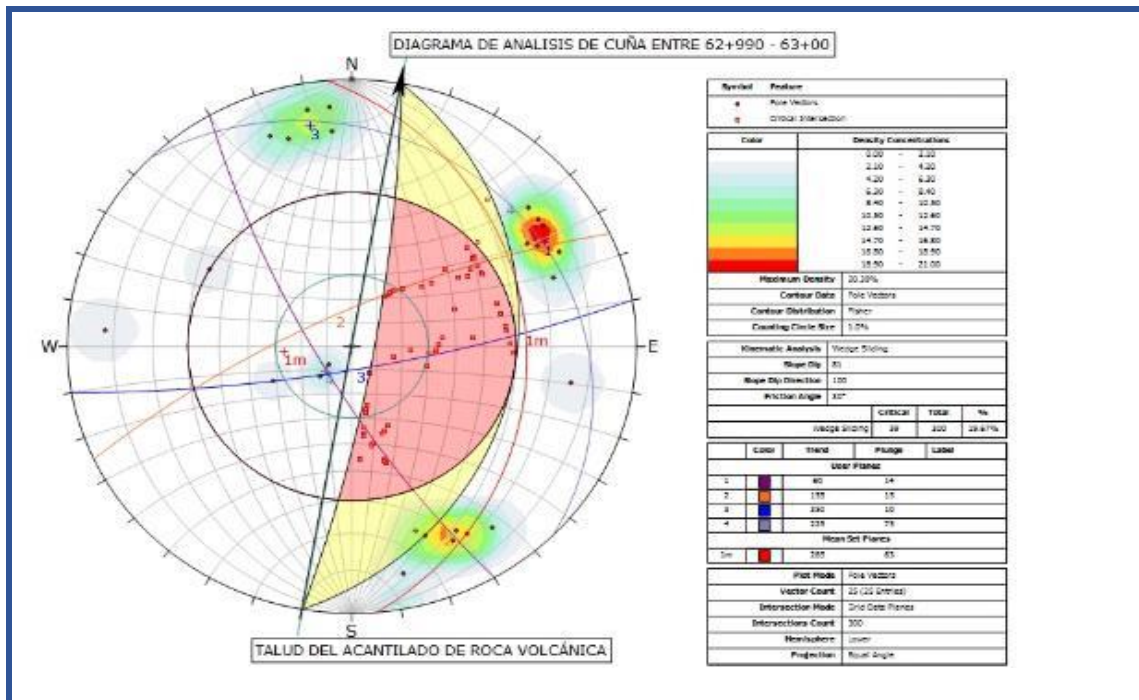


Configuracion de las 4 familias de fracturamiento bien definidas

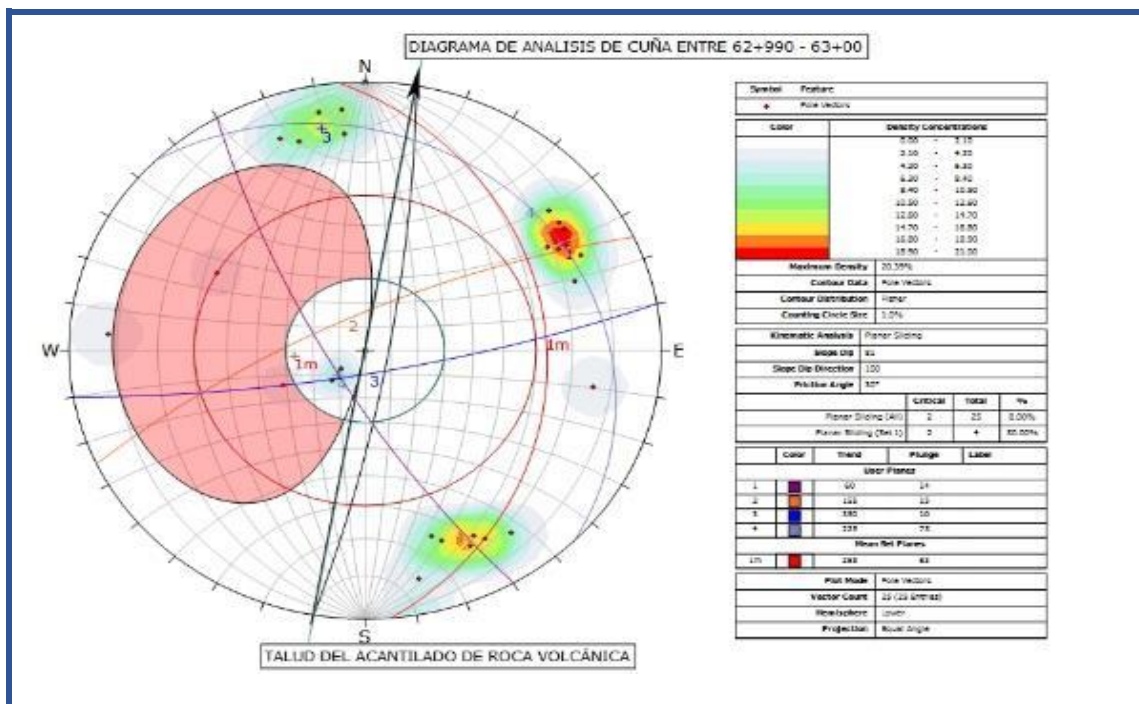


El diagrama de rosetas muestra que las orientaciones de las familias de planos de fracturamiento son ligeramente favorables con respecto de la orientación del talud y en este caso la familia 3 y 1 son de mayor densidad.

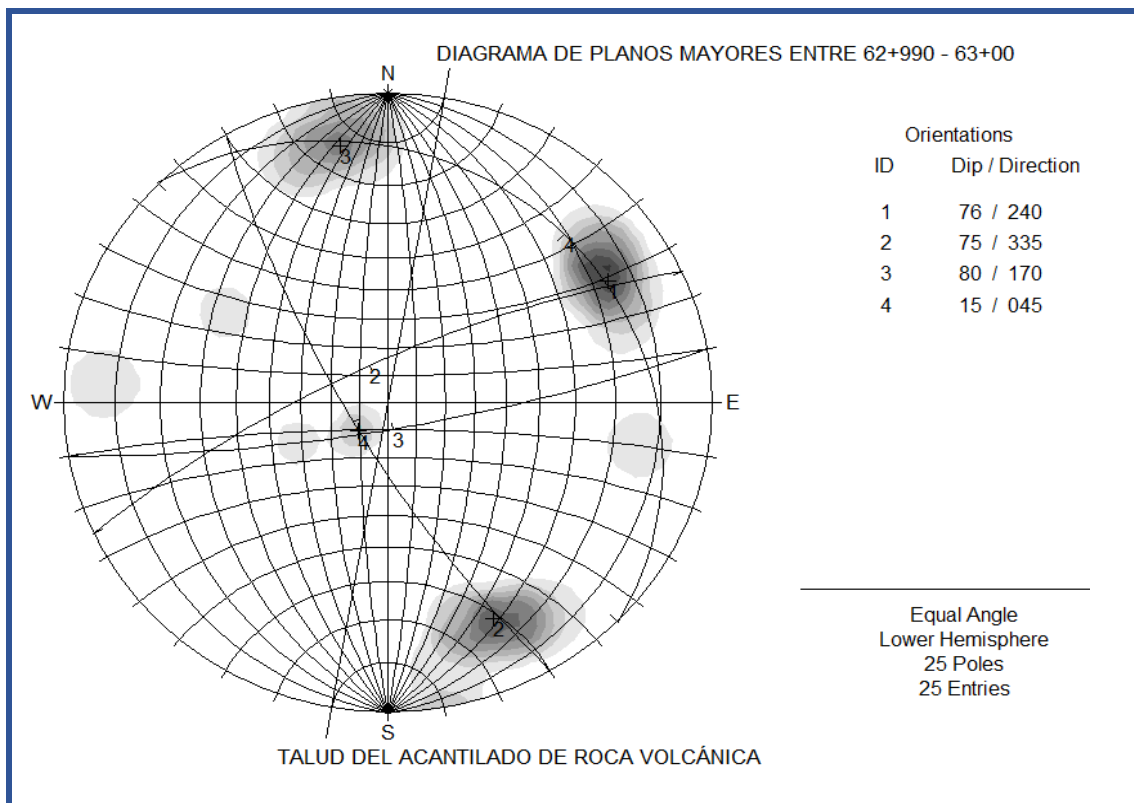
IDENTIFICACIÓN DE ZONAS E INTERSECCIONES CRÍTICAS



El análisis cinemático para falla tipo cuña, muestra un 28.67% de probabilidad de falla producido por la intercecion de las familia 1y3, ver ANEXO I (lamina T-03).



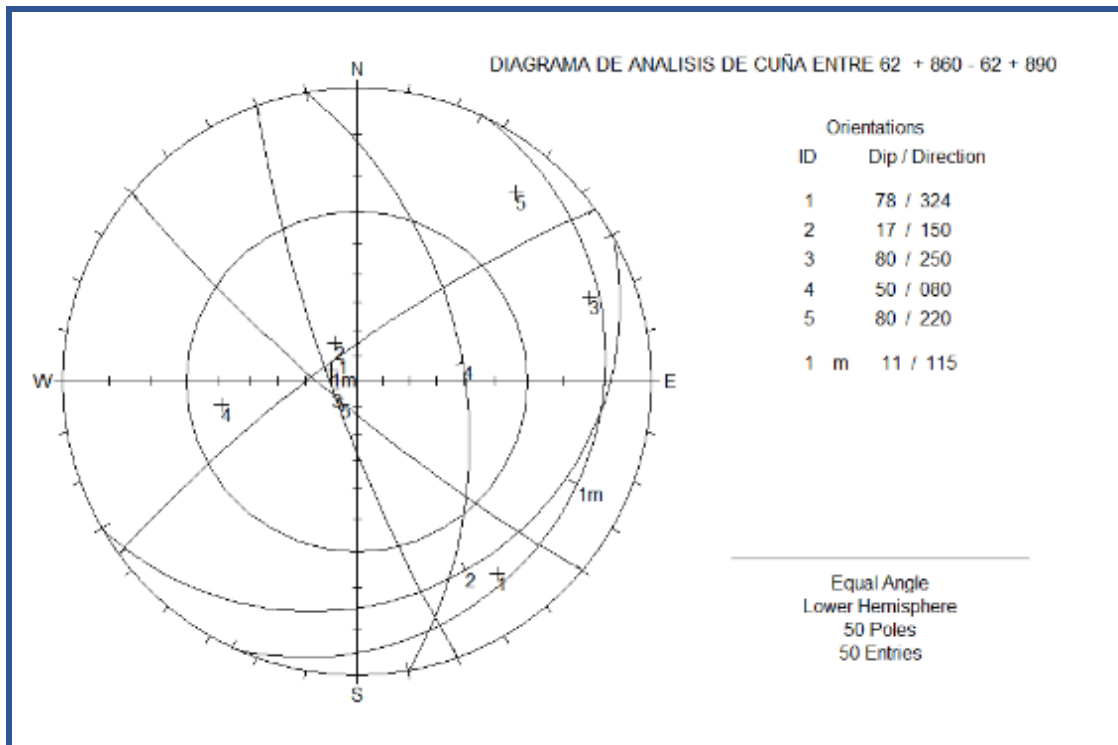
El análisis cinemático para tipo de falla planar, muestra un 36.88% de probabilidad para todas las familias, ver ANEXO I (lamina T-03).



Progresiva 52+860	Principales sistemas de discontinuidades				Observaciones
	Primer	Segundo	Tercero	Aleatorio	
	324/78	150/17	250/80	80/50	Cuñas de caída libre

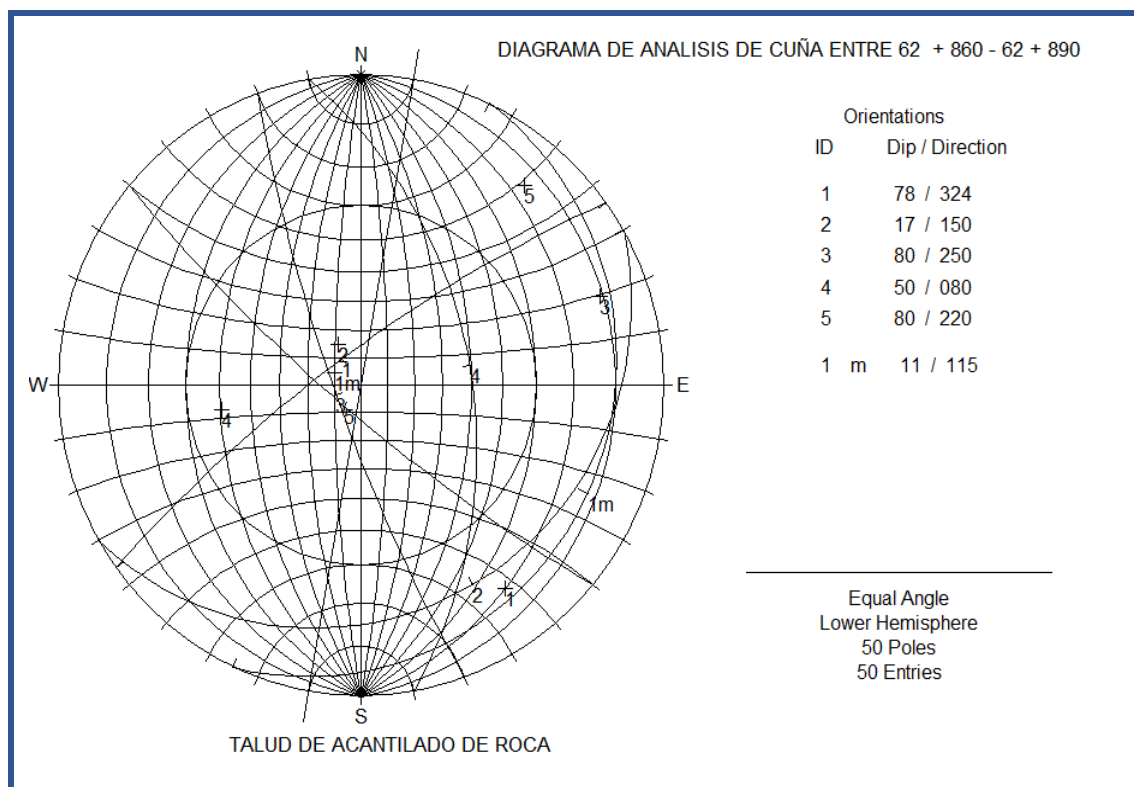
Cuadro 10 CUADRO DE PRINCIPALES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES

Discontinuidades dominantes de deformación, en el macizo rocoso, caracterizadas de derrame de lavas volcánicas, que corresponde al volcánico Tacaza. La clasificación geomecánica de RMR es 38; valor que corresponde a roca de mala calidad.



La intersección de los sistemas de discontinuidades dominantes, que interactúan en la estabilidad natural de autosostenimiento entre la progresiva 62+860, ha sido nuevamente fractura por sistema de fallas en la dirección N 42° E, que buzanan a 78° NW.

El análisis de cuña de caída libre en ésta zona tiene una dirección de N 25° E / 11° SE de buzamiento; esto indica que los bloques de roca y cuñas libre, con relleno de arcillas entre los planos de fallas y juntas son propensos a caerse libremente en la dirección aguas abajo del corte de talud en roca de tipo III, algunas mejoras de roca de tipo II; según el comportamiento de los parámetros geomecánicos.



4.1.2.3. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO

Según las investigaciones realizadas in situ, en el acantilado del proyecto de mejoramiento de la carretera de acceso y apertura; se considera roca de mala calidad en su mayoría; con algunas mejoras en el interior del macizo. Se considera que las rocas volcánicas, están sujetos a una zona sumamente vulnerable en la dirección hacia la depresión y hundimiento lento en millones de años, en este tramo.

El derrame de lavas volcánicas andesíticas, se encuentra sobreyaciendo por encima de finas capas de cenizas y depósitos piroclásticos. Por el momento se encuentra con auto-sostenimiento natural.

