

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y GEOTÉCNICA,
PARA EL DISEÑO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE
TALUDES DEL TAJO NORESTE DE UNA MINA
EN JUNÍN, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Herber Shosman Perez Silva
Elmer Geyner Portal Carahuatay

Asesor:

Ing. Yuling Indira Quispe Arones
<https://orcid.org/0000-0003-1776-2362>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Daniel Alejandro Alva Huamán	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Miguel Ricardo Portilla Castañeda	45209190
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Rafael Napoleón Ocas Boñón	42811302
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

EVALUACIÓN GEOMECÁNICA Y GEOTÉCNICA, PARA EL DISEÑO DE ESTABILIDAD FÍSICA DE TALUDES DEL TAJO NORESTE DE UNA MINA EN JUNÍN, 2022

ORIGINALITY REPORT

20%	18%	3%	8%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	hdl.handle.net Internet Source	5%
2	Submitted to Universidad Privada del Norte Student Paper	2%
3	repositorio.unap.edu.pe Internet Source	2%
4	repositorio.upn.edu.pe Internet Source	2%
5	Submitted to uni Student Paper	1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Internet Source	1%
7	1library.co Internet Source	1%
8	repositorio.uap.edu.pe Internet Source	1%
	repositorio.ucp.edu.pe	

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la salud para lograr mis objetivos, a mis padres por ser fuente de motivación en todo momento y a la vez darme su apoyo incondicional la que permitía estar firme en mi decisión.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por brindarle vida a mis padres que puedan ser partícipes del logro que deseamos alcanzar. Segundo lugar, a mi persona que por más obstáculos que se presentó en el camino me mantuve enfocado en lo que quería lograr.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORMDE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
Tabla de contenido	6
Índice de tablas	7
Índice de figuras.....	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos.....	14
1.4. Hipótesis.....	14
1.4.1. Hipótesis general	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	15
2.1. Tipo de investigación.....	15
2.2. Población y muestra.....	16
2.2.1. Población	16
2.2.2. Muestra	16
2.3. Materiales, instrumentos y equipos	16
CAPÍTULO III: RESULTADOS	26
3.1. Caracterización geológica-estructural.....	26
3.2. Sistemas de discontinuidades estructurales	27
3.3. Caracterización geomecánica	31
3.4. Distribución geoestadística de data geomecánica	39
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	50
4.2. Conclusiones.....	51
Referencias.....	53
Anexos	56

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Datos de los ensayos de carga puntual</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2: Datos de ensayos de tracción indirecta</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3: Valor "mi", de los ensayos de compresión triaxial</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 4: Resultados de los ensayos de constantes elásticas</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 5: Propiedades físicas de la roca intacta</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 6: Datos de ensayos de corte en discontinuidades</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 7: Orientación de las discontinuidades</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 8: Parámetros de resistencia de la masa rocosa de los 4 dominios estructurales</i>	
<i>Sector 3 Tajo Norte</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 9: Caracterización geomecánica de testigo de sondaje diamantino DDH-056</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 10: Caracterización geomecánica de testigo de sondaje diamantino DDH-057</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 11: Caracterización geomecánica de testigo de sondaje diamantino DDH-059</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 12: Resumen de la distribución de la calidad de los macizos rocosos</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 13: Zonificación geomecánica para el Tajo</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 14: Aceleraciones espectrales en roca para diferentes periodos de retorno</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 16: Caracterización geomecánica de Tajo noreste, Estación 01</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 17: Caracterización geomecánica del Tajo noreste, Estación 02</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 18: Caracterización geomecánica del tajo Noreste, Estación 03</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 19: Caracterización geomecánica del Tajo noreste, Estación 04</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 20: Caracterización geomecánica del Tajo noreste, Estación 05</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 21: Caracterización geomecánica del Tajo noreste, Estación 06</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 22: Caracterización geomecánica del tajo noreste, Estación 07</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 23: Caracterización geomecánica del Tajo Noreste, Estación 08</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 24: Caracterización geomecánica del tajo noreste, Estación 09</i>	<i>64</i>

Índice de figuras

<i>Figura 1: Formato de registro geomecánico - geotécnico en campo</i>	18
<i>Figura 2: GSI modificado 2002</i>	19
<i>Figura 3.1: Columna estratigráfica Rio Pallanga, Carhuacayán, Animon, Huarón.</i>	26
<i>Figura 5: Estereogramas en el plano de geología local</i>	27
<i>Figura 6: Diagrama de roseta de estructuras del Tajo Noreste</i>	28
<i>Figura 7: Determinación del tipo de rotura</i>	28
<i>Figura 8: Determinación del tipo de rotura</i>	29
<i>Figura 9: Plano estructural 3D Tajo de una mina en Junín</i>	30
<i>Figura 10: Sección litológica geomecánica</i>	33
<i>Figura 11: Sección litológica geomecánica</i>	35
<i>Figura 12: Sección litológica geomecánica</i>	37
<i>Figura 13: Plano de arreglo estructural y modos de inestabilidad cinemática en el Tajo de la unidad minera</i>	38
<i>Figura 14: La mayor cantidad de datos se encuentra entre el cuartil Q=1 y Q=3</i>	39
<i>Figura 15: Distribución de datos en función a la litología</i>	39
<i>Figura 16: Normalización de la data de campo (RMR)</i>	40
<i>Figura 17: Histogramas de los diferentes tipos de roca</i>	41
<i>Figura 18: Porcentaje de litologías en el Tajo</i>	42
<i>Figura 19: Zonificación geomecánica</i>	44
<i>Figura 20: Factor de seguridad de taludes de banco en función a rotura planar</i>	46
<i>Figura 21: Factor de seguridad de taludes de banco en función a rotura en cuña</i>	46
<i>Figura 22: Estabilidad de taludes del sector SD1 - Condiciones estáticas</i>	47
<i>Figura 23: Estabilidad de taludes SD1 - Condiciones pseudoestáticas</i>	47
<i>Figura 24: Análisis de taludes del sector SD2</i>	48
<i>Figura 25: Plano de ángulos de taludes recomendado</i>	49

RESUMEN

El objetivo del estudio, es determinar el diseño de estabilidad física en base a la evaluación geomecánica y geotécnica de los taludes del sector 3 del tajo de mina en Junín. La investigación es por el fin aplicada, por el alcance descriptiva y por el enfoque es cuantitativa, la muestra son los taludes del tajo de la mina, como principales técnicas de recolección de datos, tenemos la observación directa en campo y como instrumentos, los formatos geomecánicos de RMR, GSI, así mismo se tuvo una etapa de precampo donde se realizó un análisis documental, una etapa de campo que consistió en caracterizar los macizos rocosos de los taludes, toma de muestras para determinar la resistencia en laboratorio. Dentro del análisis de datos, la información fue procesada en diferentes softwares como slide para el cálculo del factor de seguridad Autocad y Arcgis para elaboración de planos. Se determinó el diseño garantizando la estabilidad de los taludes.

PALABRAS CLAVES: Evaluación geomecánica, geotecnia, diseño, estabilidad, taludes

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente, a nivel internacional, autores como Aguedo y Asencios, (2020) indican que para el diseño de una operación minera a tajo abierto se toman en cuenta ciertos parámetros tales como las condiciones geológicas, geomecánicas, geográficas, entre otras. En tal sentido, el proceso “estándar” para el diseño de taludes los cuales incluyen; levantamiento de datos de logeo y mapeo geotécnico de la zona donde se desarrollará la operación, se establecen modelos geológicos, estructurales e hidrogeológico, sectorizando el diseño en subdivisiones de dominio.

Por ejemplo, en el Perú, Gónzales, (2018), indica que, dependiendo de la evaluación geomecánica y de, las condiciones en el proceso de minado, la masa rocosa varia de una mina a otra. Es importante el conocimiento de los atributos geomecánicos del macizo rocoso y la interacción que tienen con las operaciones mineras, de esta manera se puede identificar los peligros potenciales que ocasionarian accidentes por desprendimientos de rocas, por lo que determinar los parámetros geomecánicos ayudan en la toma de buenas decisiones para el planeamiento y diseño de minado, relacionado a la explotación del mineral, garantizando la estabilidad de las operaciones mineras.

Por otro lado a nivel local Márquez y Villanueva (2019), mencionan que, para la explotación de yacimientos no metálicos, los taludes, no hacen una correcta evaluación de geomecánica para el diseño de explotación y estabilidad taludes, lo cual puede generar deslizamientos, derrumbes, afectado a la zona de influencia de la explotación. Por ello, la importancia de un diseño geotécnico para una mina a cielo abierto, comienza a partir de la caracterización geológica de los datos obtenidos en campo producto del logeo y mapeo

geomecánico, con la finalidad de determinar parámetros como son la resistencia a la compresión (UCS), RQD y RMR (Vergara, 2020).

Se han considerado como antecedentes estudios como los de Mamani (2021), quien realizó una evaluación geomecánica más un análisis cinemático y de estabilidad de taludes para finalizar con la evaluación geotécnica de la voladura en Mina Toquepala. Para el macizo rocoso se obtuvo un RMR de 75 siendo de buena calidad, en la celda 3280_NE_4_37, se identificó una familia de discontinuidades con una rotura de tipo vuelco, por lo que sugiere un seguimiento en los niveles superiores e inferiores de los taludes. En la parte NE de la Mina Toquepala obtuvo que los factores de seguridad son mayores a 3 se obtuvo un factor de seguridad de 2.9. otro estudio es el de Romero (2018), quien, estableció 55 estaciones geomecánicas (utilizando el mapeo de líneas de detalle), mediante la evaluación geomecánica en La Mina 2-3-4 Shougang, las condiciones del macizo rocoso en gran parte son por roca dura y roca muy dura, con una resistencia media, el RMR promedio en su mayoría varía de Regular y buena calidad obteniendo un intervalo entre 53-63. Para la estabilidad en los bancos son estables en condiciones estáticos y pseudo estáticos, sin embargo, en algunos sectores el FS pseudo estático es menor a 1.1 donde se recomienda eliminar aquellos bloques que generarían riesgos. Por otro lado, Vergara Lovera, (2020); en su investigación que se desarrolló en los Andes Centrales del Perú, al realizar su evaluación geomecánica, estimó parámetros como son la resistencia a la compresión uniaxial (UCS) valores de 70 a 80 MPa, RQD que varía entre 60-80% y RMR entre 55 a 60. Para el segundo dominio geotécnico obtiene que la litología está conformada por intrusivos, presenta un RMR entre 55 a 65, un RQD que varía entre 70-90% y una resistencia entre 80 a 120 MPa. Para el tercer dominio geotécnico, está conformado por areniscas, el RMR está entre 45-50, el RQD varía entre 40-60% y una resistencia a la compresión uniaxial entre 40 a 70 MPa.

Logrando zonificar geomecánicamente los taludes estudiados. (Molina Quispe, 2019), realizó una caracterización geomecánica del macizo rocoso del tajo Jessica del proyecto Jessica en Puno, mediante: RMR, SMR Y GSI, utilizó técnicas estereográficas computarizadas, zonificación de dominios geotécnicos, establecida por la distribución del GSI. Los ángulos de los taludes propuestos y las condiciones de estabilidad son satisfactorios debido a que los factores de seguridad superan por un buen margen los mínimos requeridos estando en valores de 2.435 en condiciones estáticas no drenadas y en pseudo estáticas no drenadas de 1.874. La clasificación geomecánica de la masa rocosa utilizando el criterio de Bieniaswaki (1989), la calidad de la roca va desde Mala (RMR 38-40) hasta Buena (RMR 62-63), pasando por regular B (RMR 42-50) y regular A (RMR 54-57).

Como marco teórico (Araujo, Britto, Meza, & Olivella, 2017) señala que, la evaluación geomecánica de los macizos rocosos para el diseño de estabilidad de taludes en un pit es de acuerdo a las condiciones del terreno, es decir las más favorables para el talud siendo tomadas en cuenta la altura máxima del banco, el ancho y el ángulo de fricción. Otro parámetro que se debería tener presente es la geometría del talud como también la resistencia de la roca. Según Molina (2019), la caracterización geomecánica de macizos rocosos y la determinación del factor de seguridad de los taludes; se realiza con mediciones in situ e información preexistente, para esto se evaluará con el RMR, GSI y SMR, se aplicará también los softwares Dips y Slide.

Para Mendoza (2016), una evaluación o estudio geomecánico, es utilizar sistemas de clasificación que ayuden a evaluar las propiedades estructurales e inherentes de la masa rocosa, por ello es conveniente realizar el cálculo de estabilidad, tomando en cuenta la cohesión y el ángulo de fricción. Además, la evaluación geomecánica consiste en tomar en cuenta la altura de los bancos e inclinación de los taludes con el fin de garantizar la

estabilidad del proyecto, para ello se debe conocer las propiedades geomecánicas de los materiales y de las condiciones de flujo de agua, así como también se debe de evaluar la alteración progresiva. También (Aguedo Asencios, 2020) mencionan que las propiedades geométricas de las discontinuidades son las que tienen una influencia considerable en la estabilidad global del talud, por ello se debe de evaluar la orientación de las discontinuidades y el espaciamiento, ya que con estos parámetros se podría modelar de manera continua el macizo rocoso obteniendo el factor de seguridad. Mediante el cálculo del factor de seguridad se determina que los deslizamientos de taludes están asociados a fenómenos con la obstrucción y rotura de bancos de mina, la inestabilidad de los cortes, las afectaciones en los sistemas de drenajes y de los valores de extracción (Helder Vemba Mucuta, Pires, & Quesada, 2020), siendo, la estabilidad de taludes, uno de los factores críticos en la economía y seguridad de operaciones mineras a cielo abierto.

Por lo tanto, el estudio se justifica ya que, contribuirá a futuras investigaciones, utilizándose como guía para estudiantes, profesionales de la carrera, empresas e instituciones interesadas en este tema. Además, complementar estudios previos a nivel local garantizando la caracterización geomecánica, para el diseño de estabilidad y servir como guía en otros proyectos y operaciones mineras con problemas de inestabilidad en la zona y en otros lugares del país. Así mismo, tal y como menciones Vergara (2020) los diseños de los taludes deben ser técnicamente sólidos y deben de realizarse con la finalidad de que abarque toda la operación y que contemple la seguridad del personal, equipos y los niveles de riesgo aceptables para la compañía minera.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el diseño de estabilidad física en base a la evaluación geomecánica de los taludes del tajo noreste de una mina en Junín, 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar la caracterización geomecánica para el diseño de estabilidad física de los taludes del tajo noreste de una mina en Junín, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

Caracterizar la geología y estructuras de la mina

Determinar la calidad del macizo rocoso mediante el RMR, GSI, elaborar el mapa de zonificación geomecánica.