4.1.2.4. PARÁMETROS GEOMECÁNICOS

A) Resistencia a la Compresión Uniaxial

La resistencia a la compresión simple de las paredes de las discontinuidades, depende del tipo de matriz rocosa, de la existencia del tipo de relleno, del grado de alteración de las paredes de las juntas; estas condiciones influyen en la resistencia al corte y en la deformabilidad del plano de discontinuidad, sobre todo si no presenta relleno. La resistencia de los planos de discontinuidades viene dada por el criterio de ruptura de Mohr – Coulomb, y se determina en el ensayo de resistencia al corte en probetas talladas, de tal forma que la ruptura se produzca a favor del plano de discontinuidad. Utilizando las correlaciones corresponden a valores que varían entre 30 – 60 Mpa, de resistencia en areniscas grises silicificadas de buena consistencia, en las zonas alteradas, con tendencia a mejorar en profundidad; debido a que, allí no están expuestas al proceso de meteorización por escorrentía de superficie. Además los planos de discontinuidades, son poco lisas y rugosas.

Los valores obtenidos de los datos de rebote del golpe de martillo de Schmidt sobre la superficie del derrame en cada una de las estaciones zonificadas, para calcular los valores de resistencia de compresión uniaxial; en las estaciones zonificadas, en la zona del talud; el resultado es de 32.8, 30.40, 31.0, 32.1, 30.0, 31.20; los otros seis valores aleatorios han sido eliminados para obtener el promedio; cuyo valor es de 32.25, para un peso específico de 27 KN/m^3 , datos que corresponden a las areniscas y cuarcitas grises silicificadas. Interpolando en el ábaco de correlación de resistencia del martillo de Schmidt, se tiene un valor de 42 MP.

Este dato obtenido sirve para calcular el valor de RMR e índice geológico de resistencia (GSI). Resultado de observación esta graficado en la figura No 1.

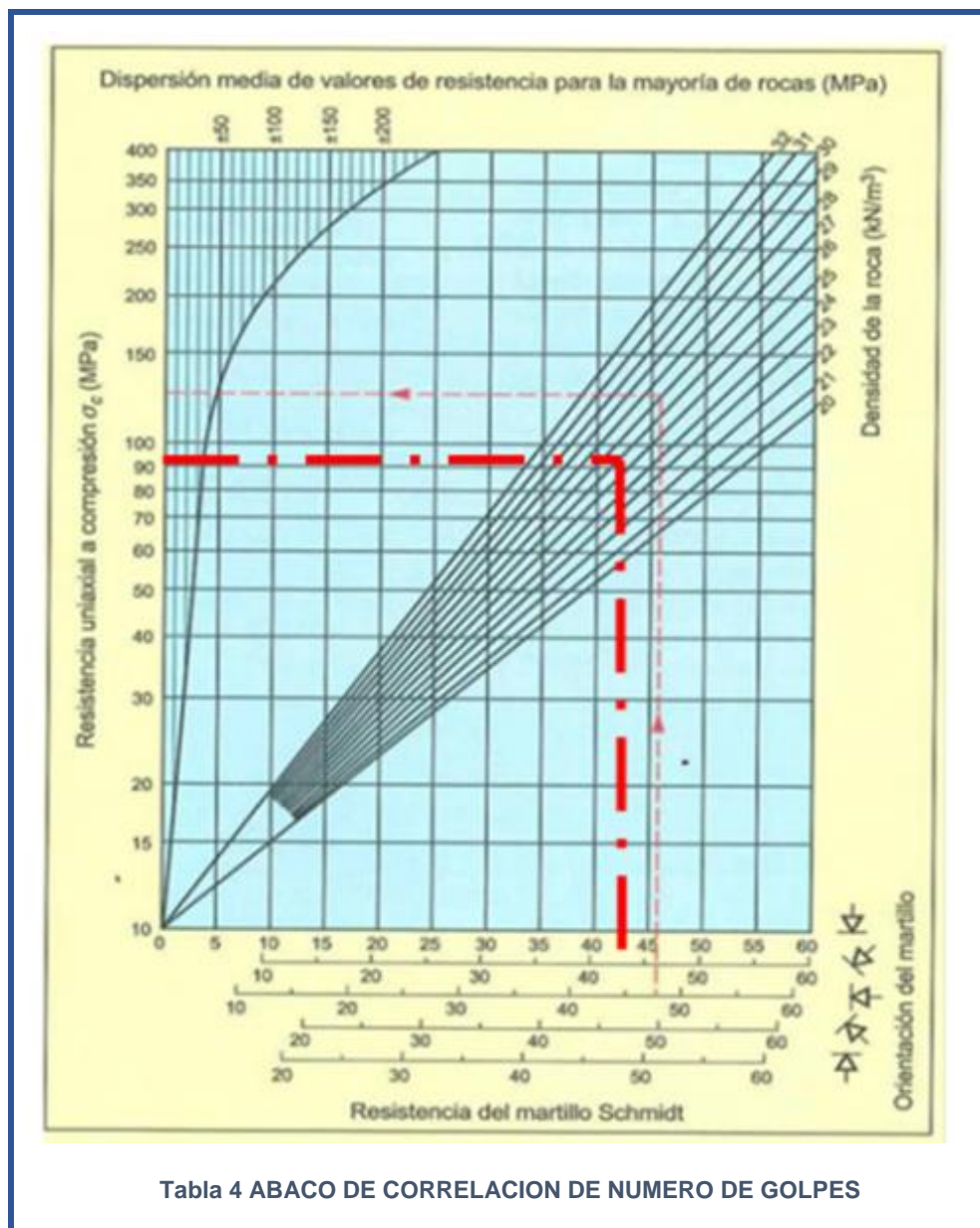


Tabla Nro. 04 Ábacos de correlación de números de golpes, con el martillo de Schmidt, sobre la superficie plana, entre las juntas de las discontinuidades.

B) Índice de Calidad de Roca (RQD)

El índice de calidad de roca, en superficie de las perforaciones diamantinas de areniscas gris blanquecinas y a lo largo del desarrollo de la perforación y recuperación de testigos; ha sido considerado la toma de datos del índice de la calidad roca; que consiste en la sumatoria de los fragmentos mayores de 10 cm de los núcleos de testigos recuperación de los ocho sondeos programados; además para el ajuste se ha considerado, las características físicas de las areniscas; así como su grado de consistencia, en los afloramientos de la matriz rocosa. Además se ha usado un análisis de variación de curva de ajuste de RQD; para la zona de investigación en la matriz rocosa, tanto en excavaciones subterráneas, además son aplicables en los cortes de taludes en aperturas de carreteras; como en superficie del afloramiento del macizo rocoso (*Priest y Hodsson 1976*).

Para calcular el índice de calidad de roca RQD, se ha utilizado una ecuación diferencial propuesta por *Priest y Hodsson 1976*; en donde, se considera el

$$RQD = 100 e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1)$$

número de discontinuidades por metro lineal.

De donde:

$$\lambda = \text{Número de juntas por metro lineal}$$

RQD permite dar un valor numérico a la calidad de roca, no es de sorprenderse que se haya tratado de relacionar el número con la clasificación cualitativa de Terzaghi y relacionar este valor modificando en valor de RQD. Se aplica en el proyecto en la medida y toma de datos del número de discontinuidades por metro lineal en el afloramiento del acantilado en rocas volcánicas y brechas. Esta

evaluación se analiza a lo largo del afloramiento del talud de acantilado escarpado, en función al número de fracturas por metro lineal. El índice de calidad de roca RQD, demuestra que el macizo rocoso es mala (ver cuadro No 1); que corresponde a macizo de regular calidad, según el número de fracturas y juntas, que se encuentran orientadas en las direcciones dominantes del sistema de discontinuidades, que determinan la estabilidad del macizo rocoso; tanto en terrenos volcánicos, aglomerados y depósitos inestables.

Cuadro 11 CUADRO DE CALIDAD DE ROCA

RQD	CALIDAD DE ROCA
25 %	muy mala
25 – 50 %	mala
50 – 75 %	regular
75 – 90 %	buena
90 – 100 %	muy buena

Fuente: Clasificación de la calidad de roca según Deere 1964.

Estos valores permiten determinar el índice de calidad de roca; parámetro que sirve para aplicar en la clasificación geomecánica del macizo y la calidad del macizo rocoso, a lo largo de la construcción y mejoramiento de la carretea de apertura y acceso hacia Pachas. Además existen hasta más de dos manera de registrar e evaluar el índice de calidad de roca, para fines de clasificación geomecánica.

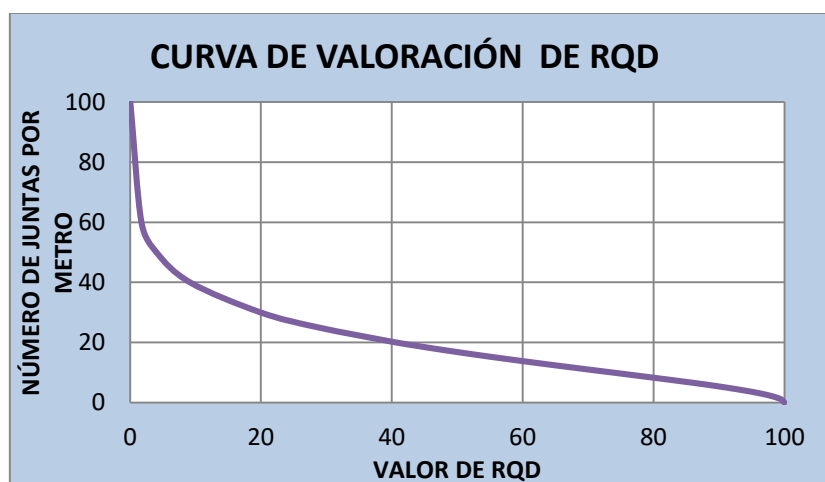


Tabla 5 CURVA DE VALORACION RQD, A PARTIR DE LA ECUACION EXPONENCIAL

C) Espaciamientos de Juntas

La clasificación geomecánica propuesta por CSIR, para macizos rocosos fracturados, propone rango de valores; consiste en la medida de la distancia entre dos juntas o familias de discontinuidades sucesivas de una misma sección mapeada, perpendicular al plano de juntas (Bieniawski 1979).

D) Estado de la fisuras

Parámetro que considera en el grado de alteración de los planos, de la familia de las discontinuidades; en el caso del derrame de lavas volcánicas, son rellenadas y muy alteradas entre las zonas espaciamento entre juntas; superficies con arcillas, limos, roca triturada, relleno de óxidos y sílice en algunas fracturas cerradas. El relleno que se presenta en la zona de fallas son generalmente sericitas y caolinitas; sustancias que se consideran como material expansivo, cuando su grado de saturación supera a los límites permisibles o se encuentra muy saturadas de agua.

E) Condiciones hidrogeológicas

Uno de los parámetros geomecánicos de mucha importancia en la observación y análisis de estabilidad, de obras de ingeniería en perforaciones diamantinas programadas; las ocurrencias de los niveles freáticos, son controladas durante el proceso de avance y son medidos mediante una sonda; que indica la profundidad el nivel dinámico de los flujos de aguas subterráneas y la calidad de agua. Para caracterizar se determinan algunos rangos de valores, en cada obra de acuerdo a las condiciones geológicas de la roca de basamento y su ubicación geográfica; en el acantilado escarpado en roca volcánica; el caudal de flujos de aguas subterráneas y superficiales aumenta en periodos de fuertes precipitaciones y llegan a generar movimientos de masas; que no se puede controlar; en vista que los depósitos coluviales absorben, las aguas de escorrentía de superficie.

Son valores que se consideran para determinar el comportamiento de la matriz rocosa frente a los flujos de agua subterránea que existen en los tramos perforados, en los diferentes sondeos. Rango que se determina del estado seco hasta grandes caudales o flujos de filtraciones de agua. Para dar el valor en casos de exploraciones y desarrollo de talud de corte, se aforan las filtraciones de agua.

F) Ajuste por orientación de fisuras

Para caracterizar, la orientación de las discontinuidades es necesario tener orientado el sentido del corte del talud en apertura o excavación del túnel correspondiente; seguidamente verificar, si los planos de discontinuidades principales son favorables o desfavorables, para la estabilidad de la sección excavada o desarrollo de acceso. En función de los valores obtenidos de rumbos

y buzamientos de juntas se analiza rápidamente; para posteriormente diseñar el tipo de corte entre los taludes evaluados en las diferentes profundidades. Valores que son adecuados para zonificar y determinar el tipo de banquetas diseñar para el corte y movimiento de escombros, programadas de acuerdo a la calidad de roca, para las operaciones posteriores de labores mineras. Para cada sondeo se ha asignado es variable en función de la posibilidad de la estabilidad de terreno natural; los sistemas aleatorios son desfavorables, durante el proceso de evaluación y corte de las formaciones geológicas. Los sistemas aleatorios son los que crean cuñas de caída libre en el interior de las excavaciones subterráneas y cortes en taludes.

La incidencia de los parámetros en el comportamiento geomecánico de un macizo se expresa por del índice de calidad de RMR, *rock mass rating* que varía de 0 – 100. Para la clasificación RMR se divide el macizo rocoso en zonas o tramos que presentan características geológicas más o menos uniformes de acuerdo con las observaciones hechos en campo, en las que se lleva a cabo la toma de datos y medidas referentes a las propiedades y características de la matriz rocosa y de las discontinuidades.

4.1.2.5. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA EN EL ACANTILADO EN ROCAS VOLCÁNICAS

Las clasificaciones geomecánicas constituyen un procedimiento para la caracterización de los macizos rocosos a partir de datos de afloramientos e identificación del comportamiento geomecánico de las discontinuidades, y se aplican principalmente en excavaciones subterráneas, corte de taludes y otras aplicaciones; con valores críticos, dado la dificultad del estudio de los macizos rocosos en profundidad. Pero igualmente se aplica a la caracterización de los macizos en forma general, como medio para clasificar geotécnicamente las rocas. El cálculo del índice RMR permite estimar los parámetros de resistencia y deformabilidad del macizo (a partir de correlaciones empíricas) y el cálculo de índice de resistencia geológico (ver cuadro No 2 – 3).

Cuadro 12 CUADRO DE AJUSTE POR ORIENTACION DE DISCONTINUIDADES

Dirección y buzami de las fisuras		Muy favorables	Favorables	Regular	desfavorables	Muy desfavora
	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: Bieniawski, 1979

Cuadro 13 CUADRO DE CLASIFICACION DE ROCAS SEGUN EL TOTAL DE VALORACION

Valoración	100 – 81	80 – 61	60 – 41	40 – 21	≤ 20
Clasificación	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buen	Buena	Roca regula	Roca mala	Muy mala

Fuente: Bieniawski, 1979.

El comportamiento de los parámetros geomecánicos en el afloramiento; determinan que la calidad de macizo rocoso, es variable de acuerdo al avance hacia el interior; tramo que consisten en continuar la profundidad de investigación y proyección de las discontinuidades dominantes; para fines de determinar la

calidad del macizo, el tipo de alteración, mineralización y otros controles como minerales guías que llegan a determinar zonas de valor económico. El sistema de las discontinuidades dominantes en la dirección del dominio andino, son desplazadas y cortan por sistemas en posiciones perpendiculares y oblicuas entre ellos; que su buzamiento está orientado al noreste y suroeste de 80° a 68° , en la mayoría de los casos analizados.

Entre las progresivas 62+660 a 62+990 del afloramiento del talud; son analizados el comportamiento físico de los parámetros geomecánicos; que determinan la calidad de roca es mala, cuya clasificación geomecánica es de RMR 38–44, que corresponde a roca de tipo III - IV; con pequeños tramos de mejora una roca de regular calidad. se caracterizan por tener menor consistencia; en los tramos de mayor fracturamiento, en los extremos del talud del acantilado, es roca de mala calidad, cuya clasificación geomecánica de RMR 38 – 39 de fragmentos de roca alterado y brechado; con relleno de limo, arcilla y roca triturada; requiere tratamiento el macizo rocoso para fines de excavación de frentes de avance así como medidas de sostenimiento, durante el proceso constructivo (ver cuadro No 4)

Cuadro 14 CUADRO DE CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (RMR)

		Parámetros	Descripción	Valuación
Clasificación RMR, progresiva 62+660	1	Índice de la calidad de roca RQD (84 %)		10
	2	Resistencia estimada a compresión simple		4
	3	Grado de intemperismo (ISRM)		3
	4	Espaciamiento de discontinuidades (juntas)		6
	5	Rugosidad o estado de discontinuidades (ISRM)		5
	6	Abertura en mm		4
	7	Tipo de relleno entre discontinuidades (ISRM)		2
	8	Presencia de aguas subterráneas		4
TOTAL		RMR	Roca tipo IV	38

El comportamiento de los parámetros geomecánicos, demuestran que el macizo rocoso, requiere medidas de sostenimiento durante el proceso constructivo de la carretera de mejoramiento y apertura. Si el corte o excavación en el talud, la calidad de roca se reduce.