Determinar los posibles tipos de rotura mediante el análisis del comportamiento de las discontinuidades en el software DIPS.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Al realizar la evaluación geomecánica y geotécnica se diseñará la estabilidad de taludes del tajo de una mina en Junín.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El enfoque de investigación es cuantitativo ya que se miden y cuantifican diferentes parámetros geomecánicos. La investigación aplicada, por la aplicación del conocimiento geomecánico para el diseño de estabilidad de taludes del tajo de una mina en Junín, tal como menciona (Murillo, 2008), recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, debido a que, se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en la investigación. Hernández, Fernández y Baptista (2014), sostiene la investigación correlacional tiene la finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. Según el alcance la presente es de carácter correlacional porque existe una relación entre las variables “Evaluación geomecánica y diseño de estabilidad de taludes”. El diseño de investigación es de carácter no experimental, porque las variables independientes no se manipulan. Asimismo, este tipo de diseño recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único, siendo de corte transversal. (Aguilar, Duarte, & Orrantia, 2011).

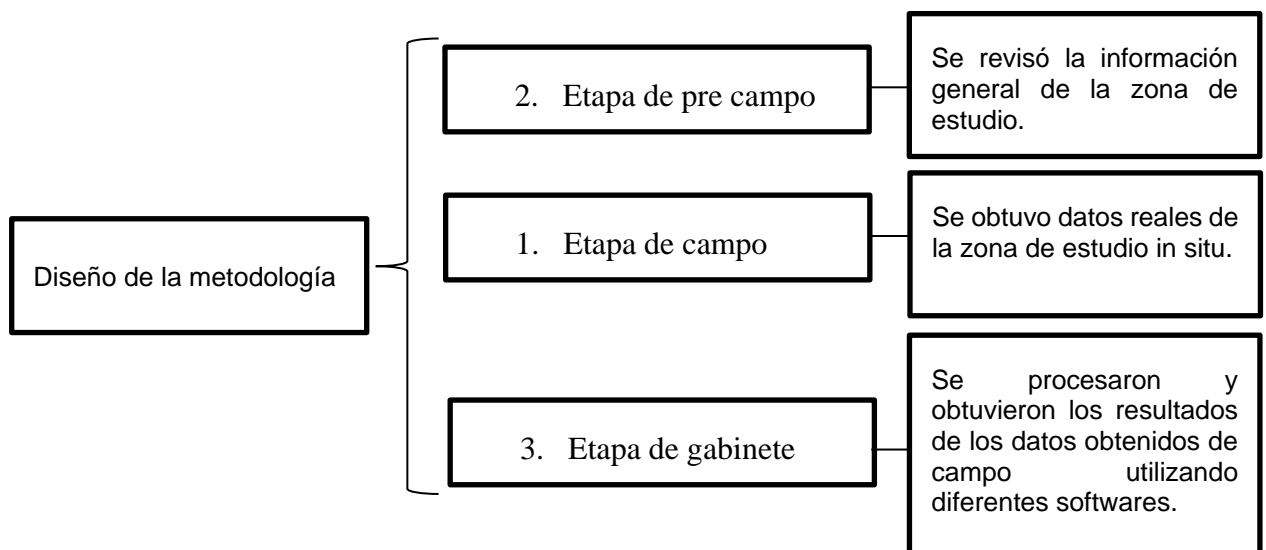


Gráfico 1: Diseño de la metodología

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Todos los taludes de la unidad minera en Junín.

2.2.2. Muestra

Los taludes del del tajo de la mina en Junín

2.3. Materiales, instrumentos y equipos

Brújulas

Picota

GPS

Libretas de campo

Como principal técnica se aplicó la observación directa en campo, la información se recoge directamente del macizo rocoso teniendo en cuenta como instrumentos a los formatos geotécnicos y geomecánicos, la clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989), registrando la resistencia, RQD, espaciamiento entre discontinuidades, condición de las discontinuidades, condición del agua en el macizo.

Se registran datos estructurales para determinar el tipo de rotura que puede darse con el software DIPS.

Además, haciendo uso del Índice de Resistencia Geológica (GSI) se registró el grado de blocosidad del macizo rocoso.

Se han recuperado núcleos de roca en el campo para pruebas de laboratorio para medir la resistencia de la roca intacta. Mediante ensayos de carga uniaxial y puntual.

Con todo lo mencionado se realizó la zonificación geomecánica para modelar el tajo en estudio y empezar a diseñar la estabilidad.

Otra técnica es el análisis documental, utilizando la información de la revisión sistemática, e información geológica como del INGEMMET.

Como instrumentos se usó formatos geotécnicos y geomecánicos presentados en las siguientes figuras.


MAPEO GEOTÉCNICO EN AFLORAMIENTOS ROCOSOS																																																														
PROYECTO:																																																														
Nº ESTACION	ORIENTACIÓN DE LA CARA			TRAMO		UBICACIÓN:		NIVEL:		REALIZADO	FECHA	HOJA																																																		
E-001	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	COORDENADA:		Cota:		WVV/EBR	25/06/2018	1 de 207																																																			
VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)																																																														
TIPO DE ROCA					FRECUENCIA FRACTURA		PARAMETRO		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)					VALORA.																																																
A		%	B		%	Nº Fract./ml.	R. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	X 50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	7																																																
Clz		100	-		-	10 - 12	RQD %	>90-100 (20)	75-90 (17)	X 50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	13																																																
TIPO	ORIENTACIÓN		RELLENO		Comentarios		ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.8-2 (15)	X 0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)	3	10																																																
ESTRUC.	DIRECCIÓN BUZ.	BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO	TIPO	ESPESOR		PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	X 3-10m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A	2																																																
J	244°	75°	3	Cz	< 5 mm	-	ABERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	X 0.1-1.0mm (4)	1-5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	4																																																
J	232°	62°	3	Arc	< 5 mm	-	DE RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3																																																
J	243°	69°	3	Arc	< 5 mm	-	JUNTAS RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	X Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	2																																																
J	242°	56°	5	Arc	< 5 mm	-	ALTERACIÓN	Sana (6)	X Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterada. (3)	Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E	5																																																
J	157°	74°	3	Clc	< 5 mm	-	AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	X Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10																																																
J	155°	81°	3	Clc	< 5 mm	-	VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 56																																																							
J	142°	79°	3	Clc	< 5 mm	-	CLASE DE MACIZO ROCOSO																																																							
J	152°	77°	3	Clc	< 5 mm	-	RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0	III A																																															
J	010°	39°	3	Clc	< 5 mm	-	DESCRIPCIÓN	I Muy Buena	II Buena	III Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala																																																
J	020°	30°	3	Clc	< 5 mm	-	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">RL (NUMERO DE REBOTE)</th> </tr> <tr> <th>J</th> <th>ROD</th> <th>J</th> <th>ROD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>91</td><td>15</td><td>55</td></tr> <tr><td>6</td><td>88</td><td>16</td><td>52</td></tr> <tr><td>7</td><td>84</td><td>17</td><td>48</td></tr> <tr><td>8</td><td>81</td><td>18</td><td>44</td></tr> <tr><td>9</td><td>77</td><td>19</td><td>40</td></tr> <tr><td>10</td><td>74</td><td>20</td><td>37</td></tr> <tr><td>11</td><td>70</td><td>21</td><td>33</td></tr> <tr><td>12</td><td>66</td><td>22</td><td>29</td></tr> <tr><td>13</td><td>63</td><td>23</td><td>26</td></tr> <tr><td>14</td><td>59</td><td>24</td><td>22</td></tr> </tbody> </table>								RL (NUMERO DE REBOTE)				J	ROD	J	ROD	5	91	15	55	6	88	16	52	7	84	17	48	8	81	18	44	9	77	19	40	10	74	20	37	11	70	21	33	12	66	22	29	13	63	23	26	14	59	24	22
RL (NUMERO DE REBOTE)																																																														
J	ROD	J	ROD																																																											
5	91	15	55																																																											
6	88	16	52																																																											
7	84	17	48																																																											
8	81	18	44																																																											
9	77	19	40																																																											
10	74	20	37																																																											
11	70	21	33																																																											
12	66	22	29																																																											
13	63	23	26																																																											
14	59	24	22																																																											
J	055°	81°	4	Clc	< 5 mm	-																																																								
J	062°	82°	4	Clc	< 5 mm	-																																																								

ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS			
J	Junta	E	Estratifi.
F	Falla	Ct	Contacto

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA			
Clz	Caliza		
-	-		

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Clc	Calcita
Arc	Arcilla	Cz	Cuarzo
Cb	Carbonatos	Py	Pirita

ABREVIACION ESPACIAMEN.	RANGO UCS (MPa)	
1	R1	1 - 5
2	R2	5 - 25
3	R3	25 - 50
4	R4	50 - 100
5	R5	100 - 250
	R6	> 250



Major Planes	
ID	Dip/Dir
1m	65/240
2m	78/151
3m	34/034
4m	81/059

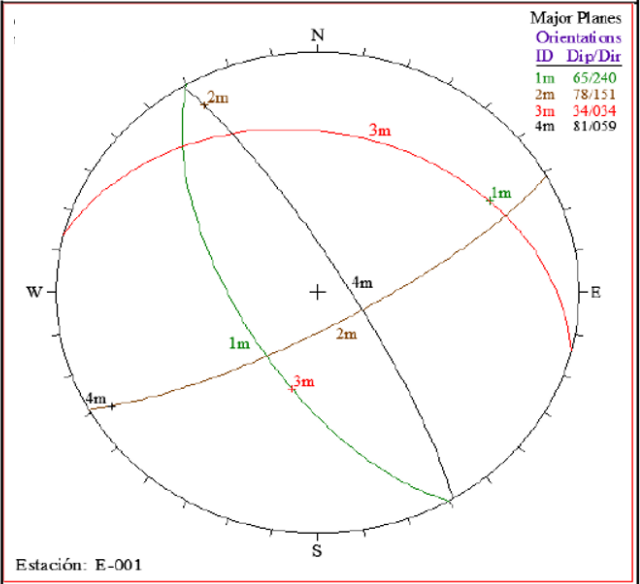


Figura 1: Formato de registro geomecánico - geotécnico en campo

Geological Strength Index (GSI)







<p>GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)</p> <p>From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures.</p> <p>Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behavior. The shear strength of surface in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.</p>		SURFACE CONDITIONS			
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →			
 <p>INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities</p>	90			N/A	N/A
 <p>BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets.</p>	80	70			
 <p>VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets.</p>		60			
 <p>BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity.</p>			50		
 <p>DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces.</p>				40	
 <p>LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes.</p>					30
					20
					10
				N/A	N/A

Figura 2: GSI modificado 2002

Para el procedimiento de recolección de datos se tuvo en cuenta la etapa de precampo,

la cual consistió en la recolección de información bibliográfica, utilizando bases de datos como Google académico, Scielo, Alicia-Concytec y repositorios institucionales, además información del INGEMMET, considerando como eje central de búsqueda, la evaluación geomecánica y geotécnica para el diseño de estabilidad de taludes. Por otra parte, se confeccionó el mapa topográfico, instrumentos de recolección de datos geomecánicos y planificación del trabajo de campo.

Tabla. Estudios utilizados en la tesis

Título de la investigación	Autor (es)	Base de datos	País	Tipo de fuente	Link
Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay	(Mendoza, 2016)	Google Académico	Perú	Tesis	https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7614
Análisis geotécnico de los taludes del tajo apumayo norte, Proyecto Minero Apumayo dto. cora-cora – dpto. Ayacucho	(Cruzado, 2017)	Repositorio de la UNC	Perú	Tesis	https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1405
Caracterización y clasificación geomecánica del depósito de cobre localizado en el corregimiento de Camperucho, municipio de Valledupar, Cesar	(Araujo, Britto, Meza, & Olivella, 2017)	Google Académico	Colombia	Artículo	https://www.metarevistas.org/Record/oai:oj.s.revia.areandina.edu.co:articleojs-1210/Description
Estudio de factor de seguridad y caracterización geotécnica para la estabilidad del talud minado en concesión Sojo Piura	(Ardiles & Ahumada, 2017)	Repositorio de la Universidad Privada del Norte	Perú	Tesis	https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13369
Geología y estabilidad de taludes en la mina 2-3-4 Shougang	(Romero, 2018)	Google Académico	Perú	Tesis	http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7489
Estabilidad de taludes para la explotación y cierre de dos tajos de agregados en el distrito de Palca-Tarma-Junín	(Echeverría, 2018)	Alicia-Concytec	Perú	Tesis	https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL_71d064b7120dc196c504656ccf9c0665
Caracterización geomecánica de la zona huantajalla - compañía de minas buenaventura – UEA. Uchucchacua	(González, 2018)	Alicia-Concytec	Perú	Tesis	https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUND_dc92dec3ca4add6c54aefc87294084b/Details
Caracterización geotécnica y análisis de estabilidad de “proyecto continuidad Mina Gabriela	(Ricci, 2018)	Scielo	Chile	Tesis	http://dspace.utalca.cl/handle/1950/12298

Evaluación geomecánica y determinación de ángulos de talud en los proyectos mineros	(Molina, 2019)	Google Académico	Perú	Tesis	http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12652
Analysis of the impacts of slope angle variation on slope stability and NPV via two different final pit deflection techniques	(Soares, y otros, 2020)	Scielo	Brasil	Artículo	https://www.scielo.br/j/remi/a/66GDH3mpP5Thhgrh9PQ8dcL/abstract/?lang=en
Influencia del arreglo estructural de las discontinuidades en la estabilidad global de taludes a escala global de tajos abiertos mediante la metodología de elementos finitos (FEM)	(Aguedo, 2020)	Repositorio institucional de la PUCP	Perú	Tesis	https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18318
Slopes stability evaluation of Castellano deposit by calculating the safety factor	(Helder Vemba, Cartaya, & L, 2020)	Scielo	Cuba	Artículo	http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122020000400441&script=sci_abstract&tlng=en
Estabilidad de Taludes del Tajo Abierto Jéscica considerando el Macizo Rocoso Isotrópico y Anisotrópico	(Herrera & Solórzano, 2020)	Repositorio institucional de la UNMSM	Perú	Tesis	https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/17331
Evaluación geotécnica de voladura para el control de daño de taludes en minería superficial - mina Toquepala	(Mamani, 2021)	Google Académico	Perú	Tesis	http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13071
Análisis de la malla short hole en la estabilidad del talud en el tajo Diana en Summa Gold Corporation	(Rondo, 2021)	Alicia-Concytec	Perú	Tesis	https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Search/Results?lookfor=An%C3%A1lisis+de+la+malla+short+hole+en+la+estabilidad+del+talud+en+el+tajo+Diana+en+Summa+Gold+Corporation&type=AllFields

Fuente: Elaboración propia.

En la etapa de campo se realizó el reconocimiento geológico de la zona, para luego hacer el mapeo geomecánico de afloramientos rocosos superficiales, según normas de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas ISRM, a la par con la toma de muestras rocosas para ensayos de laboratorio y ejecución de pruebas de campo durante la toma de muestras:

Impactos con el martillo de geólogo y tablero inclinable (tilt test table).

El mapeo geomecánico de afloramientos en las paredes del tajo se realizó mediante ventanas de 1x1 m². En cada estación geomecánica se registró la orientación de las discontinuidades y la calidad de la roca. Se realizaron 9 estaciones dentro del área del tajo.

Se describió la litología y las estructuras en base al mapeo geomecánico de afloramientos rocosos superficiales en los taludes de banco del actual Tajo y en base al mapeo geotécnico de testigos de los sondajes diamantinos ejecutados como parte de la exploración del yacimiento. Para tal caracterización se utilizaron las normas ISRM (International Society for Rock Mechanics).

Tabla 1: Datos de los ensayos de carga puntual

Sondaje o Bloque	Profundidad (m)	Litología	Is (50) (MPa)	Resistencia Compresiva (MPa)
DDH-S-18-059	99.05 – 99.4	Marga verde	1.31	30.2
DDH-S-18-057	191.6 – 191.95	Toba	3.28	75.9
DDH-S-18-057	173.6 – 173.9	Marga	5.46	126.3
AL-07 - AL-09*	47.40 - 47.67	Marga	4.94	126.6
AL-07 - AL-09*	52.60 - 52.85	Marga	4.91	136.1
AL-07 - AL-39*	62.30 - 62.50	Marga	0.48	11.3
AL-07 - AL-39*	63.95 - 64.20	Marga	1.34	31.4
AL-07 - AL-39*	68.30 - 68.90	Marga	0.44	10.4
AL-07 - AL-39*	69.50 - 69.72	Marga	0.45	10.6
AL-07 - AL-39*	71.35 - 71.75	Marga	2.53	59.4
AL-07 - AL-39*	78.25 - 78.40	Marga	0.22	5.3
AL-08 - F1-05*	20.60 - 20.75	Calcarenita	1.94	45.5
AL-08 - F1-05*	20.93 – 21.16	Calcarenita	4.52	106.3
Bloque rocoso *		Caliza	4.12	96.8
Bloque rocoso *		Andesita	6.18	145.2

Tabla 2: Datos de ensayos de tracción indirecta

Sondaje o Bloque	Profundidad (m)	Litología	Resistencia a tracción	
			Kg/cm ²	Mpa
DDH-S-18-059	99.05 - 99.4	Marga verde	32.0	3.1
DDH-S-18-057	191.6 - 191.95	Toba	55.0	5.4
DDH-S-18-057	173.6 - 173.9	Marga	99.0	9.7
AL-07 - AL-09*	51.90 - 52.30	Marga	198.4	19.4
AL-07 - AL-39*	71.35 - 71.75	Marga	93.5	9.2
AL-08 - F1-05*	23.70 - 24.00	Calcarenita	51.0	5.0
Bloque rocoso*		Caliza	112.6	11.0
Bloque rocoso*		Andesita	127.7	12.5

Tabla 3: Valor "mi", de los ensayos de compresión triaxial

Sondaje o Bloque	Litología	Resistencia compresiva uniaxial (Mpa)	"mi"	Cohesión C (Mpa)	Ángulo de fricción (°)
DDH-S-18-059	Marga verde	39.7	23.0	7.95	50.5
DDH-S-18-057	Toba	72.7	23.3	12.7	53.4
DDH-S-18-057	Marga	117.4	28.7	17.8	57.4
AL-07 - AL-09*	Marga	-	15.9	2.98	50.3
AL-07 - AL-39*	Marga	-	8.5	0.8	32.0
Bloque rocoso*	Andesita	-	15.8	1.02	36.0

Tabla 4: Resultados de los ensayos de constantes elásticas

Sondaje o Bloque	Litología	Resistencia compresiva uniaxial (Mpa)	Módulo de Young E - (Gpa)	Relación de Poisson - ν
DDH-S-18-059	Marga verde	40.3	7.63	0.31
DDH-S-18-057	Toba	68.9	9.47	0.30
DDH-S-18-057	Marga	114.0	12.83	0.29

Tabla 5: Propiedades físicas de la roca intacta

Sondaje o Bloque	Litología	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Peso Específico (kN/m ³)
DDH-S-18-059	Marga verde	5.54	2.15	25.8
DDH-S-18-057	Toba	3.58	1.39	25.6
DDH-S-18-057	Marga	1.79	0.66	26.78
AL-07 - AL-39*	Marga	5.17	2.04	24.9
AL-08 - F1-05*	Calcarenita	3.13	1.18	26.0
Bloque rocoso*	Caliza	0.32	0.12	26.6
Bloque rocoso*	Andesita	1.61	0.62	25.6

Resistencia de las discontinuidades

Tabla 6: Datos de ensayos de corte en discontinuidades

Sondaje	Litología	Cohesión "c" (KPa)	Angulo de fricción (°)	Superficie de ensayo
DDH-S-18-059	Marga verde	116	28.1	Simulada
DDH-S-18-057	Toba	104	26.9	Simulada
DDH-S-18-057	Marga	105	27.1	Simulada
AL-07 - AL-09 *	Marga	64	37.3	Simulada
AL-07 - AL-039 *	Marga	109	32.5	Simulada
AL-08 - F1-05 *	Calcarenita	314	55.8	Natural
Bloque rocoso *	Caliza	119	40.8	Simulada
Bloque rocoso *	Andesita	167	27.9	Simulada

Para el análisis de datos en cuanto a caracterizar la geología y estructuras de la mina, la información recolectada en campo se procesó en el software Arcgis para la generación del plano geológico estructural.

Para determinar la calidad del macizo rocoso mediante el RMR, se cargaron en formatos geomecánicos los datos de los parámetros de resistencia, RQD, espaciamiento,

condición de las discontinuidades, agua en el macizo y ajuste por orientación de discontinuidades para determinar las calidades de los macizos rocosos.

Se registraron datos a partir del mapeo geomecánico de campo en la cara de los taludes de banco del tajo y del logeo geotécnico de testigos de las perforaciones diamantinas según normas ISRM para definir la calidad de la roca en profundidad.

Se realizó la **zonificación geomecánica** para determinar los dominios estructurales. Se evaluaron las características de presencia del agua subterránea y los sismos, de acuerdo con el Artículo 264 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería del Perú.

Para determinar los posibles tipos de rotura la información de orientaciones de las discontinuidades y de la cara del talud, obtenida en campo se procesó en software DIPS, mediante el análisis cinemático para rotura tipo planar, en cuña y por vuelco.

Por otra parte, para elaborar el diseño de estabilidad física de taludes del tajo final, los parámetros geotécnicos se evaluaron en el RocData, para determinar resistencia del macizo rocoso, cohesión, fricción para luego llevarlos al Slide donde se calculará el factor de seguridad y el diseño de estabilidad de los taludes.

Como aspectos éticos, este estudio protege la propiedad intelectual asociada a la teoría y el conocimiento de cada autor citando adecuadamente según las normas APA y citando fuentes bibliográficas. Se obtuvo la aprobación de las personas involucradas en la encuesta y el permiso correcto para publicarlos en los medios digitales pertinentes. Estricta credibilidad en el manejo de la información dirigida al proyecto. Más allá de eso, los datos no se distorsionan ni manipulan para que sean objetivos y se pueden utilizar en estudios posteriores.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Caracterización geológica-estructural

Geología de la unidad minera

La mina se emplaza en la meseta intracordillerana de Junín – Cerro de Pasco. Está presente como litología dominante las Capas Rojas de la Fm. Casapalca, compuesta por secuencias pelíticas – clásticas y calcáreas conformado por limolitas, limoarenitas, margas, calcarenitas y calizas. En el sector o flanco NE se presentan rocas piroclásticas calcáreas de la formación Yantac y en menor proporción también se presentan rocas intrusivas de tipo andesítico en forma de diques o sills. Las capas sedimentarias tienen un rumbo Noroeste-Sureste con buzamientos de 62°NE a 83°SW formando un anticlinal erosionado.