Cuadro 15 CUADRO DE CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO (RMR)

		Parámetros	Descripción	Valuación
Clasificación progresiva 62+990	1	Índice de la calidad de roca RQD (84 %)		12
	2	Resistencia estimada a compresión simple		4
	3	Grado de intemperismo (ISRM)		3
	4	Espaciamiento de discontinuidades (juntas)		6
	5	Rugosidad o estado de discontinuidades (ISRM)		6
	6	Abertura en mm		4
	7	Tipo de relleno entre discontinuidades (ISRM)		4
	8	Presencia de aguas subterráneas		5
TOTAL		RMR	Roca tipo III	44

En este tramo de afloramiento de roca volcánica, el macizo rocoso es más estable y tiene un autosostenimiento natural actualmente; pero para ejecutar obras de ingeniería requiere utilizar medidas de sostenimiento preventivos, ante de iniciar el proceso constructivo; el tratamiento por lo menos entre los primeros 20 m, en la fase de excavación de la excavación.

4.1.2.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE EN ROCAS VOLCÁNICAS ENTRE LA PROGRESIVA 62+800 A 62+900

Análisis de sensibilidad del factor de seguridad y la estabilidad de la caída de libre de cuña en la progresiva 62+800 a 62+900 analizados en rocas volcánicas; la excavación debe realizarse en banquetas de corte en proporción de 1:2 (horizontal/vertical). Tener en cuenta que la clasificación geomecánica del macizo consiste en roca de tipo IV y III, evaluados según el comportamiento de los parámetros geomecánicos. Por las características del comportamiento de la intersección de las discontinuidades determinan un factor de seguridad de $FS = 1.23$; dato que temporalmente estaría garantizando hasta; este valor puede cambiar, cuando las condiciones hidrogeológicas se modifican, en periodos de fuertes precipitaciones y la escorrentía de superficie.

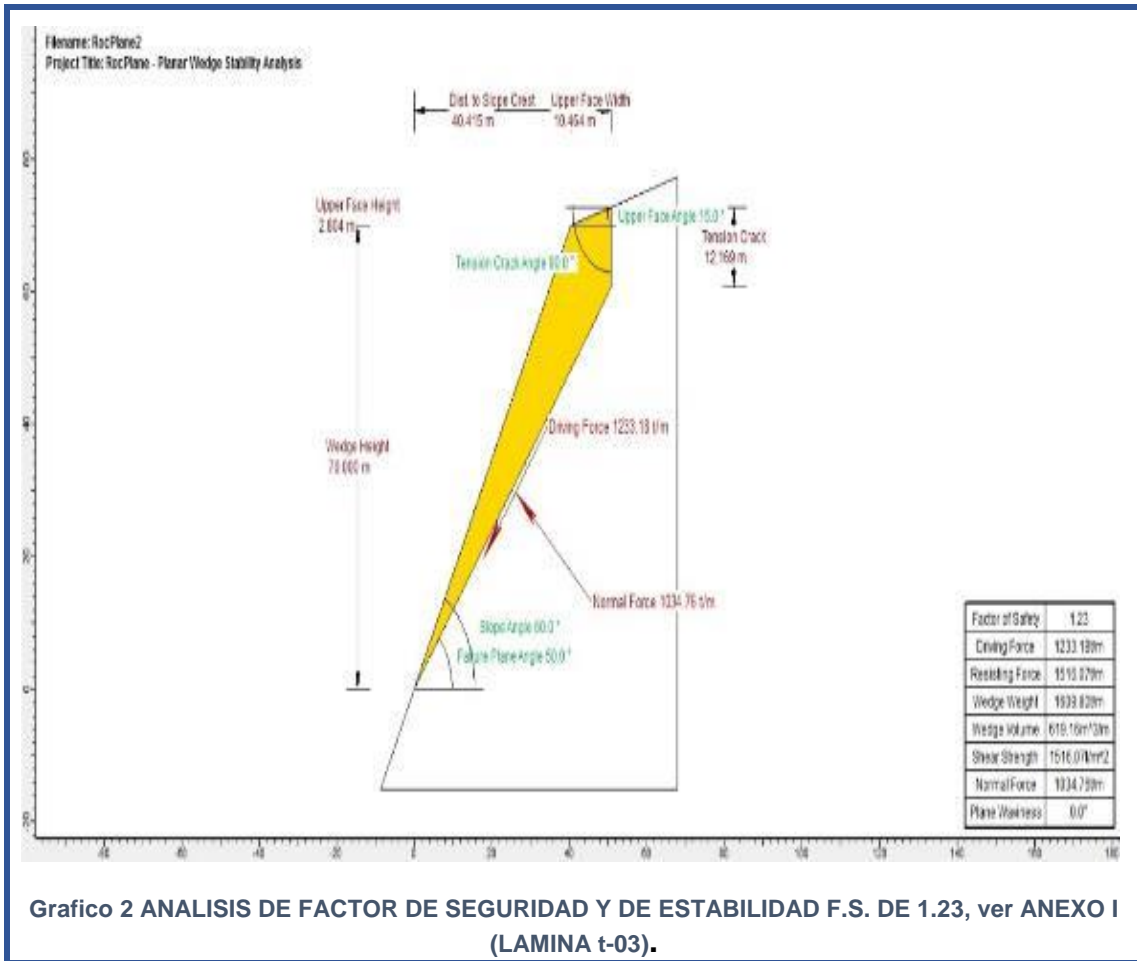


Grafico 2 ANALISIS DE FACTOR DE SEGURIDAD Y DE ESTABILIDAD F.S. DE 1.23, ver ANEXO I (LAMINA t-03).

Grafico de análisis de sensibilidad del factor de seguridad y la estabilidad de la caída de libre de cuña en la progresiva 62+800 a 62+900, que corresponde a roca de regular a mala calidad del macizo roco; analizados en base al comportamiento de los parámetros geomecánicos, en la propuesta del talud de corte.

El comportamiento de los parámetros geomecánicos; así como el tipo de relleno entre los planos de juntas de los diferentes sistemas de discontinuidades; dienten a modificar la estabilidad del macizo rocoso, en el momento de realizar el proceso constructivo de la obra. Además se ha analizado las características petrográficas; que consisten en cuantificar la composición mineralógica del derrame de lavas volcánicas en la zona de estudios.

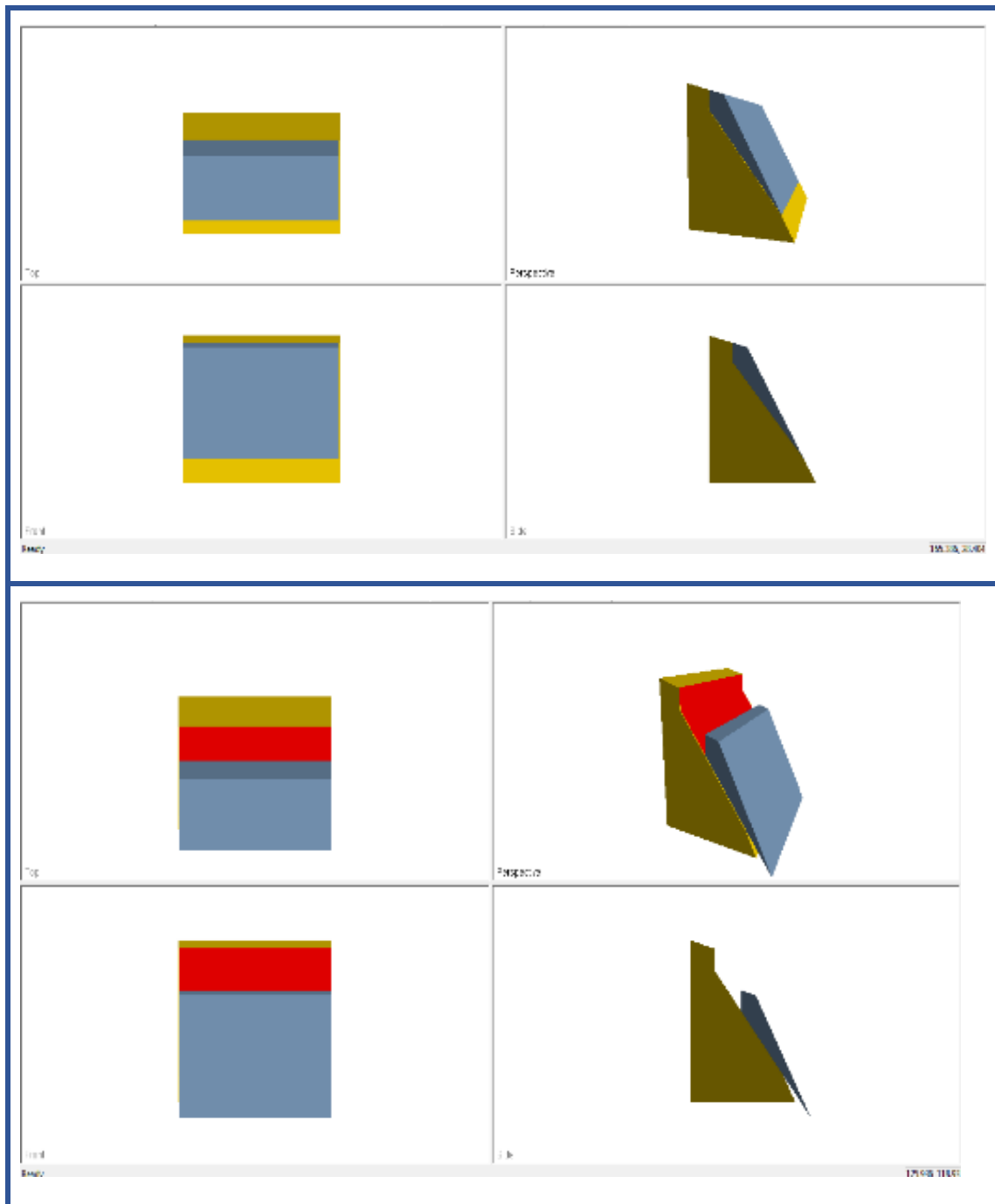


Grafico 3 SIMULACIÓN DE POSICION DE TIPO DE CUÑA, EN CORTE DE TALUD, ver ANEXO I (LAMINA T-03).

4.1.2.7. EVALUACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA EN EL DERRAME DE LAVAS VOLCÁNICAS ENTRE LA PROGRESIVA 62+800 – 62+900

El análisis del ángulo de fricción interna, se basan en las estimaciones o medidas de la resistencia compresiva uniaxial (σ_c) y una constante del material (m_i), esto es relacionada con las propiedades de fricción de la roca. Para el presente proyecto se ha caracterizado todo los parámetros necesarios para determinar la calidad del macizo rocoso, utilizando esta clasificación, ver gráfico No. 03.

Para determinar el análisis del ángulo de fricción interna del macizo; se ha considera la clasificación geomecánica del corte de talud de RMR = 44; además se logró el cálculo de GSI; que consiste en el índice geológico de resistencia; valor que se obtiene, RMR – 5; son parámetros que influyen en macizos fracturados.

El valor obtenido es poco favorable de 31° del valor de ángulo de fricción, ver gráfico No 02. Entre otros se tienen otros valores de parámetros geomecánicos; analizados por el criterio de Hoek – Brown en la evaluación del macizo rocoso, para terrenos de fundación y obras de ingeniería.

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE ANGULO DE FRICCION INTERNA EN DERRAME DE LAVAS VOLCANICAS ENTRE 62+800 - 62+900

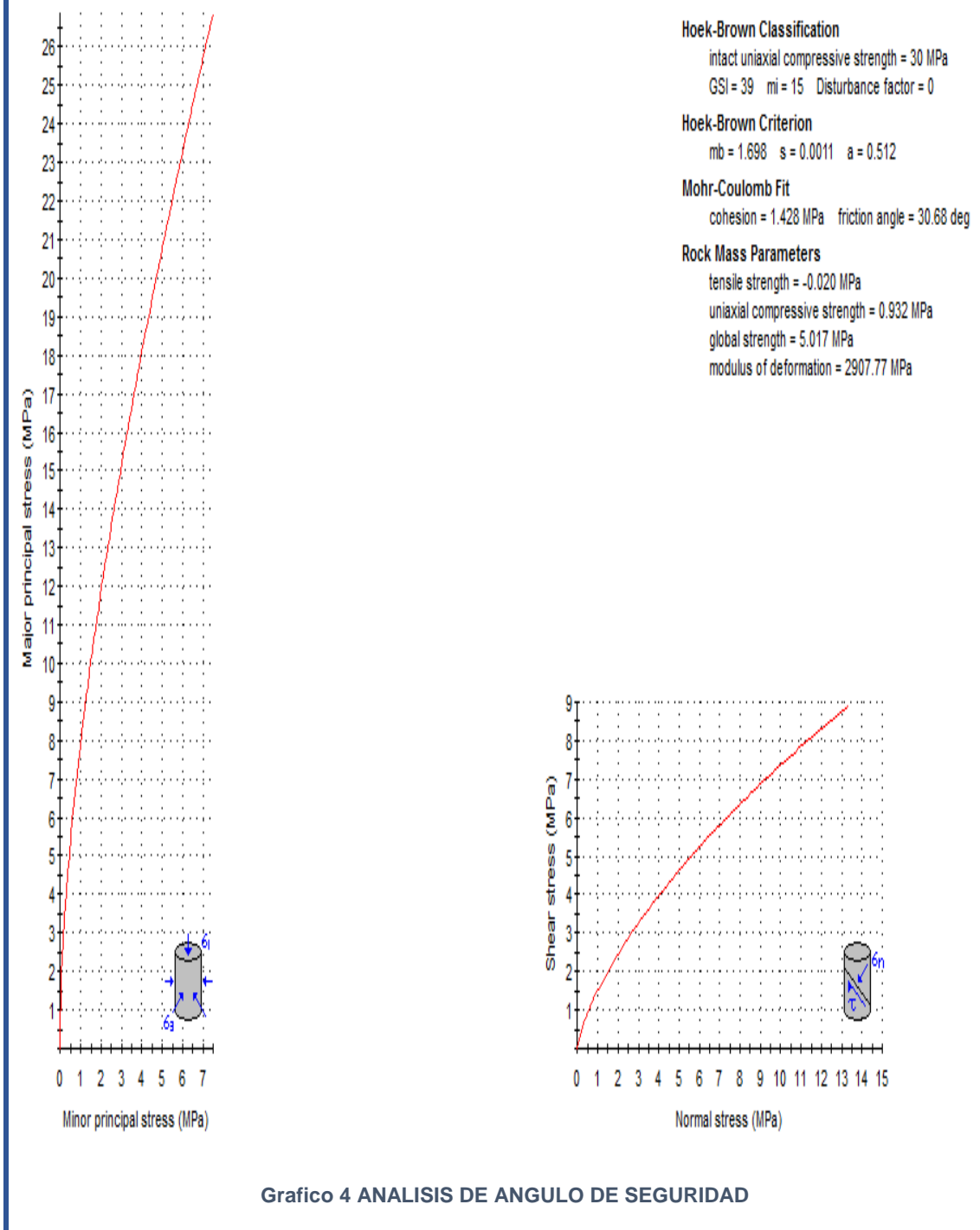


Grafico de Análisis de ángulo de fricción interno en el corte de talud entre la progresiva 62+800 – 62+900, en base al sistema de discontinuidades dominantes.



Imagen 15 TALUD DEL CERRO PUCARA

Foto Talud que muestra sistema de discontinuidades, que llegan a fracturar, en bloques inestables, en la dirección del dominio andino; desde la progresiva 62+880 – 63+000.



Imagen 16 OTRO ANGULO DE TALUD CERRO PUCARA

Foto Talud natural entre la progresiva 62+760 – 62+800. La clasificación geomecánica que corresponde es roca de tipo IV – III.

4.1.3. INVESTIGACIÓN GEOFISICA (TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA)

4.1.3.1. PROCESAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

El procesamiento se realizó empleando las técnicas del módulo de Res del programa de GDD visualizando los valores obtenidos conjuntamente con los porcentajes de error. Primeramente se realizó el Control de Calidad (QC) mediante la observación en campo de las diferencias de potencial para cada dipolo de lectura, eliminando las lecturas cuyo nivel de ruido era mayor de 20%. Se realizaron dos repeticiones por punto de medida, con la finalidad de garantizar la repetición de las lecturas.