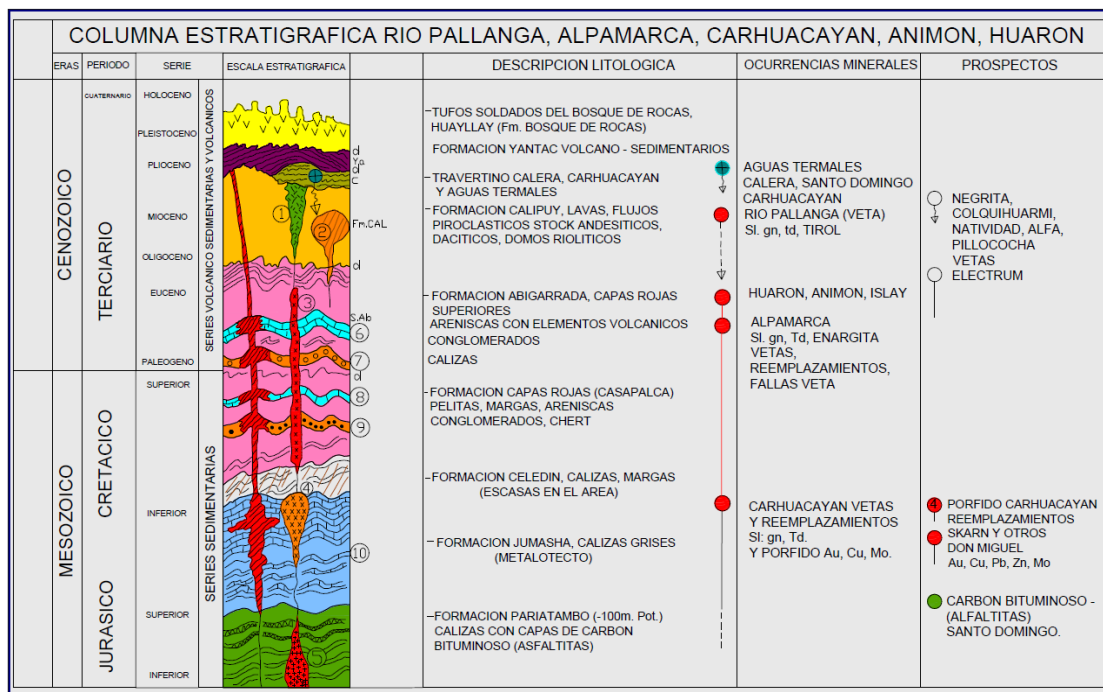


Figura 3.1: Columna estratigráfica Río Pallanga, Carhuacayán, Animon, Huarón.

3.2. Sistemas de discontinuidades estructurales

Tabla 7: Orientación de las discontinuidades

Zona		Sistema 1 Estratificación	Sistema 2 Juntas	Sistema 3 Juntas	Sistema 4 Juntas
Compósito Tajo Norte	Rumbo y Buzamiento	N 77°E - 89°SE	N 27°W - 79°NE	N 05°W - 60°SW	N 61°E - 41°NW
	Direc.Buz. y Buzam.	167° / 89°	063° / 79°	265° / 60°	331° / 41°
Sector 3 Tajo Norte	Rumbo y Buzamiento	N 45°W - 63°NE	N 66°E - 53°SW	N 40°E - 45°NW	E W – 89° S
	Direc.Buz. y Buzam.	045° / 63°	156° / 53°	310° / 45°	360° / 89°

Según la tabla, se observa que en el área de evaluación la estructura principal corresponde a un anticlinal erosionado cuyas capas sedimentarias tienen un rumbo NW-SE, y buzamiento de 62°NE a 83°SW como se puede apreciar en los estereogramas de las Figuras 5 a 6 y en el Plano de geología local.