4.1.3.2. CONTROL DE CALIDAD

Las lecturas en campo se controlaban observando los porcentajes de error de la resistividad aparente para cada lectura, se realizó 2 medidas en cada punto para comprobar la repetición de los valores. Además de estas observaciones se revisaban las diferencias de potencial para ver la correlación de la información si corresponde a los niveles de profundidad respectivo.

4.1.3.3. PROCESO DE INVERSIÓN

Se empleó el programa de inversión para verificar la confiabilidad de los resultados. Este software emplea elementos finitos y métodos diferenciales finitos para generar celdas rectangulares independientes donde el valor del modelo permita variaciones en las tres direcciones simultáneamente. El usuario puede definir la geometría de los bloques rectangulares que conforman el modelo y/o aplicar varios parámetros para ajustar la inversión a un modelo geológico determinado. En el presente caso se ha aplicado el proceso por defecto, donde lo más resaltante es: Selección de mitad de celda para las tres

primeras capas; 02/03 nodos; Máximo diferencia de error entre iteraciones 5%; y con 06 iteraciones.

Los resultados del proceso de inversión se presentan en secciones sobre cada línea medida hasta una profundidad de 100 metros donde se puede hacer diferenciaciones del comportamiento geológico en la zona de estudio.

4.1.4. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS GEOFISICOS

La interpretación efectuada sobre los datos y que se menciona a continuación está basada en el procesamiento detallado efectuado sobre los datos obtenidos y validados.

En el Grafico 5 se observa la Línea Geofísica 2 perteneciente a la Zona 1 con la interpretación de valores, primeramente se observa zonas demarcadas por las bajas resistividades las cuales la asociamos a zonas con presencia de Agua con la presencia de materiales permeables y sobre todo en las zonas más profundas donde los valores son bajos, segundo hay zonas de mediana resistividad asociadas a zona de acumulación de acumulación de sedimentos semipermeables o también podría tratarse de rocas fracturadas pero sin presencia de aguas, la tercera zona ya es un tipo de roca más competente impermeable, además se puede apreciar el reconocimiento de zonas de falla o contactos litológicos representadas por líneas entre cortadas estas se identifican por la presencia de agua en estas zonas y el cambio de resistividades entre zonas.

PUENTE PERSANI

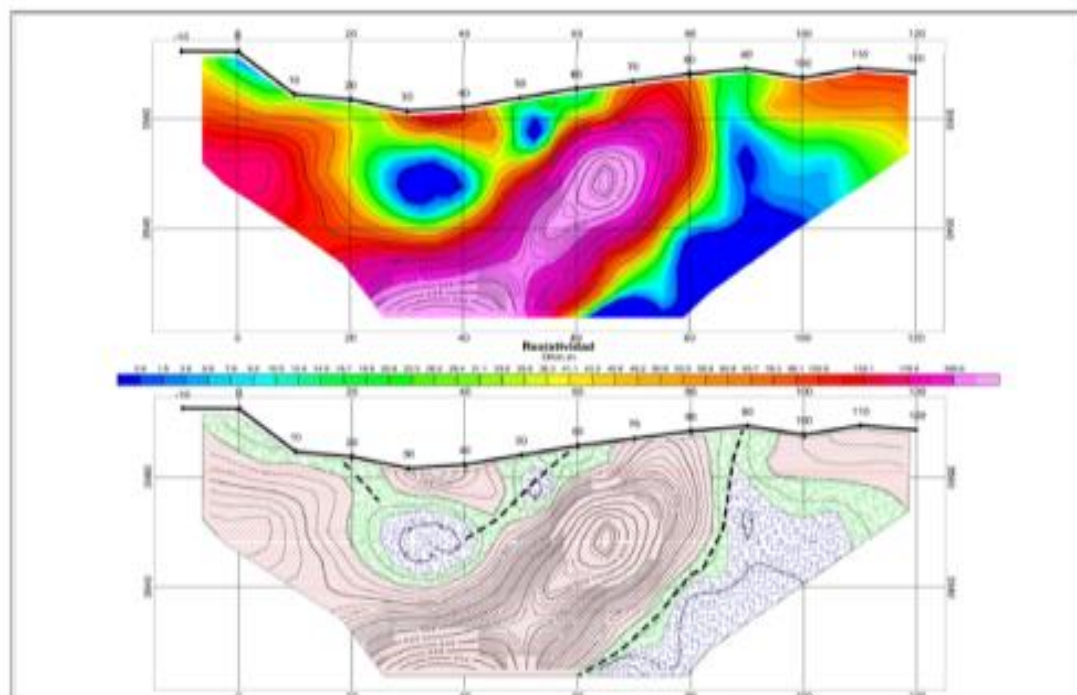


Grafico 5 SECCION INTERPRETADA LINEA GEOFISICA 2, ver ANEXO I (LAMINA T-11)

Tabla 6 CLASIFICACION GEOELECTRICA EN LA ZONA DEL PUENTE PERSANI

Zona Geoelectrica	Interpretación
0 – 15 Ohm.m	Zonas con presencia de agua y permeable asociado a materiales fluviales como arenas, cantos rodados. Etc.
15 – 50 Ohm.m	Zonas semipermeables o de transición entre material permeable a semipermeables debido a la presencia de materiales finos como arcillas o limos
50 – 395 Ohm.m	Zona impermeable por la falta de conductividad eléctrica posiblemente en estas zonas se encuentre bolonería de rocas grandes, o como también por presencia de algún material que se fue compactando durante el proceso de transporte de sedimentos y finalmente pueda deberse a un afloramiento del algún cuerpo rocoso en profundidad

En el **Grafico 6** se tiene la sección 3 interpretada correspondiente a la zona 2, primeramente en la sección de resistividad se observa zonas con bajas resistividades, las cuales asumimos se deben a la presencia de agua, la presencia de estas zonas son desde la superficie hasta zonas profundas, las formas como se presentan estas zonas nos dan la sospecha que sean roca fracturada porque están separadas por zonas resistivas las cuales podrían estar ligadas a roca dura o impermeable, además la forma de cómo se torna las zonas conductivas nos hacen presumir la presencia de alineamientos de 5 principales fracturas o fallas y se puede observar en la figura 5. Este mismo comportamiento se observa en la sección 4.

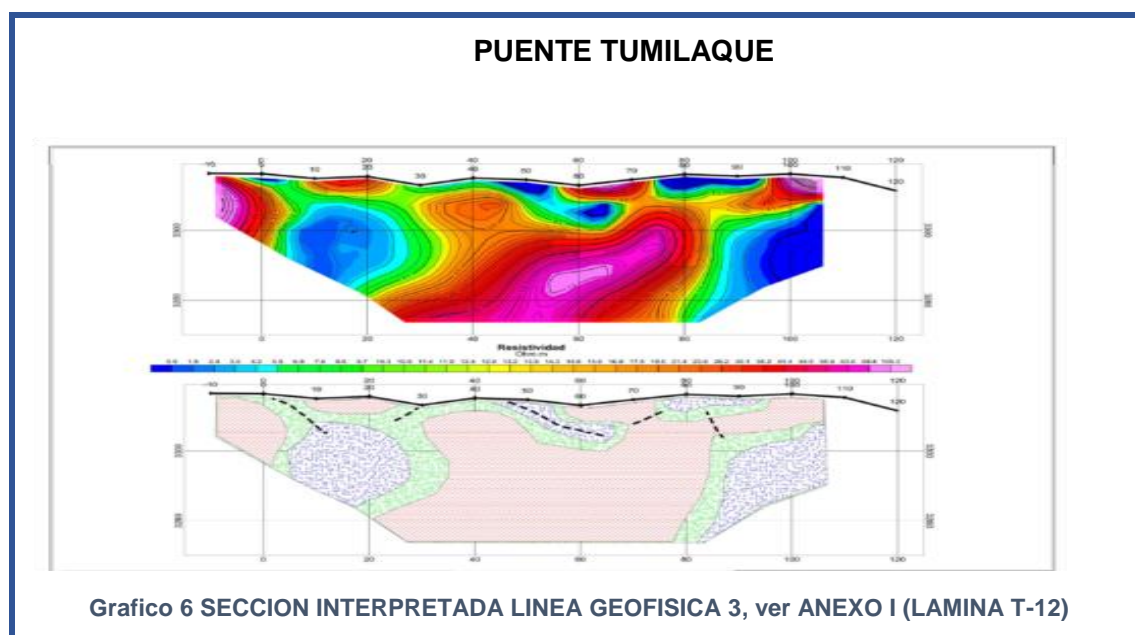


Tabla 7 CLASIFICACION GEOELECTRICA EN LA ZONA DEL PUENTES TUMILAQUE

Zona Geoelectrica	Interpretación
0 – 6 Ohm.m	Zonas con presencia de agua asociado a fracturamiento de la roca, corresponde a zonas con gran alteración.
6 – 15 Ohm.m	Zonas permeables con presencia de agua debido a un nivel de fracturamiento en menor grado a la primera zona.
15 – 105 Ohm.m	Zona con presencia de roca fisurada a intacta, asociado a material compacto.

En el Grafico 7 se tiene la interpretación de la línea Geofísica 7 del flanco Norte de la zona 3, donde se aprecia zonas conductivas o de baja resistividad,apreciamos la presencia de materiales consistente que forma una gran colina con terrazas de roca fracturada y es por esto que en las secciones que se muestran para este zona, se aprecia los cuerpos resistivos profundos asociado a roca fresca o intrusiva como en las secciones del lado sur de esta zona, pero apreciamos que esta zonas al igual que las demás zonas hay controles estructurales o fallas que ayudan a la infiltración de aguas y acumulan en zonas de rocas fracturadas en profundidad, por eso observamos zonas conductivas asociadas a fallamiento o zonas de contactos.

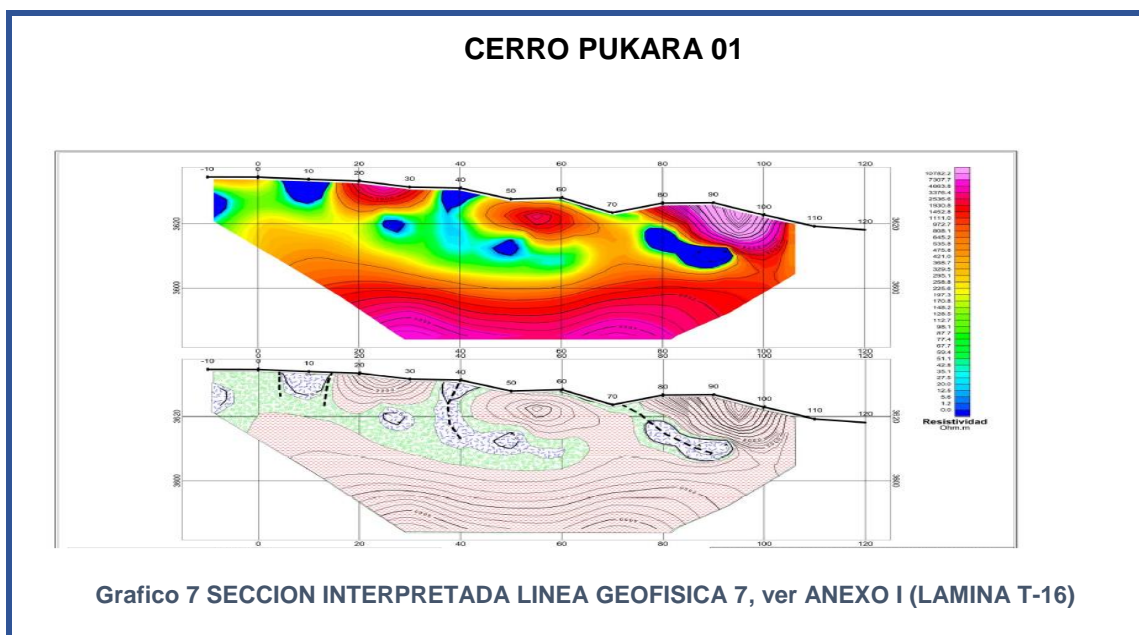
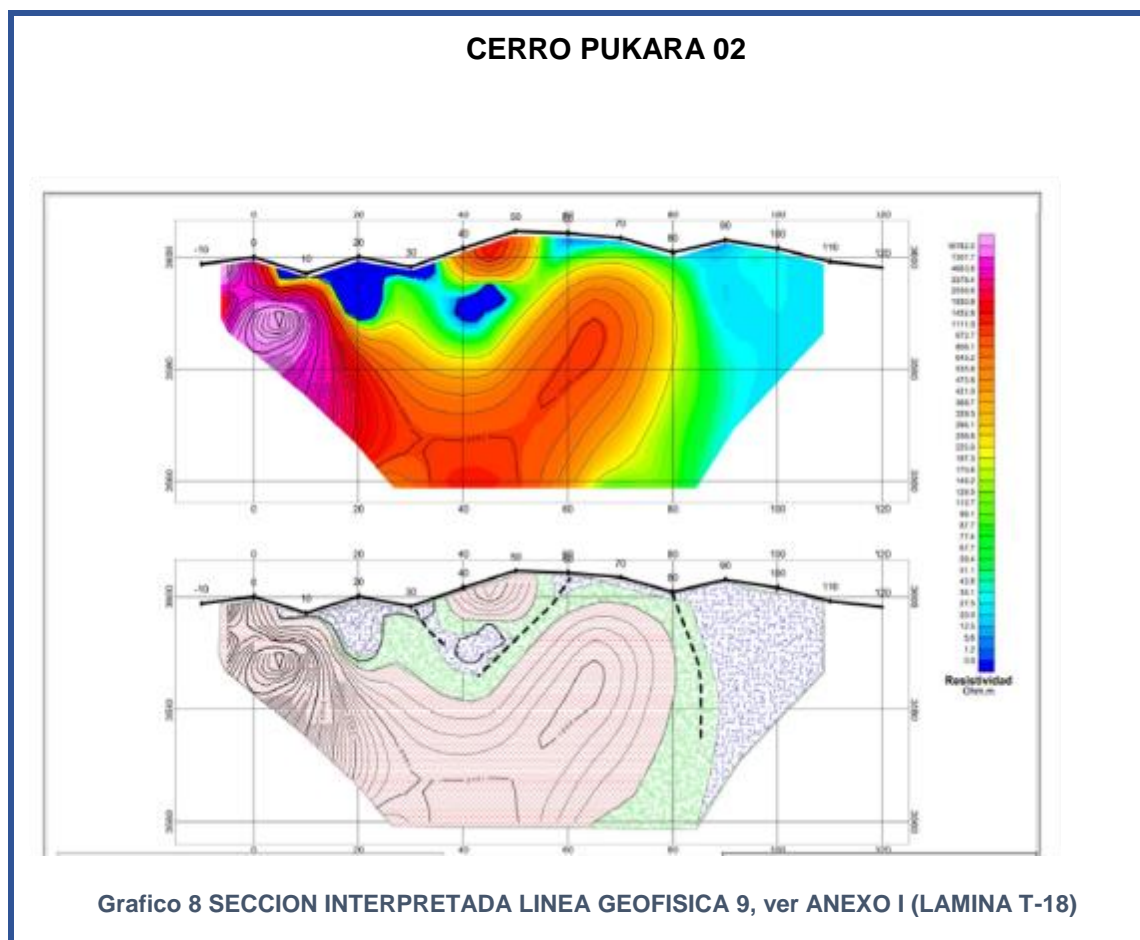


Tabla 8 CLASIFICACION GEOELECTRICA EN LA ZONA DEL CERRO PUCARA

Zona Geoelectrica	Interpretación
0 – 40 Ohm.m	Zonas con presencia de agua asociado a zonas de infiltración por el fracturamiento de la roca
40 – 200 Ohm.m	Zonas Fracturadas o fisuradas con contenidos de humedad
200 – 10000 Ohm.m	Zonas de rocas intactas o macizos rocosos compactos pertenecientes al Volcánico Matalaque.

En el **Grafico 8** se puede observar la línea geofísica 9 interpretada en la sección de resistividad perteneciente al lado Sur de la zona 3 al igual que la mayoría de secciones se rigen por tres tipos de resistividad, resistividades Bajas, medianas y altas, en esta sección también se hace el reconocimiento de zonas de rocas resistivas colindantes a rocas fracturadas con presencia de filtraciones de Agua y rocas alteradas.



4.2. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE CANTERAS:

La ubicación de canteras es muy importante para la construcción de la carretera, por ello en el estudio de canteras se ha tratado de ubicar materiales aparentes para el usar en las diferentes capas del afirmado y obras de arte que se proyectan en el Estudio Definitivo del proyecto.

Los tipos de obras a ejecutar en el proyecto se basan principalmente en:

Las calicatas de prospección se realizaron a cielo abierto hasta una profundidad promedio de 2.50m, en las calicatas de lecho de río se excavo 30 cm más del nivel freático, en la descripción de cada cantera se indica las características estudiadas.

4.2.1. OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN

Determinar la existencia de material adecuado y en suficiente cantidad para abastecer a los diferentes elementos de pavimento y concreto, en consecuencia debe determinarse con la mayor aproximación que sea posible, el potencial de la capacidad de la cantera de préstamo que sea susceptible de explotación, ubicados a distancias económicas de acarreo; además determinar las propiedades y constantes físicos de los materiales en forma detallada los ensayos estándares y especiales de las canteras sugerida.

4.2.2. NORMATIVIDAD

El programa comprendió de los siguientes ensayos:

Análisis Granulométrico **MTC E 107 (ASTM-D-422)**

Limites de Consistencia:

Limite liquido **MTC E 110 (ASTM-D-423)**

Limite plastic **MTC E 111 (ASTM-D-424)**

Cantidad de Material menor que la N° 200 **MTC E 202 (ASTM-D-1140)**

Equivalente de arena **MTC E 114 (ASTM-D-2419)**

Grav. Específica y absorción (Agregado Grueso) **MTC E 206 (ASTM-C-127)**

Gravedad específica y absorción (Agregado Fino) **MTC E 205 (ASTM-C-128)**

Resistencia a la Inalterabilidad por medio del sulfato de sodio- (Durabilidad) **MTC E 209 (ASTM-C-88)**

Resistencia al desgaste por abrasión:

Empleando la Máquina de los Ángeles **MTC E 207 (ASTM-C-131)**

Peso unitario **MTC E 203 (ASTM-C-29)**

Impurezas Orgánicas **MTC E 213 (ASTM-C-40)**

Modulo de fineza **MTC E --- ITINTEC 400.037**

Clasificación de SUCS **ASTM-D-2487**

Clasificación AASHTO **ASTM D-3282**

4.2.3. USOS Y TRATAMIENTOS:

LEYENDA DE USOS Y TRATAMIENTOS:

Cuadro 16 CUADRO DE USOS Y TRATAMIENTOS DE CANTERAS

USOS		TRATAMIENTOS	
R	Relleno	Slc	Selección
MSR	Mejoramiento de Subrasante	Za	Zarandeo
SBG	Sub Base Granular	Tr	Trituración
AF	Afirmado	Lv	Lavado
MCCP	Mezcla de Concreto con Cemento Pórtland	Vn	Venteadado
MS	Muro seco	Mz	Mezcla
DF	Dren filtro	Ex	Explosivos
EMP	Impermeabilizante		
PPL	Pedraplen o Rip Rap		
GV	Gaviones		

Las características de las Canteras Localizadas son las siguientes:

4.2.4. CANTERAS LOCALIZADAS

Las canteras de acuerdo a su calidad se han seleccionado para los usos correspondientes a cada obra y se distribuyen de la siguiente manera:

Cuadro 17 CUADRO DE UBICACION DE CANTERAS

PROGRES.	NOMBRE DE CANTERA	UTM	USOS
19+900	Chila Apacheta	0 333931 E	Afirmado
21+700	Chupilaque a 50 m lado derecho	0334340 E 8153014 N	Impermeabilizante para dren
27+500	Livine a 75 m ambos lados	0332380 E 8157782 N	Afirmado
39+950	Alto Totorani a 60 m lado Izquierdo	0328416 E 8164356 N	Afirmado
51+500	Coralaque El Molino a 600 m lado derecho	0324320 E 8169408 N	Concreto y afirmado
50+050	Coralaque Quento a 50 m izquierdo	0320951 E 8169574 N	Roca
55+650	Coralaque Logen a 50 m izquierdo	0320537 E 8169875 N	Afirmado
56+850	Coralaque Puente a 250 m lado derecho	0320552 E 8170802 N	Concreto
58+520 y 58+700	PapaChacra o Persane, a 50 m Izquierdo	0319355 E 8172303 N	Afirmado
61+300	Pucara Qcucho a 150 m izquierdo	0317988 E 8174151 N	Concreto y afirmado
75+500	Altarane A 4.400 km. derecho	0319717 E 8180878 N	Hormigon Mescla de afirmado
79+950	Cachilaque a 3.600 Km derecho	0319714 E 8185084 N	Concreto y mezcla para afirmado
86+860	Chojata Hilhuaya a 100 m izquierdo	0314000 E 8186430 N	Grava limosa mezcla para afirmado

4.2.4.1. CANTERA “CHILA APACHETA”

En la búsqueda de cantera se apertura 07 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables de las cuales se descartó 4 calicatas por inspección visual ya que no cumplen los mínimos requisitos exigidos, además existe 01 calicata antigua donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 18 CARACTERISTICAS DE CANTERA CHILA APACHETA

CARACTERISTICAS DE CANTERA “CHILA APACHETA”		
Progresiva	19+900	
Ubicación	Km antes de llegar a Ccotapampa.	
Acceso	Lado izquierdo del eje de la carreta, a 150 m.	
Área	110,595.71 m ²	
Profundidad Explotación	Altura promedio 2.00 m.	
Potencia aprovechable	188,000 m3.	
Propietario	Sra. Emiliana Causa Sazi	
Período de Explotación	En época de estiaje y con restricciones en época de lluvia.	
Material	Arena limosa con grava.	
Origen	Deposito eluvial	
Forma	Sub redondeadas	
Ower > de 3”	10%	
USOS	RENDIMIENTO	TRATAMIENTO
R, MSR, SBG, AF, MAF,DF	90%	Za, Sel, Mz
Gravas	44.%	
Arenas	39.%	
Finos	16.%	
Observación:		
1.- Cantera sin explotar		
2.- No es necesario acceso por estar al lado de la carretera.		

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 19 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CHILA APACHETA

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1	SM	A-2-4 (0)		Arena limosa con grava.
C-2	GM	A-1-b (0)	43	Gravas limosa con Arena




Imagen 17 C1 Y C2 DE LA CANTERA CHILA APACHETA

Material acumulado de la excavación de las calicatas donde se observa el contenido de material para afirmado

4.2.4.2. CANTERA “CHUPILAQUE”

Se apertura 01 calicatas y existe cárcavas donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 20 CARACTERISTICAS DE CANTERA CHUPILAQUE

CARACTERISTICAS DE CANTERA “CHUPILAQUE”			
Progresiva	21+700		
Ubicación	Frente a Ccotapampa.		
Acceso	Lado derecho del eje de la carreta, a 50 m.		
Área	20,000 m ²		
Profundidad Explotación	Altura promedio 2.00 m.		
Potencia aprovechable	38,000m ³ .		
Propietario	Sra. Emiliana Causa Sazi		
Período de Explotación	En época de estiaje.		
Material	Arena arcillosa		
Origen	Pie de monte		
	USOS	RENDIMIENTO	TRATAMIENTO
	AF, DF	95%	Mz, Sel
<p>Observación:</p> <p>1.- Cantera sin explotar</p> <p>2.- No es necesario acceso por estar al lado de la carretera.</p>			
			
<p>Imagen 18 CALICATA DE CANTERA CHUPILAQUE</p>			

4.2.4.3. CANTERA “LIVINE”

En la búsqueda de cantera se apertura 05 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables de las cuales se descartó 3 calicatas por inspección visual ya que no cumplen los mínimos requisitos exigidos, además en el lado izquierdo hay una cantera explotada y abandonada donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 21 CARACTERISTICAS DE CANTERA LIVINE

CARACTERISTICAS DE CANTERA “LIVINE”			
Progresiva	27+500		
Ubicación	Pampa Livine		
Acceso	Lado izquierdo y derecho del eje de la vía a 50 m.		
Área	Lado Izq. 23,216.60 m ² , Lado derecho 19,875.37 m ²		
Profundidad Explotación	Altura promedio 2.50 m.		
Potencia aprovechable	91,500 m ³ .		
Propietario	Comunidad campesina de Pallatea.		
Período de Explotación	En época de estiaje y con restricciones en época de lluvia.		
Material	Grava limosa con Arena.		
Origen	Deposito eluvial, aluvial.		
Forma	Sub redondeadas y redondeadas		
Ower > de 3”	15%		
	USOS	RENDIMIENTO	TRATAMIENTO
	R, MSR, SBG, AF, MAF, DF	85%	Za, Sel, Mz
	Gravas	40%	
	Arenas	39%	
	Finos	20%	
Observación:			
1.- Cantera parcialmente explotado			
2.- No es necesario acceso por estar al lado de la carretera.			

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 22 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA LIVINE

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1	GM	A-1-b (0)	32%	Grava limosa con Arena



Imagen 19 L.I. C1 Y C2 DE LA CANTERA LIVINE Y L.D. SE OBSERVA LA NAPA FREATICA

4.2.4.4. CANTERA “TOTORANI ALTO”

En la búsqueda de cantera se apertura 03 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 23 CARACTERISTICAS DE CANTERA TOTORANI ALTO

CARACTERISTICAS DE CANTERA “TOTORANI ALTO”		
Progresiva	39+950	
Ubicación	Ladera pasando poblado de Pallatea	
Acceso	Lado izquierdo del eje de la carretera, a 60 m.	
Área	12,833.99 m²	
Profundidad Explotación	Altura promedio 2.50 m.	
Potencia aprovechable	24,000 m3.	
Propietario	Comunidad de Alto Totorani.	
Período de Explotación	En época de estiaje y con restricciones en época de lluvia.	
Material	Arena mal graduada con grava, Arena arcillosa con grava,	
Origen	Deposito eluvial.	
Forma	Sub redondeadas y redondeadas	
Ower > de 3”	25%	
USOS	RENDIMIENTO	TRATAMIENTO
R, MSR, SBG, AF, MAF, DF	75%	Za, Sel, Mz
Gravas	59%	
Arenas	32%	
Finos	8%	
Observación:		
1.- Cantera sin explotar		
2.- No es necesario acceso por estar al lado de la carretera.		

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 24 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA TOTORANI ALTO

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1E-1	SP-SC	A-2-6 (0)		Arena mal graduada con grava, Arena arcillosa con grava,
C-1 E-2	GM	A-1-b (0)		Grava limosa con arena
C-2E-1	SP-SM	A-1-b (0)		Grava mal graduada con limomosa , con grava
C-2E-2	SM	A-1-b (0)		Arena limomosa con grava
C-3E-1	GW-GM	A-1-b (0)	53%	Grava bien graduada con arena, y limo.



Imagen 20 L.I. C1 DE LA CANTERA TOTORANI ALTO Y L.D.PERFIL EXPUESTO

4.2.4.5. CANTERA “CORALAUQUE EL MOLINO”

En la búsqueda de cantera se apertura 03 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 25 CARACTERISTICAS DE CANTERA CORALAUQUE EL MOLINO

CARACTERISTICAS DE CANTERA “CORALAUQUE EL MOLINO”			
Progresiva	51+500		
Ubicación	Rio Coralauque sector el Molino		
Acceso	Lado derecho del eje de la carretera, a 600 m.		
Área	15,736.99 m ²		
Profundidad Explotación	Altura promedio 1.50 m.		
Potencia aprovechable	21,000 m3.		
Propietario	Estado peruano.		
Período de Explotación	En época de estiaje y con restricciones en época de lluvia.		
Material	Hormigón.		
Origen	Deposito aluvial.		
Forma	Redondeadas		
Ower > de 3”	10%		
	USOS	RENDIMIENTO	TRATAMIENTO
	R, MSR, SBG, AF, MAF, DF	75%	Za, Sel, Mz
	Gravas	63%	
	Arenas	33%	
	Finos	3%	
Observación:			
1.- Cantera sin explotar			
2.- No es necesario acceso por estar al lado de la carretera.			

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 26 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CORALAUQUE EL MOLINO

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1	GW	A-1-a (0)		grava bien graduada con arena



Imagen 21 TOMA DE MUESTRAS DE DE CANTERA CORALAUQUE EL MOLINO

Planicie del lecho del rio Coralauque Molino con bastante agregado de hormigón, lo cual para utilizar como material de afirmado se requiere mezclar con material

4.2.4.6. CANTERA DE ROCA “CORALAUQUE QUENTO”

En la búsqueda de cantera de roca existe un corte exhibiendo considerable manto rocoso.

Cuadro 27 CARACTERISTICAS DE CANTERIA CORALAUQUE QUENTO

CARACTERISTICAS DE CANTERA “CORALAUQUE QUENTO”		
Progresiva	55+050	
Ubicación	Curva y farallón	
Acceso	Lado izquierdo del eje de la carretera, a 50 m.	
Área	1,379.15 m²	
Profundidad Explotación	Altura promedio 5.00 m.	
Potencia aprovechable	7,000 m3.	
Propietario	Comunidad de Pallatea.	
Período de Explotación	En cualquier época de año.	
Material	Roca.	
Origen	Volcánico.	
Forma	Angulosa	
Ower > de 3”		
	USOS	RENDIMIENTO
MS, PPL		85%
		TRATAMIENTO
		Ex, Sel
Observación:		
1.- Cantera sin explotar.		
2.- No es necesario acceso por estar al lado de la carretera.		

4.2.4.7. CANTERA “CORALAUQUE LOGEN”

En la búsqueda de cantera se apertura 03 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 28 CARACTERISTICAS DE CANTERA CORALAUQUE LOGEN

CARACTERISTICAS DE CANTERA “CORALAUQUE LOGEN”		
Progresiva	55+650	
Ubicación	Rio Coralauque sector quebrada Quento.	
Acceso	Lado derecho del eje de la carretera, a 600 m.	
Área	3,749.53 m²	
Profundidad Explotación	Altura promedio 4.00 m.	
Potencia aprovechable	10,500 m³.	
Propietario		
Período de Explotación	En cualquier época de año.	
Material	Grava bien graduada con arena y limo	
Origen	Deposito aluvial.	
Forma	Redondeadas	
Ower > de 3”	30%	
	USOS	RENDIMIENTO
	R, MSR, SBG, AF, MAF, DF	70%
	Gravas	50%
	Arenas	41%
	Finos	8%
Observación:		
1.- Cantera sin explotar		
2.- No es necesario acceso por estar al lado de la carretera.		

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 29 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CORALAUQUE LOGEN

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1	GM	A-1-a (0)		Grava limosa con arena
C-1E-2	GW	A-1-a (0)		Grava bien graduada con arena
C-2	GP-GM	A-1-a (0)	41%	Grava bien graduada con arena y limo



Imagen 22 QUEBRADA EXPUESTA

Quebrada y perfil expuesto donde se observa el suelo friccionarte con afirmado



Imagen 23 APERTURA DE C1 CANTERA CORALAUQUE LOGEN

Plataforma donde se apertura la Calicata

4.2.4.8. CANTERA “CORALAUQUE PUENTE”

En la búsqueda de cantera se apertura 03 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación limitado por la napa freática.

Cuadro 30 CARACTERISTICAS DE CANTERA CORALAUQUE PUENTE

CARACTERISTICAS DE CANTERA “CORALAUQUE PUENTE”		
Progresiva	56+850	
Ubicación	Rio Coralauque próximo a puente.	
Acceso	Lado derecho del eje de la carretera, a 250 m.	
Área	Area 1 = 4,337.50 m ² ; Area 2 = 4,326.62 m ²	
Profundidad Explotación	Altura promedio 4.00 m.	
Potencia aprovechable	10,500 m ³ .	
Propietario	Estado Peruano.	
Período de Explotación	En época de estiaje y con restricciones en época de lluvia.	
Material	Hormigon.	
Origen	Deposito aluvial.	
Forma	Redondeadas	
Ower > de 3”	15%	
	USOS	TRATAMIENTO
	MCCP, GV	85% Za, Sel, Lv,
	Gravas	63% Sel
	Arenas	33% Za, Lv
	Finos	4%
Observación:		
1.- Cantera explotada y con material recargado.		
2.- Requiere mejorar la vía existente en un tramo de 30 m.		