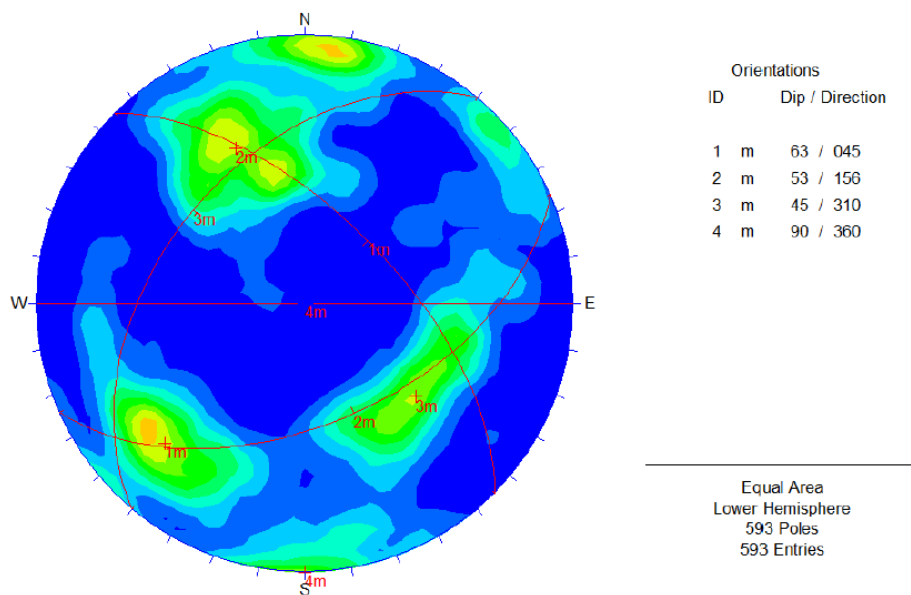


Figura 4: Estereogramas en el plano de geología local

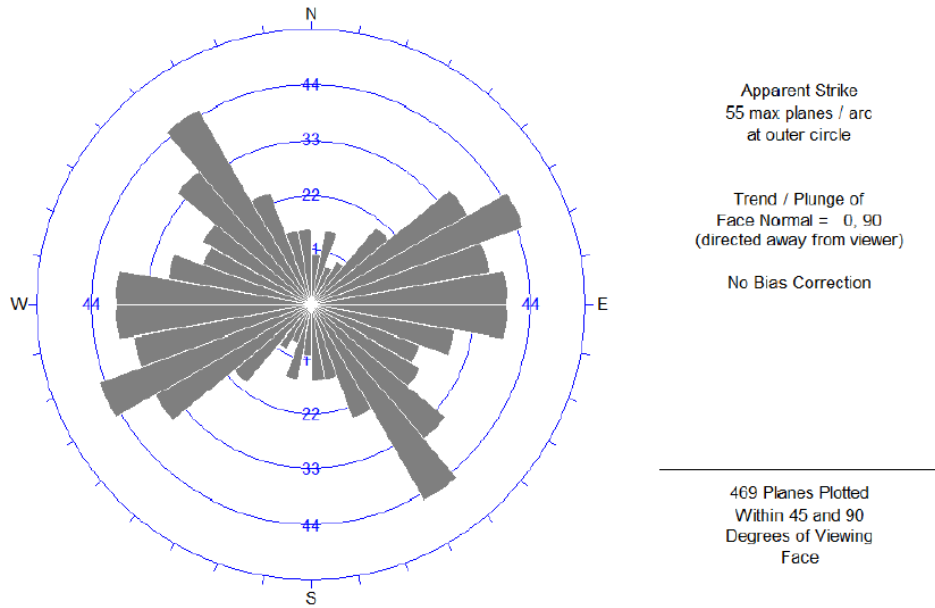
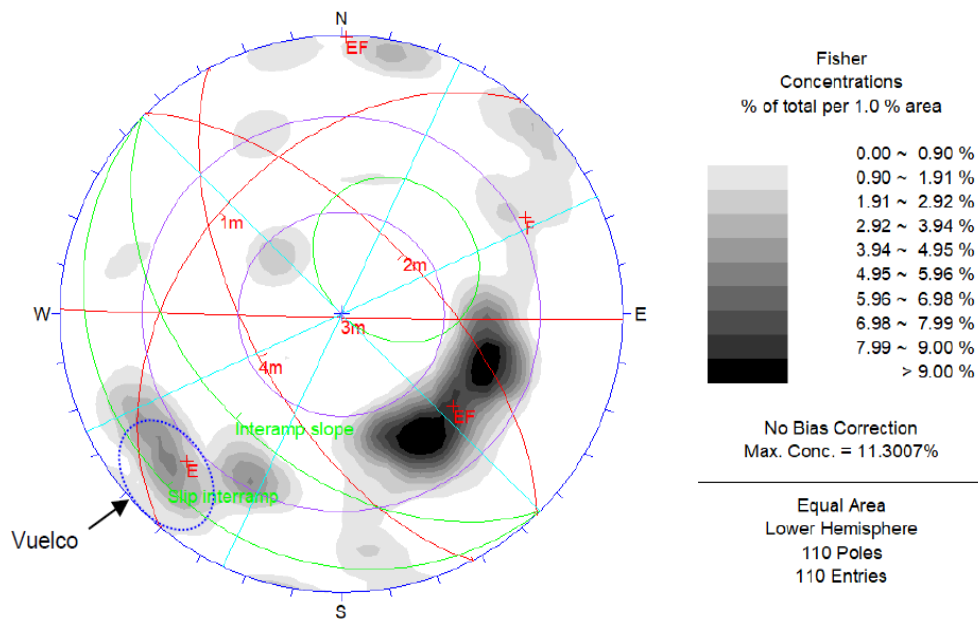


Figura 5: Diagrama de roseta de estructuras del Tajo Noreste

El arreglo estructural del área de estudio está determinado por la orientación de la estratificación de las rocas sedimentarias de la Formación Casapalca donde el sinclinal es perturbado localmente por la presencia de fallas.

Figura 6: Determinación del tipo de rotura



a) Estructuras mayores

Tipo de Discontinuidad :	Fallas y estratos	
Sets de Discontinuidades:	N°	Dip / Dip Direction
	# 1	43 / 310
	# 2	65 / 046
	# 3	89 / 181
	# 4	63 / 242

Angulo inter-rampa : 46 deg
 Modo de Inestabilidad Potencial: Vuelco potencial Set #2

Suposiciones y consideraciones de estabilidad:

- 1) Direccion de buzamiento nominal del Sector 3 es 225°
- 2) Un ángulo de fricción de 30° para estratos y juntas fue asumido
- 3) Inestabilidad tipo vuelco potencial en talud interrampa. Cuña y vuelco potenciales se presenta en taludes banco.
- 4) Los taludes de banco e interrampa serán definidos por metodos cuantitativos.

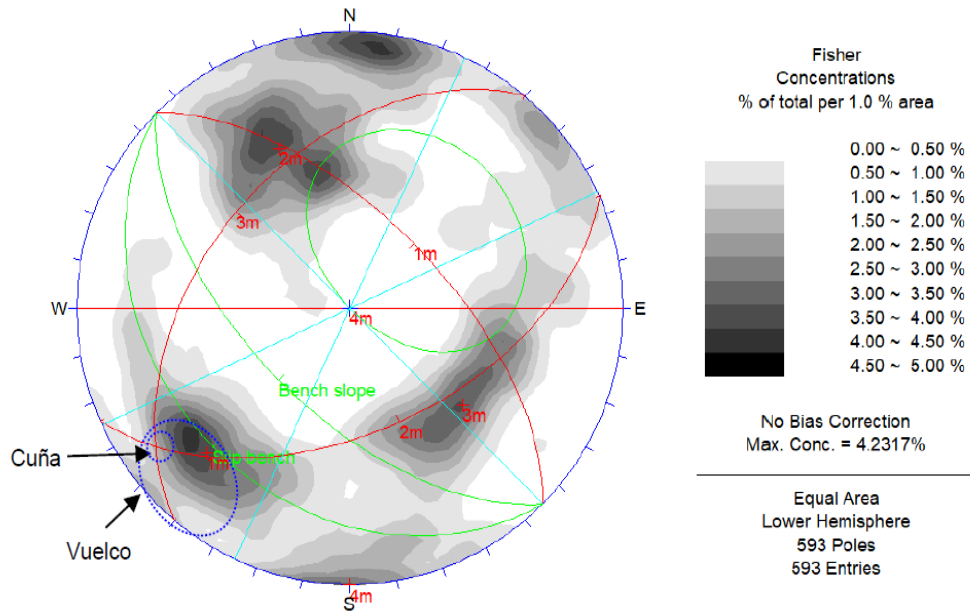


Figura 7: Determinación del tipo de rotura

a) Estructuras menores

Tipo de Roca	Margas y calizas	
Tipo de Discontinuidad :	Juntas y estratos	
Sets de Discontinuidades:	N°	Dip / Dip Direction
	# 1	63 / 045
	# 2	53 / 156
	# 3	45 / 310
	# 4	90 / 360

Angulo talud banco : 60 deg
 Modo de Inestabilidad Potencial: Vuelco potencial Set #1
 Cuña potencial Set (#2, #3)