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 31 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CORALAUQUE PUENTE

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1	GW	A-1-a (0)		Grava bien graduada con a

Grava bien graduada con arena



Imagen 24 LECHO DEL RIO

Lecho de rio donde se observa abundante material de grava y arena



Imagen 25 LECHO DEL RIO MATERIAL HORMIGON

Lecho de rio de otra zona donde se observa abundante hormigón y piedra mediana

4.2.4.9. CANTERA “PAPACHACRA O PERSANE”

En la búsqueda de cantera se apertura 04 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables, además existen 2 perfiles expuesto donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación, esta cantera está separado por la quebrada.

Cuadro 32 CARACTERISTICAS DE CANTERA PAPACHACRA O PERSANE

CARACTERISTICAS DE CANTERA “PAPACHACRA O PERSANE”		
Progresiva	58+520 y 58+700	
Ubicación	Delta en quebrada Persane.	
Acceso	Lado izquierdo del eje de la carretera, a 50 m.	
Área	5,528.53 m² y 5,714.02 m²	
Profundidad Explotación	Altura promedio 5.00 m.	
Potencia aprovechable	39,000 m³.	
Propietario	Comunidad de Quento, Matalaque.	
Período de Explotación	En cualquier época de año.	
Material	Grava arcillosa con arena	
Origen	Deposito aluvial.	
Forma	Redondeadas	
Ower > de 3”	30%	
	USOS	TRATAMIENTO
	R, MSR, SBG, AF, MAF, DF, GV	Za, Sel, Mz
	Gravas	41%
	Arenas	39%
	Finos	18%
Observación:		
1.- Cantera sin explotar		
2.- No es necesario acceso por estar al lado de la carretera.		

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 33 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA PAPACHACRA O PERSANE

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1	GC	A-2-5 (0)	39%	grava arcillosa con arena
C-3	GW	A-1-a (0)	40%	grava arcillosa con arena



Imagen 26 PERFIL EXPUESTO EN QUEBRADA PERSANE

Perfil expuesto donde se observa el Conglomerado suelto de grava limosa con boloneria material de afirmado



Imagen 27 LADO DERECHO DE LA QUEBRADA PERSANE

Calicata N° 3, lado derecho, observe el material acumulado de la excavación de la calicata

4.2.4.10. CANTERA “PUCARA QCUCHO”

En la búsqueda de cantera se apertura 03 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables, además existe varios perfiles expuesto, donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 34 CARACTERISTICAS DE CANTERA PUCARA QCUCHO

CARACTERISTICAS DE CANTERA “PUCARA QCUCHO”			
Progresiva	61+300		
Ubicación	Planicie Pucara Qcucho.		
Acceso	Lado izquierdo del eje de la carretera, a 150m.		
Área	9,145.81 m ²		
Profundidad Explotación	Altura promedio 4.00 m.		
Potencia aprovechable	30,000 m ³ .		
Propietario	Comunidad de Pachas.		
Período de Explotación	En cualquier época de año.		
Material	Hormigon.		
Origen	Deposito aluvial.		
Forma	Redondeadas		
Ower > de 3”	20%		
	USOS	RENDIMIENTO	TRATAMIENTO
	R, MSR, SBG, AF, MAF, DF, GV, MCCP, Gv	80%	Za, Sel, Mz, Lv, Vn.
	Gravas	61%	Sel
	Arenas	33%	Za, Vn
	Finos	5%	
Observación:			
1.- Cantera sin explotar			
2.- Mejora la antigua vía existente.			

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 35 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA PUCARA QCUCHO

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1	GP-GM	A-1-a (0)		grava bien graduada con arena y limosa
C-2	GP-GM	A-1-a (0)		grava mal graduada con arena y limosa
C-3	GW-GM	A-1-a (0)		grava bien graduada con arena y limosa



Imagen 28 APERTURA DE CALICATAS EN RIO CORALAUQUE

Material acumulado donde se observa que en la calicata cercana al rio Coralauque tiene mayor botonería



Imagen 29 BANCO DE HORMIGON CANTERA PUCARA QCUCHO

Vista panorámica de banco de hormigón

4.2.4.11. CANTERA “ALTARANE”

En la búsqueda de cantera se apertura 03 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables, donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 36 CARACTERISTICAS DE CANTERA ALTARANE

CARACTERISTICAS DE CANTERA “ALTARANE”		
Progresiva	75+300	
Ubicación	Rio Tumilaque lado derecho del puente Altarane.	
Acceso	Lado Derecho del eje de la carretera, a 4,500 m.	
Área	5,850.66 m²	
Profundidad Explotación	Altura promedio 1.50 m.	
Potencia aprovechable	7,500 m3.	
Propietario	Estado peruano.	
Período de Explotación	En época de estiaje.	
Material	Hormigón	
Origen	Deposito aluvial.	
Forma	Redondeadas	
Ower > de 3”	15%	
	USOS	TRATAMIENTO
	R, MSR, SBG, AF, MAF, DF, GV, MCCP	85% Za, Sel, Mz, Lv, Vn.
	Gravas	52% Sel
	Arenas	43% Za, Vn
	Finos	4%
Observación:		
1.- Cantera sin explotar		
2.- Mejora la antigua vía de acceso en una longitud de 30 m. existente.		

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 37 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA ALTARANE

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1	GP	A-1-a (0)		Grava mal graduada con are
C-2	GP	A-1-a (0)		Grava mal graduada



Imagen 30 MUESTRA DE HOTMIGON CANTERA ALTARANE

Bancos de hormigón aguas debajo de puente Altarane

4.2.4.12. CANTERA “CACHILAQUE”

En la búsqueda de cantera se apertura 03 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables, además la cantera está en explotación por la municipalidad distrital de Chojata, donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 38 CARACTERISTICAS DE LA CANTERA CACHILAQUE

CARACTERISTICAS DE CANTERA “CACHILAQUE”			
Progresiva	79+850		
Ubicación	Rio Cachilaque próximo a piscigranja abandonado.		
Acceso	Lado Derecho del eje de la carretera, a 3,600 m.		
Área	9,562.05 m ²		
Profundidad Explotación	Altura promedio 1.50 m, limitado por napa freática		
Potencia aprovechable	11,000 m ³ .		
Propietario	Estado peruano.		
Período de Explotación	En época de estiaje.		
Material	Hormigón.		
Origen	Deposito aluvial.		
Forma	Redondeadas		
Ower > de 3”	25%		
	USOS	RENDIMIENTO	TRATAMIENTO
	R, MSR, SBG, AF, MAF, DF, GV, M CCP	75%	Za, Sel, Mz, Lv, Vn.
	Gravas	41%	Sel
	Arenas	54%	Za, Lv
	Finos	4%	
Observación:			
1.- Cantera parcialmente explotado			
2.- Existe via de acceso hasta la cantera por la carretera a Pajchani y Chirimayuni.			

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 39 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA CACHILAQUE

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1	SP	A-1-a (0)		Grava mal graduada con arena



Imagen 31 CANTERA EN EXPLOTACION POR PARTE DE LA M. D. CHOJATA



Imagen 32 BANCOS DE HORMIGON CANTERA CACHILAQUE

Bancos considerables de hormigón para mezclar con material propio de la vía y de la cantera Hilhuaya curva Km 86+800

4.2.4.13. CANTERA “HILHUAYA”

En la búsqueda de cantera se apertura 03 calicatas convenientemente distribuidas de profundidades variables, además existen perfiles expuesto donde se observa la uniformidad del horizonte, más allá de la profundidad de excavación.

Cuadro 40 CARACTERISTICAS DE CANTERA HILHUAYA

CARACTERISTICAS DE CANTERA “HILHUAYA”		
Progresiva	86+800	
Ubicación	Delta en quebrada Persane.	
Acceso	Lado izquierdo del eje de la carretera, a 100	
Área	8,057.21 m ²	
Profundidad Explotación	Altura promedio 2.00 m.	
Potencia aprovechable	15,000 m ³ .	
Propietario	Municipio de Chojata.	
Período de Explotación	En cualquier época de año.	
Material	Arena arcillosa.	
Origen	Pie de monte.	
Forma		
Ower > de 3”	5%	
USOS	RENDIMIENTO	TRATAMIENTO
MSR, AF,	87%	Za, Sel, Mz
Gravas	25%	
Arenas	35%	Sel
Finos	38%	
Observación:		
1.- Cantera sin explotar		
2.- No es necesario acceso por estar al lado de la carretera.		

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE CALICATAS

Cuadro 41 CARACTERISTICAS DE CALICATAS DE CANTERA HILHUAYA

CALICATA	SUCS	AASHTO	CBR %	OBSERVACIONES
C-1E-1	SC	A-7-5 (1)		Arena arcilla con grava
C-1E-2	SC	A-6 (1)		Arena arcilla con grava
C-2E1	SC	A-4 (0)		Arena arcilla con grava
C-3E1	SC	A-2-6 (1)		Arena arcilla con grava



Imagen 33 APERTURA DE CALICATAS

Vista panorámica de la ladera con material fino para para mezclar con material gravoso.



Calicata donde se muestra columna estratigráfico

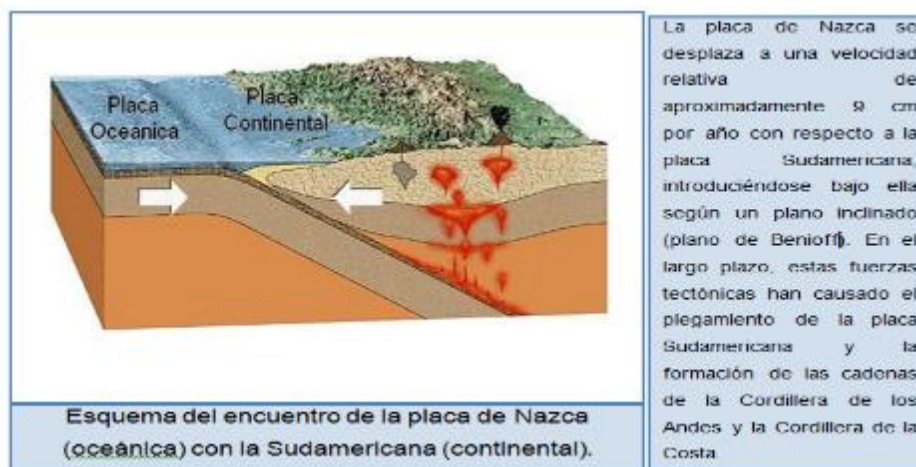
4.3. EVALUACION DE RIESGOS GEOLOGICOS:

4.3.1. RIESGOS GEOLÓGICOS POR TIPO

4.3.1.1. RIESGOS GEOLOGICOS POR SISMO

A) Descripción del fenómeno de subduccion

Debido al fenómeno de subducción entre las placas de Nazca y Oceánica se tiene que toda la franja costera de nuestro país es altamente sísmica y la sierra medianamente alta, donde se producen estos fenómenos en menor o mayor escala en forma impredecible además los periodos de retorno calculados son poco certeros.



B) Caracterización de riesgos geológicos sísmicos

Nuestro país por su ubicación ha sufrido sismos de consecuencias devastadoras. La zona sur ha sido, es y será una zona de alta actividad sísmica. Según datos obtenidos éstos han llegado hasta el grado IX en la Escala Modificada de Mercalli. Actualmente los investigadores han pronosticado que se producirá un sismo de gran intensidad en esta zona.

El proyecto se encuentra en una zona de actividad sísmica por consiguiente susceptible a ser expuesta a esta clase de peligro. En los distritos visitados el tipo de edificación o construcción de las viviendas el 70% son construcciones

con materiales de adobe piedra barro con techo de calamina y otros materiales livianos, sin las correspondientes técnicas constructivas, el 20% material noble combinado con madera, adobe y otros materiales livianos al interior de cada lote. En este sentido la mayor parte de viviendas ofrecen menor resistencia sísmica. En la zona en estudio, las viviendas establecidas han sido construidas sin criterio antisísmico la que en el futuro se vuelven vulnerables, por la falta de acondicionamiento y previsión, construidas por los mismos lugareños sin ningún tipo de asesoramiento para la edificación.

De acuerdo al Mapa de distribución de máximas intensidades elaborado por Alva Hurtado y Logan M. (1984), Moquegua está en una zona de intensidades de VII a IX; mientras que en el Mapa de Zonificación Sísmica del Sur (Reglamento de Edificaciones, Norma E.030 DISEÑO SISMORESISTENTE), Moquegua está considerada como zona 3, con un factor de zona 0.4. Comprendido dentro del área geográfica que corresponde a la clasificación de sismicidad alta.

C) Estratificación del riesgo geológico por sismo

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro Bajo)	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznales. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. Distancia mayor a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	< de 25%
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. 40%	De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. De 150 a 300 m. desde el lugar	De 51% a 75%
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por talud-avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	De 76% a 100%

4.3.1.2. RIESGOS GEOLOGICOS POR DESLIZAMIENTO

A) Descripción en campo

Durante la visita de campo se ha encontrado zonas que tienen gran probabilidad de derrumbarse y/o deslizarse, la topografía y fisiografía indica que las obras de arte de mayor importancia deben ser protegidas ante un peligro debido a que las aguas pluviales de diciembre enero y febrero de la temporada de lluvias afecta a la estabilidad de taludes. De acuerdo a la información recolectada de los estudios ya realizados en la zona como es el Estudio de Mecánica de Suelos y El Perfil que se realizó para el proyecto la precipitación líquida media anual es de 350 mm, Considerando que las precipitaciones inferiores a un promedio anual de 350 mm no tienen influencia sobre la escorrentía, puesto que son fácilmente superadas por la evaporación y la infiltración, cuyos valores son elevados en zonas alto andinas, se determina que al existir mayor infiltración los taludes expuestos a esto, serán más propensos a deslizarse o derrumbarse.



Grafico 10 PRIMERA DESCRIPCION DE RIESGOS POR DERRUMBE O DESLIZAMIENTO, ver ANEXO I (LAMINA T-05)

B) Descripción de riesgos geológicos por derrumbe o deslizamiento

Los desplazamientos de rocas o suelos dependen en gran parte de la inclinación de los estratos y la topografía de la zona de estudio, a mayor inclinación se incrementa el peligro. Estos pueden ser ocasionados por la infiltración de agua, movimientos sísmicos y por el paulatino debilitamiento al corte por descomposición de las rocas, que se llama intemperismo, la desestabilización de la pendiente por remoción de materiales en la parte baja o causada por actividades del hombre, como el corte de la pendiente para la construcción de carreteras, canales u otras obras de ingeniería.

La ubicación de este peligro se puede apreciar, en los planos además como ya se mencionó la inclemencia del clima en los meses de diciembre, enero, febrero y parte de marzo hacen que los deslizamientos producidos por las constantes lluvias sean de un grado considerable, es así que plantea el tratamiento de dichos taludes, o también a su vez la colocación de muros de contención para que así se pueda evitar caigan a la carretera. En la siguiente imagen se puede apreciar el grado de inclinación del terreno y a eso sumando a las fuertes precipitaciones pluviales que se generan en solo una parte del año pueden llegar a ocasionar daños en la carretera.

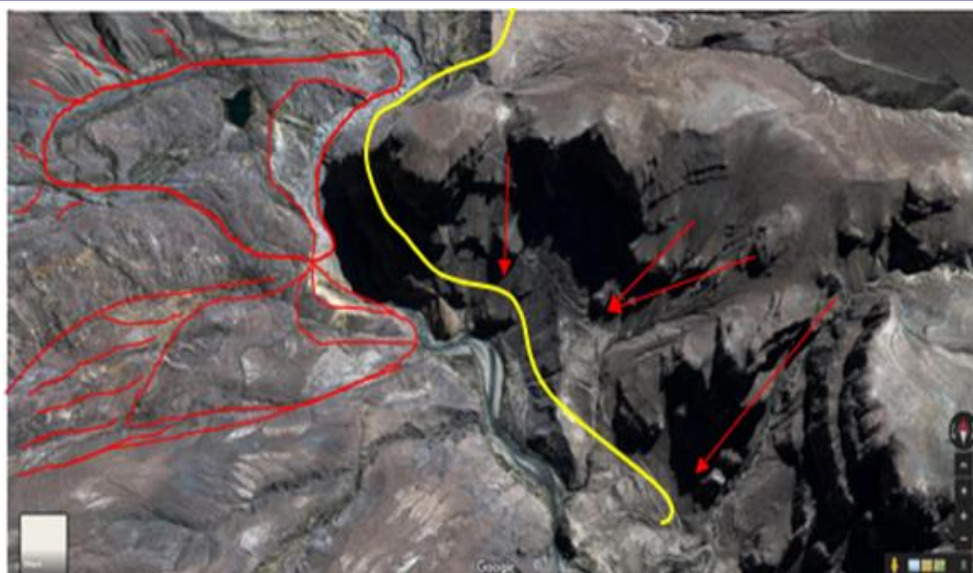


Grafico 11 SEGUNDA DESCRIPCION DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO, ver ANEXO I (LAMINA T-05)

Se han encontrado zonas de derrumbe las que se marcan en el plano de peligro y vulnerabilidades. Si bien se tiene un periodo de retorno de las aguas pluviales, con los cambios climáticos a nivel mundial se hace incierta la intensidad y volumen de precipitación pluvial.

C) Caracterización de riesgos geológicos por derrumbe o deslizamiento

Se define como derrumbe según el Manual Básico para la Estimación del Riesgo a la caída de una franja de terreno, porción del suelo o roca que pierde estabilidad o la de una estructura construida por el hombre, ocasionada por la fuerza de la gravedad, socavamiento del pie de un talud inferior, presencia de zonas de debilidad (fallas o fracturas), precipitaciones pluviales e infiltración del agua, movimientos sísmicos y vientos fuertes, entre otros.

Este peligro, puede estar condicionado por la presencia de discontinuidades o grietas, generalmente ocurren en taludes de fuerte pendiente.

D) Estratificación de riegos geológico por derrumbe

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro Bajo)	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. Distancia mayor a	< de 25%
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. 40%	De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	De 51% a 75%
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por talud-avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. Menor de 150 m.	De 76% a 100% ^o

4.3.1.3. RIESGO GEOLÓGICOS POR HUAYCOS

A) Descripción en campo

El año se divide en cuatro estaciones astronómicas en función de la actividad atmosférica y de la circulación de masas de aire, no obstante desde el punto de vista climatológico, la zona de estudio tiene una estación húmeda (Noviembre a Marzo), otra seca (Junio a Agosto) y dos periodos de transición (Septiembre – Octubre y Abril – Mayo).

Los principales parámetros climáticos que definen o caracterizan el clima de la cuenca son: precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación; son los de mayor importancia en cuanto a la tipificación o caracterización de la climatología de las microcuencas de las quebradas del río Tambo.

B) Descripción de riesgos geológicos por Huaycos

La parte alta de la región Moquegua, posee una topografía muy accidentada, además que en las temporadas de lluvias estas se suscitan con gran intensidad, siendo así que se generan estos fenómenos, la zona de estudio desde Lloque a Huarina atraviesa por muchas quebradas que en tiempo de avenidas estas se pronuncia más.

Según el EMS realizado por el laboratorio de mecánica de suelos del Gobierno Regional de Moquegua, y del estudio geológico existe zonas de material se encuentran en el eje de la carretera proyectada deslizamiento tipo flujo de detritos y depósitos coluviales, también la topografía se determinó que las pendientes del terreno son abruptas, así mismo, en la zona del proyecto predomina una precipitación media anual de 331mm.



Grafico 12 DESCRIPCION DE RIESGO DE HUAYCOS, ver ANEXO I (LAMINA T-05)

c) Caracterización de riesgos geológicos por Huaycos

Los huaycos (o llocllas en el idioma quechua) son flujos de lodo y piedras con gran poder destructivo, muy comunes en el Perú. Se forman en las partes altas de las micro cuencas debido a la existencia de capas de suelo deleznable en la superficie o depósitos in consolidados de suelo, que son removidos por las lluvias. Los huaycos se producen en mayor medida en las cuencas de la vertiente occidental de la cordillera de los Andes y en las cuencas de su vertiente oriental (Selva alta).

Las zonas afectadas por un huayco son espacios delimitados por una determinada quebrada, produciéndose las principales afectaciones en el delta o cono de depósito.

D) Estratificación de riesgos geológicos por Huaycos

ESTRATO/ NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro Bajo)	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc.	1 < de 25%
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. 50%	2 De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos.	3 De 51% a 75%
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por talud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones.	4 De 76% a 100% ^o

4.3.2. ANALISIS DE RIESGOS GEOLÓGICOS

4.3.2.1. ANALISIS DE RIESGO POR PÉLIGRO DE SISMO

A) Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica - Sismo

VULNERABILIDAD AMBIENTAL Y ECOLÓGICA				
VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Condiciones Atmosféricas	Niveles de temperatura Al promedio normales.24%	Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal	Niveles de temperatura superiores al promedio normal	Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación.
Composición y calidad del aire y el agua	Sin ningún grado de contaminación.	Con un nivel moderado de contaminación. 40%	Alto grado contaminación	Nivel contaminación no apto.
Condiciones Ecológicas	Conservación de los recursos naturales, crecimiento poblacional planificado, no se practica la deforestación y contaminación	Nivel moderado De explotación de los recursos naturales; ligero crecimiento de la población y del nivel de contaminación 30%	Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación	Explotación indiscriminada de recursos naturales; incremento de la población fuera de la planificación, deforestación y contaminación

Cuadro 42 CUADRO DE VULNERABILIDAD AMBIENTAS Y ECOLOGICA - SISMO

Según el cálculo la vulnerabilidad Ambiental y Ecológica se cataloga como VM con un porcentaje de 31.33%.

B) Vulnerabilidad Física - Sismo:

Cuadro 43 CUADRO DE VULNERABILIDAD FISICA - SISMO

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	<25 %	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%
Tipo de Suelos	Suelos duros compactos.	Suelos de calidad intermedia. 40%	Suelos con aceleración sísmica por características geotécnicas y Encontrarse en una zona sísmica.	Suelos blandos.
Calidad de Materiales Utilizados en Construcción	Estructura sismo resistente con adecuada técnica constructiva	Estructura de concreto, cemento sin adecuada técnica constructiva, infraestructura mayor a 40 años.	Estructuras de adobe sin refuerzos estructurales 55%	Estructura de adobe, caña de menor resistencia
Localización de Infraestructura	Muy Alejada > 5 km. 20%	Medianamente cerca de 1 a 5 km	Cercana de 0.2 a 1km	En la falla de 0.2 a 0 km
Características geológicas	Zonas sin fallas ni fracturas: suelos con buenas características geotécnicas	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante. 45%	Zona fracturada, con falla, suelos colapsable.
Normatividad existente	Con leyes o normas que se cumplen	Con leyes o normas medianamente cumplidas	Con leyes o normas sin cumplimiento referentes a construcción. 48%	Sin leyes o normas referentes a construcción distribución suelo.

Esto hace que la vulnerabilidad física se catalogue como VM con un porcentaje del 41.60%.

C) Vulnerabilidad Económica - Sismo:

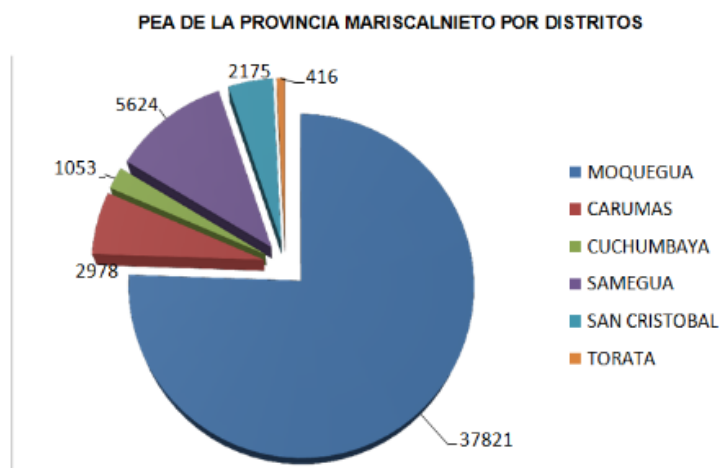
FUENTE: INEI Censo 2007

Población económicamente activa: La Agricultura es una actividad que se viene desarrollando en la Provincia Mariscal Nieto predominando, las plantaciones de los cultivos de palta y Vid, en los distritos de Moquegua y Samegua. La ganadería y sus derivados es otra actividad económica en la Provincia Mariscal Nieto. Referente a la minería, como ya se mencionó anteriormente se tiene Yacimientos mineros de Quellaveco y Cuajone. La energía en general, proviene de la central térmica de Ilo, que tiene una gran área de influencia. Con respecto al comercio, éste es un activo en el distrito de Moquegua.

La población Económicamente Activa en la Región de Moquegua, por Provincias y distritos se ve en el cuadro siguiente.

Cuadro 44 CUADRO DE POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA DE 14 AÑOS A MÁS, POR PROVINCIA Y DISTRITOS:2005			
PROVINCIA / DISTRITO	Población Total	Población Económicamente Activa	%
DEPARTAMENTO	159306	120.975	75.94
PROVINCIA DE MARISCAL NIETO	7046	53811	76.37
MOQUEGUA	50075	37821	75.53
CARUMAS	3877	2978	76.81
CUCHUMBAYA	1306	1053	80.63
SAMEGUA	7262	5624	77.44
SAN CRISTOBAL	2652	2175	82.01
TORATA	5288	416	78.67
PROVINCIA DE GRAL. SANCHEZ	25809	19992	77.46
SANCHEZ CERRO			
OMATE	4208	3295	78.3
CHOJATA	1986	1560	78.55
COALAUQUE	1595	1225	76.8
ICHUÑA	3782	2846	75.25
LA CAPILLA	1525	1326	86.95
LLOQUE	1206	860	71.31
MATALAUQUE	143	1172	81.96
PUQUINA	3213	2469	76.84
QUINISTAQUILLAS	708	565	79.8
UBINAS	4804	3674	76.48
YUNGA	1352	1000	73.96
PROVINCIA DE ILO	63037	47172	74.83
ILO	57746	42993	74.45
EL ALGARROBAL	305	269	88.20
PACUCHA	4986	391	78.42



Fuente: Elaborado para el Proyecto INEI

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25%	26% a 50%	51% a 75%	76% a 100%
Actividad Económica	Alta productividad y Recursos bien distribuidos. Productos para el comercio exterior o fuera de la localidad.	Medianamente productiva y distribución regular de los recursos. Productos para el comercio interior, a nivel local. 50%	Escasamente productiva y distribución deficiente de los recursos.	Sin productividad y nula distribución de recursos.
Acceso al Mercado Laboral	Oferta Laboral > Demanda	Si hay oferta laboral. 50%	Oferta Laboral < Demanda	No hay Oferta laboral.
Nivel de Ingresos	Alto nivel de ingresos	Suficiente nivel de ingresos	Nivel de ingresos cubre necesidades básicas. 70%	Ingresos inferiores para necesidades.
Situación de Pobreza o Desarrollo Humano	Población sin Pobreza.	Población con menor porcentaje de pobreza.	Población con pobreza media. 70%	Pobreza con pobreza total o extrema.

Cuadro 45 CUADRO DE NIVEL DE VULNERABILIDAD

Por lo tanto la vulnerabilidad económica se cataloga como **VA** con un porcentaje del **60.00%**.

D) Vulnerabilidad Social - Sismo:

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD SOCIAL			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25%	26% a 50%	51% a 75%	76% a 100%
Nivel de Organización	Población totalmente organizada	Población organizada 35%	Población escasamente Organizada.	Población organizada
Participación de la población en los trabajos comunales.	Participación Total	Participación de la mayoría 30%	Mínima Participación	Nula Participacion
Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales	Fuerte Relación	Medianamente relacionados 50%	Débil Relación	No Existe
Tipo de integración entre las organizaciones e instituciones locales	Integración Total	Integración Parcial 45%	Baja integración	No Existe integración

Cuadro 46 CUADRO DE VULNERABILIDAD SOCIAL POR SISMO

Evaluado este aspecto se puede decir que la vulnerabilidad social se catalogue como **VM** con un porcentaje de **40.00%**.

E) Vulnerabilidad Educativa – Sismo:

De acuerdo a la Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) artículo 5. Item 5.3 Los lineamientos de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres son los siguientes: La generación de una cultura de la prevención en las entidades públicas, privadas y en la ciudadanía en general, como un pilar fundamental para el desarrollo sostenible, y la interiorización de la Gestión del Riesgo de Desastres. El Sistema Educativo

Nacional debe establecer mecanismos e instrumentos que garanticen este proceso.

La vulnerabilidad educativa de la presente estimación del riesgo está orientada a evaluar la educación de los pobladores que viven en la zona del proyecto.

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD EDUCATIVA			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25%	26% a 50%	51% a 75%	76% a 100%
Programas Educativos formales en prevención y atención de desastres (PAD)	Desarrollo permanente de temas relacionados con PAD.	Desarrollo con regular permanencia en temas de prevención de desastres	Insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres 60%	No están incluidos los temas de PAD en el desarrollo de Programas Educativos
Programas de Capacitación (educación formal) de la población Escolar en PAD.	La totalidad de la población está capacitada preparada ante un desastre	La mayoría de la población se encuentra regularmente preparada y capacitada,	La población está escasamente preparada y capacitada 70%	No está capacitada ni preparada la totalidad de la población.
Campañas de difusión (radio , TV, prensa y/o) sobre PAD	Difusión masiva y frecuente	Difusión masiva y poco frecuente	Escasa Difusión, sobre temas de prevención de desastres. 65 %	No hay difusión.
Alcance de los Programas Educativos sobre Grupos Estratégicos	Cobertura Total	Cobertura mayoritaria en población objetivo	Cobertura insuficiente menos de la mitad de la población objetivo 65%	Cobertura desfocalizada.

Cuadro 47 CUADRO DE VULNERABILIDAD EDUCATIVA

Por consiguiente la vulnerabilidad educativa será **65.00%** que se cataloga como **VA**.

F) Vulnerabilidad Cultural e Ideológica – Sismo

VULNERABILIDAD CULTURAL E IDEOLOGICA				
VARIABLE	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	Conocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres.	Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres. 60%	Desconocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres
Percepción de la población sobre los desastres	La totalidad de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia de desastres	La mayoría de la población tiene una percepción real de la ocurrencia de los desastres.	La minoría de la población tiene una percepción realista y más místico y religioso. 65%	Percepción totalmente irreal – místico – religioso
Actitud frente a la ocurrencia de desastres	Actitud altamente previsoras	Actitud parcialmente previsoras. 50%	Actitud escasamente previsoras.	Actitud fatalista, conformista y con desidia.

Cuadro 48 CUADRO DE VULNERABILIDAD CULTURAL E IDEOLOGICA POR SISMO

Por consiguiente la vulnerabilidad política e institucional se define como **VA**.

G) Vulnerabilidad Política e Institucional – Sismo

Cuadro 49 CUADRO DE VULNERABILIDAD POLITICA INSTITUCIONAL

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Autonomía local	Total autonomía	Autonomía parcial.	Escasa autonomía 55%	No existe autonomía
Liderazgo político Participación ciudadana	Aceptación y respaldo total Participación total.	Aceptación y respaldo parcial. Participación mayoritaria. 30%	Aceptación y respaldo Minoritario. Participación minoritaria.	No hay aceptación ni respaldo No hay participación
Coordinación de acciones entre autoridades locales y funcionamiento del CDC	Permanente coordinación y activación del CDC	Coordinación es esporádicas. 45%	Escasa coordinación	No hay coordinación inexistencia CDC

consiguiente la vulnerabilidad política e institucional se define como **VM**.

H) Vulnerabilidad Científica y Tecnológica – Sismo

VULNERABILIDAD CIENTIFICA Y TECNOLOGICA				
VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB < 25 %	VM 26 a 50 %	VA 51 a 75 %	VMA 76 a 100 %
Existencia de trabajos de investigación sobre Desastres naturales en la localidad	La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados	La mayoría de los peligros naturales fueron estudiados	Existen pocos estudios de los peligros naturales. 60	No existen estudios de ningún tipo los peligros.
Existencia de Instrumentos para medición (sensores) de fenómenos	Población totalmente instrumentada	Población parcialmente instrumentada	Población con escasos instrumentos.	Población sin instrumentos
Conocimiento sobre la existencia de estudios La Población cumple las conclusiones y recomendaciones	Conocimiento de los estudios existentes	Conocimiento parcial de los estudios. La mayoría de la población cumple las conclusiones y recomendaciones	Mínimo conocimiento de los estudios existentes Se cumple en mínima proporción las conclusiones y recomendaciones. 70%	No tienen conocimiento de los estudios No cumplen las conclusiones y recomendaciones

Cuadro 50 CUADRO DE VULNERABILIDAD CIENTIFICA Y TECNOLOGICA POR SISMO

Donde la vulnerabilidad científica y tecnológica resulta como **VA**:

I) Matriz General -Composicion de Vulnerabilidad para el Peligro de Sismo

Cuadro 51 CUADRO MATRIZ GENERAL- COMPOSICION DE VULNERABILIDAD PARA EL PELIGRO DE SISMO

ITEM	VULNERABILIDAD	VB	VM	VA	VMA	TOTAL
	VALOR	0% a 25%	26% a 50%	51% a 75%	76% a 100%	
4.1.1	AMBIENTAL Y ECOLOGICA		31.33%			31.33%
4.1.2	FISICA		41.60%			41.60%
4.1.3	ECONOMICA			60.00%		60.00%
4.1.4	SOCIAL		40.00%			40.00%
4.1.5	EDUCATIVA			65.00%		65.00%
4.1.6	CULTURAL E IDEOLOGICA			58.33%		58.33%
4.1.7	POLITICA E INSTITUCIONAL		43.33%			43.33%
4.1.8	CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA			66.67%		66.67%
					TOTAL	406.26%
					PROMEDIO	50.78%

Tenemos el hecho de la vulnerabilidad de las viviendas de adobe, habiendo realizado el análisis de la vulnerabilidad por el peligro de sismo, como resultado estamos frente a una VA (Vulnerabilidad Alta). En forma porcentual tenemos que la vulnerabilidad total es del orden de **50.78%**.

4.3.2.2. ANALISIS DE VULNERABILIDADES PARA EL PELIGRO DE DERRUMBE O DESLIZAMIENTO

A) Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica – Derrumbe

Donde la vulnerabilidad resulta: 26.66%

B) Vulnerabilidad Física- Derrumbe

Donde la vulnerabilidad resulta: 75.00%

C) Vulnerabilidad Económica – Derrumbe

Donde la vulnerabilidad resulta: 63.75%

D) Vulnerabilidad Social – Derrumbe

Donde la vulnerabilidad resulta: 38.75%

E) Vulnerabilidad Educativa- Derrumbe

Donde la vulnerabilidad resulta: 58.75%

F) Vulnerabilidad Cultural e Ideológica- Derrumbe

Donde la vulnerabilidad resulta: 48.33%

G) Vulnerabilidad Política e Institucional- Derrumbe

Donde la vulnerabilidad resulta: 41.00%

H) Vulnerabilidad Científica y Tecnológica- Derrumbe

Donde la vulnerabilidad resulta: 60.00%

I) Matriz General de la Composición de la Vulnerabilidad para el Peligro de Derrumbe

Cuadro 52 MATRIZ GENERAL DE LA COMPISICION PARA EL PELIGRO DE DERRUMBE

ITEM	VULNERABILIDAD	VB	VM	VA	VMA	TOTAL
	VALOR	0% a 25%	26% a 50%	51% a 75%	76% a 100%	
4.2.1	AMBIENTAL Y ECOLOGICA		26.66%			26.66%
4.2.2	FISICA			45.00%		75.00%
4.2.3	ECONOMICA			63.75%		63.75%
4.2.4	SOCIAL		38.75%			38.75%
4.2.5	EDUCATIVA			58.75%		58.75%
4.2.6	CULTURAL E IDEOLOGICA			48.33%		48.33%
4.2.7	POLITICA E INSTITUCIONAL		41%			41.00%
4.2.8	CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA			60.00%		60.00%
	TOTAL					393.91%
	PROMEDIO					61.74%

Habiendo realizado el análisis de la vulnerabilidad ante derrumbe, tenemos como resultado que estamos frente a una VA (vulnerabilidad Alta). En forma porcentual tenemos que la vulnerabilidad total es del orden de **61.74%**.

4.3.2.3. ANALISIS DE VULNERABILIDADES PARA EL PÉLIGRO POR HUAYCOS

A) Vulnerabilidad Ambiental y Ecológica - Huaycos.

Donde la vulnerabilidad resulta: 25.00%

B) Vulnerabilidad Física – Huayco

Donde la vulnerabilidad resulta: 73.33%

C) Vulnerabilidad Económica – Huayco

Donde la vulnerabilidad resulta: 58.75%

D) Vulnerabilidad Social – Huayco

Donde la vulnerabilidad resulta: 41.25%

E) Vulnerabilidad Educativa – Huayco

Donde la vulnerabilidad resulta: 63.75%

F) Vulnerabilidad Cultural E Ideológica – Huayco

Donde la vulnerabilidad resulta: 43.33%

G) Vulnerabilidad Política E Institucional – Huayco

Donde la vulnerabilidad resulta: 43.33%

H) Vulnerabilidad Científica Y Tecnológica – Huayco

Donde la vulnerabilidad resulta: 63.33%

I) Matriz General de la Composición de la Vulnerabilidad del Peligro de Huayco

Cuadro 53 MATRIZ GENERAL DE LA COMPOSICION DE LA VULNERABILIDAD DEL PELIGRO POR HUAYCO

ITEM	VULNERABILIDAD VALOR	VB	VM	VA	VMA	TOTAL
		0% a 25%	26% a 50%	51% a 75%	76% a 100%	
4.1.1	AMBIENTAL Y ECOLOGICA	25.00%				25.00%
4.1.2	FISICA			73.33%		73.33%
4.1.3	ECONOMICA			58.75%		58.75%
4.1.4	SOCIAL		41.25%			41.25%
4.1.5	EDUCATIVA			63.75%		63.75%
4.1.6	CULTURAL E IDEOLOGICA		43.33%			43.33%
4.1.7	POLITICA E INSTITUCIONAL		43.33%			43.33%
4.1.8	CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA			53.33%		63.33%
					TOTAL	412.07%
					PROMEDIO	51.76%

Habiendo realizado el análisis de la vulnerabilidad ante Huaycos, tenemos como resultado que estamos frente a una VA (vulnerabilidad Alta). En forma porcentual tenemos que la vulnerabilidad total es del orden de **51.76%**.

4.3.2.4. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD:

Cuadro 54 MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

LEYENDA:

	Riesgo Bajo (< de 25%)
	Riesgo Medio (26% al 50%)
	Riesgo Alto (51% al 75%)
	Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

A) Calculo del Riesgo para el Peligro – Sismo

De acuerdo al análisis realizado se tiene un grado de peligro de sismo de 40% y un 50.78% de vulnerabilidad, por lo cual se concluye:

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Cuadro 55 ANALISIS DE RIESGO PARA EL PELIGRO DE SISMO

B) Calculo del Riesgo para el Peligro – Derrumbe o Deslizamiento

De acuerdo al análisis realizado se tiene un grado de peligro de sismo de 45% y un 61.74%de vulnerabilidad, por lo cual se concluye:

Peligro Muy	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy	Riesgo Muy
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	
	Vulnerabilidad	Vulnerabilidad	Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Cuadro 56 ANALISIS DE RIESGO PARA EL PELIGRO DE DERRUMBE O DESLIZAMIENTO

C) Calculo del Riesgo para el Peligro – Huayco

De acuerdo al análisis realizado se tiene un grado de peligro de sismo de 73.33% y un 54.76% de vulnerabilidad, por lo cual se concluye:

Peligro Muy	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy	Riesgo Muy
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	
	Vulnerabilidad	Vulnerabilidad	Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Cuadro 57 ANALISIS DE RIESGO PARA EL PELIGRO DE HUAYCO

CONCLUSIONES

- 1) Las características geológicas y geotécnicas del terreno de fundación están conformados por un material apropiado ya que la capacidad de soporte CBR promedio es de **30.04** al 100%, y en el lugar más crítico para la construcción de la carretera ubicada en el sector del Cerro Pucara (km 62+200 al 63+900), el cual se caracteriza por tener formaciones rocosas de talud vertical se logró determinar las características geomecánicas del macizo rocoso y diseñar un sistema de estabilización óptimo para el talud cuya clasificación RMR varía entre **38 y 44**, mediante el análisis de estabilidad con un factor de seguridad de 1.23; y un ángulo de fricción interno de **31°**, lo que muestra que son favorables para la construcción de la carretera.
- 2) Se ubicaron **13** canteras a lo largo de la vía que cuentan con distintas características geotécnicas que serán utilizadas para las diferentes necesidades del proceso constructivo de la carretera.
- 3) De la evaluación de riesgos geológicos y análisis realizado se tiene un grado de peligro de **sismo** de 40% y un 50.78% de vulnerabilidad, por lo cual se concluye: **Riesgo Medio**, de acuerdo al análisis realizado se tiene un grado de peligro de **derrumbe o deslizamiento** de 45% y un 61.74% de vulnerabilidad, por lo cual se concluye: **Riesgo Alto** y de acuerdo al análisis realizado se tiene un grado de peligro de **Huayco** de 73.33% y un 54.76% de vulnerabilidad, por lo cual se concluye: **Riesgo Alto**; El peligro por Derrumbes o Deslizamientos en la zona del proyecto Cerro Pucara esta categorizado en una escala de **Riesgo Alto**.

RECOMENDACIONES

Se planteó como otra alternativa Nro 2 de solución, la construcción de un túnel entre las progresiva 62+660 a 62+990; de aproximadamente 340 m de longitud del túnel de 4 m de ancho y 4 m de alto; que atravesase el Cerro Pucara debido a que es complicado aplicar las medidas de estabilización, debido a las condiciones del talud con pendientes muy elevadas (90m. aprox), caída eventual de rocas y espacio limitado para realizar estos trabajos para evitar, gran movimiento de escombros y fragmentos de roca.

Por otro lado; si se quiere mantener la alternativa Nro. 1, el proyecto inicial; por las condiciones malas de los parámetros geomecánicos, de grado de alteración, fracturas, tipo de relleno y el menor espacio para el movimiento de escombros y voladuras de rocas no es recomendable; además no existe suficiente espacio para las obras de arte para la construcción de la carretera en mención. Si se quiere mantener el tramo inicial, se tendría que realizar, los mismos volúmenes de movimiento de escombros; como en el caso de la segunda alternativa; por tratarse del mismo talud de corte, así mismo requerirá de voladura controlada aplicando los parámetros técnicos de ingeniería de explosivos.

Al momento de realizar los trabajos y construcción en las zonas de trabajo tener en cuenta las zonas de fracturamiento y alineamiento de fallas para controlar estas zonas inestables.

Se recomienda implementar charlas de concientización e información acerca de los peligros de Sismo, Derrumbes (Caída de Rocas) o Deslizamiento de terrenos expansivos inestables (falla circular).

Se recomienda también desarrollar simulacros de los peligros más latentes, para dejar en conocimiento a la población de Pachas y Chojata en las zonas de mayor riesgo.

Para el control y estabilidad de taludes, es necesario realizar una voladura controlada sin exceder las velocidades pico particula.

Ante el Riesgo de Huaycos en la carretera se recomienda la construcción de zanjas de coronación que eviten se formen caudales con arrastre de lodo.

En los tramos donde se indica deslizamientos en la etapa constructiva se debe prever la realización de obras de arte como muros de contención, construcción de banquetas y gaviones según se requiera.

REFERENCIAS

- **ALFARO, S.J.M. 2000.** “Aplicación de Nuevas Técnicas en el Estudio Ingeniero Geológico de los Macizos Rocosos”. Primer Simposio Internacional la Geodesia y la Geomecánica Aplicada a la Construcción: Ciudad de la Habana. 19 – 28 pp.
- **BELLIDO E., (1979).** Geología del Cuadrángulo de Moquegua (35-u). INGEMMET Boletín N° 15 Lima. 75 p.
- **BIENIAWSKI Z. T. 1079.** “Geomechanic clasification of rock masses and its application to tunneling. Proc II Tnt Congress for rock Mechanic ISMR VOL II.
- **BRAJA M. DAS -2001-** Fundamentos de Ingenieria de Geotecnia. California State Sacramento, p. 349
- **DEERE, D.U. -1964-** Technical description of rock cores for engineer purposes. Rock Mechanics and Engineering Gology. Vol 1. P. 17-22.
- **FRANCO, P. 2002.** Alteración Hidrotermal. Trabajos Técnicos en Exploraciones 39 pp.
- **GARCIA W., (1978).** Geología del Cuadrángulo de Puquina (34-t), Omate (34-u), Huaitire (34-v), Mazo Cruz (34-x) y Pizacoma (34-y). INGEMMET Boletín N° 29, Lima. 75 p.
- **GONZALEZ D.V., L.I. 2003.** Ingeniería Geológica, Pearson Educación, Madrid España, 2003, pp. 715.
- **GOODMAN, R.E. JOHN WILEY, 1989.** “Introduction to rock mechanics”, Segunda, Ed.
- **HEINRICH, E. 1972.** Petrografía Microscópica. Ediciones Omega S.A. Versión Castellana. Traducción: Martínez Pablo. Barcelona España.
- **HOEK, E., BRAY, L. 1981.** “Rock Slope Engineering”, Institution of mining and metallurgy, London, 3rd ed.
- **HOEK, E., BROWN, E.T. 1980.** “Excavaciones Subterráneas en Rocas”, Institution of mining and metallurgy, London, 1986, Versión en español por Mc Graw Hill, México. 634 pp.
- **HOEK, E., BROWN, E.T. 1980.** “Underground excavations in rock”, Institution of mining and metallurgy, London, 1980, Versión en español por Mc Graw Hill, México.
- **HUANG W., (1991).** Petrología. Departamento de Geología Universidad de Baylor. México D.F. 546 p.
- **INGEMMET (1993)** “Estudio Integrado del Sur” Boletín 42; Lima – Perú. Cordillera Oriental.

- **Instituto Nacional De Defensa Civil (2006)**, Manual basico para la estimacion del riesgo, , dirección nacional de prevención, Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos, UEER, Lima - Perú - 2006.
- **Instituto Nacional De Defensa Civil (2011)**, Guía instructiva de recomendaciones estructurales, dirección nacional de prevención dnp, Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos UEER Lima – Perú - Edición 2011.
- **INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, 2011** Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales, dirección nacional de prevención dnp, unidad de estudios y evaluación de riesgos ueer lima – peru - edición 2011.
- **KRAMER, S., 1996.** Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall.
- **LOPEZ J, C. 1997.** Manual de Túneles y Obras Subterráneas. ETSIM. Madrid, España. 1102 pp.
- **MARREROS D. OSCAR 1995.** “Análisis de Riesgo de Estabilidad de Taludes en Roca Fracturada”, XXII Convención de Ingenieros de Minas del Perú. Arequipa Perú.
- **MARTÍNEZ V. A. 1990.** Geotecnia para Ingenieros. V. I Principios Básicos. CONCYTEC UNI. Lima Perú.
- **MERINO L. 2001.** “Mecánica de Roca Aplicada a la Minería” INGEROC – Lima.
- **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES MTC. EG-CBT-2008**, Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.
- **ONERN (1974).** Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Inventario, Evaluación y uso Racional de los Recursos naturales de la Costa. Cuencas de los Ríos Quilca y Tambo. Volumen I, II, III. Lima - Perú.
- **PITCHER W., (1985).** Magmatism at a Plate Edge the Peruvian Andes. University of Liverpool. British Geological Survey. London. 328 p.
- **RAMÍREZ O. P., ALEJANO M. L. 2008.** “Mecánica de Roca: Fundamentos e Ingeniería de Taludes” Gráficos Monterreina S.A. Madrid, España. 728 pp.
- **RANA & BULLOCK -1969-** The design of open pit mine slopes. Canadian Mining Journal p. 62-68.
- **ROBLES E. N. 1994.** Excavación y Sostenimiento de Túneles en Roca. CONCYTEC, Lima Perú. 278 pp.
- **SEMPERE, T et al. 2002** Avances Geológicos en el Sur del Departamento de Puno, in XI Congreso Peruano de Geología, Resumen S.G.P. Lima, Perú 53 pp.

- **SENAMHI, (2008).** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Moquegua.
- **SEPÚLVEDA, S.A., MURPHY, W., PETLEY, D.N., 2005.** Topographic controls on coseismic rock slides during the 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, Volume 38, 189-196.
- **TUMIALAN.P.H. CARRILLO, G.A. 1993.** Diseño de Túneles. Ed. American Concrete Institute. Lima Perú 158 pp.
- **WILSON J., & García, (1962).** Geología del Cuadrángulo de Huaylillas. Bol. Com. Carta Geol. Nac., N° 6. Lima.

ANEXOS

ANEXO I
PLANOS

ANEXO II
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS

ANEXO III
ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO IV
DATA DE MAPEO GEOMECÁNICO