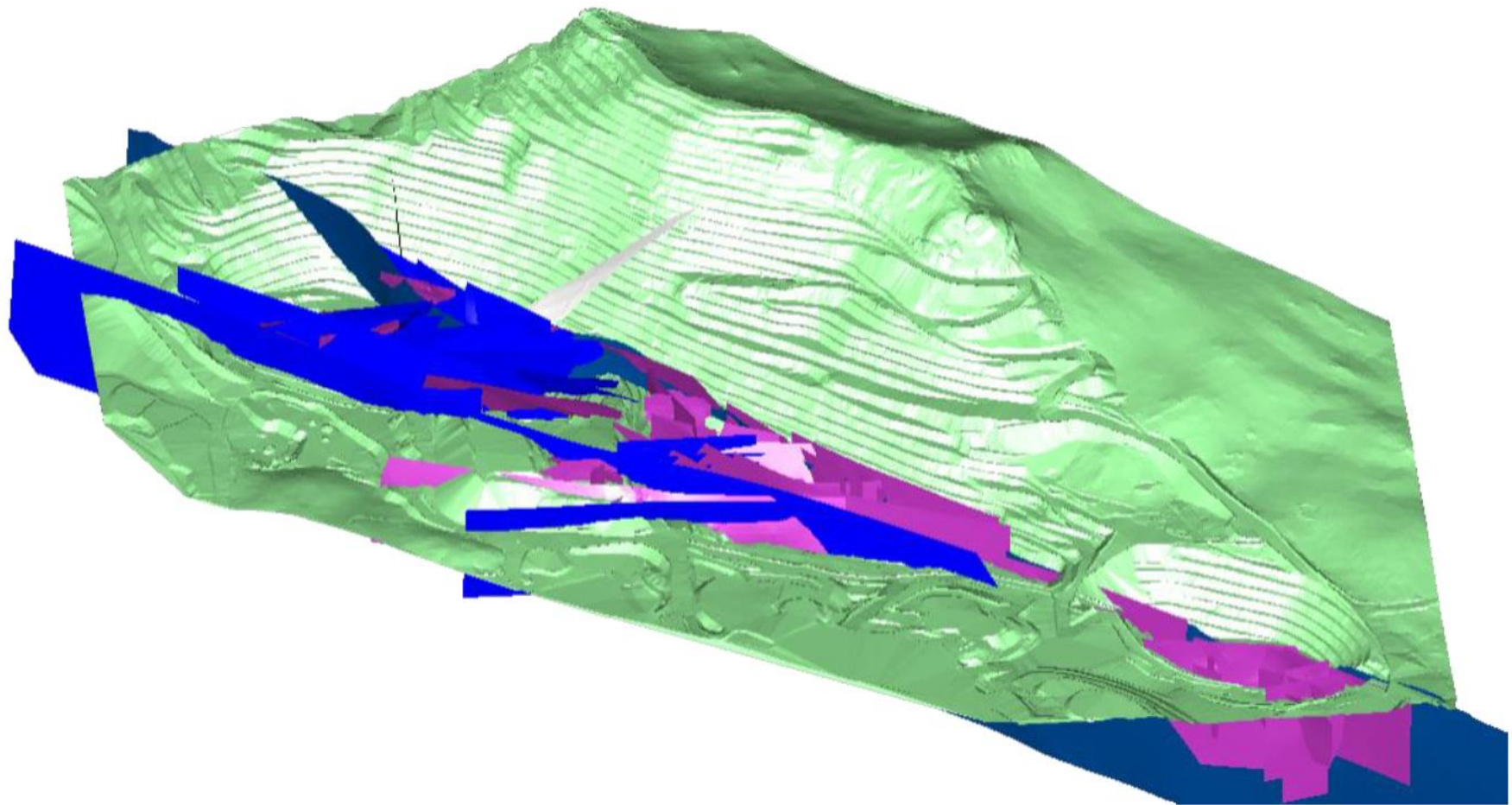


Figura 8: Plano estructural 3D Tajo de una mina en Junín

3.3. Caracterización geomecánica

Tabla 8: Parámetros de resistencia de la masa rocosa de los 4 dominios estructurales Sector 3 Tajo Norte

Dominio Estructural	Litología	Peso Unitario (KN/m3)	Resistencia compresiva (MPa)	RMR = GSI	mi	Cohesión "c" (KPa)	Angulo de Fricción (°)
DE III A	Margas, caliza	26	75	56	15	970	56
	Toba y conglomerado				23	965	60
DE III B	Calizas, margas	26	75	47 44	12	742 665	44 42
	Vetas (VLS, Alpamarca y Fortuna)	26	60	44	8	735	42
	Brecha tectónica	26	90	47	18	880	48
DE IV A	Margas, Caliza	26	40	39 34	8	410 365	32.5 31
	Andesita porfírica	26	50	34	15	530	40
	Vetas	26	40	34	8	490	37
DE IV B	Marga, caliza	25	10	27	8	180	20
	Andesita porfírica	26	20	30	15	480	38
	Brecha tectónica, arenisca	26	20	30	15	480	38
	Vetas y fallas	26	10	30	8	250	26

Tabla 9: Caracterización geomecánica de testigo de sondaje diamantino DDH-056

SONDAJE		COORDENADAS		E :	341,700.09	N :	8,760,307.09	Cota :	4 811.53 msnm	Realiz:	EBR/WVV	Hoja	Pág.					
DDH-S-AL-18-056		ORIENTACION		Azimut :	223.50°	Inclinación :	-45.00°	Longitud:	285.00 m	Fecha:	Julio 2018	1 de 7	2					
Intervalo de Profundidad		Longitud del tramo (m)	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR										Descripción	
Desde (m)	Hasta (m)						RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Condición de juntas (4)				Agua (5)	RMR Total			
								Per	Ap	Rug	Rel	Alt						
0.00	0.75	0.75		Mod	R2	50	3	8	6	2	1	2	0	3	10	35	IVA	Mala A
0.75	1.20	0.45		Muy	R2	15	2	3	5	0	1	2	0	2	10	25	IVB	Mala B
1.20	3.73	2.53		Lig	R4	51	7	9	9	1	2	2	1	5	10	46	IIIB	Regular B
3.73	7.28	3.55		Lig	R3	63	5	11	7	1	1	1	1	4	10	41	IIIB	Regular B
7.28	7.40	0.12		Muy	R2	15	1	3	5	0	0	1	0	1	10	21	IVB	Mala B
7.40	8.00	0.60		Lig	R3	40	5	6	7	1	1	1	1	4	10	36	IVA	Mala A
8.00	8.20	0.20		Muy	R1	15	1	3	5	0	0	1	0	1	10	21	IVB	Mala B
8.20	10.40	2.20		Mod	R2	15	3	3	5	1	2	1	1	3	10	29	IVB	Mala B
10.40	11.08	0.68		Lig	R2	50	3	8	6	1	2	1	1	3	10	35	IVA	Mala A
11.08	12.95	1.87		Lig	R2	68	3	12	8	1	2	2	1	4	10	43	IIIB	Regular B
12.95	13.00	0.05		Muy	R1	15	3	3	5	0	0	1	0	1	10	23	IVB	Mala B
13.00	13.41	0.41		Lig	R2	95	3	18	9	1	2	4	1	4	10	52	IIIA	Regular A
13.41	14.55	1.14		Lig	R3	60	4	10	9	2	2	2	1	5	10	45	IIIB	Regular B
14.55	17.10	2.55		Lig	R3	41	4	6	8	1	2	2	1	4	10	38	IVA	Mala A
17.10	17.55	0.45		Muy	R2	15	2	3	5	0	1	1	0	2	10	24	IVB	Mala B
17.55	19.60	2.05		San	R3	85	4	16	10	3	4	2	1	5	10	55	IIIA	Regular A
19.60	19.90	0.30		Mod	R2	15	3	3	5	1	1	2	1	3	10	29	IVB	Mala B
19.90	20.05	0.15		Muy	R2	15	2	3	5	0	0	1	1	1	10	23	IVB	Mala B
20.05	23.00	2.95		Lig	R3	62	4	10	8	2	2	2	1	4	10	43	IIIB	Regular B
23.00	26.40	3.40		Lig	R2	57	3	9	7	1	1	2	0	4	10	37	IVA	Mala A
Litología		Resistencia de la roca intacta MPa		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO														
		R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla	1 - 5	RESIST. COMP. UNIAX.	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1							
		R2	Se desconcha con difícil. c/ cuchilla. Marcas no profundas con la picota.	5 - 25	R Q D (%)	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2							
		R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo. Se rompe con golpe firme de picota.	25 - 50	COND. DE JUNTAS	Persistencia <1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A							
		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.	50 - 100	Apertura Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B								
		R5	Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.	100 - 250	Rugosidad Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C								
		R6	Solo se rompe esquirlas c/ la picota.	>250	Relleno Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D								
					Alteración Sana (6)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E								
					AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5							
					RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0						
					DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	III Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala						
San	Sano																	
Lig	Ligero																	
Mod	Moderado																	
Muy	Muy alterado																	

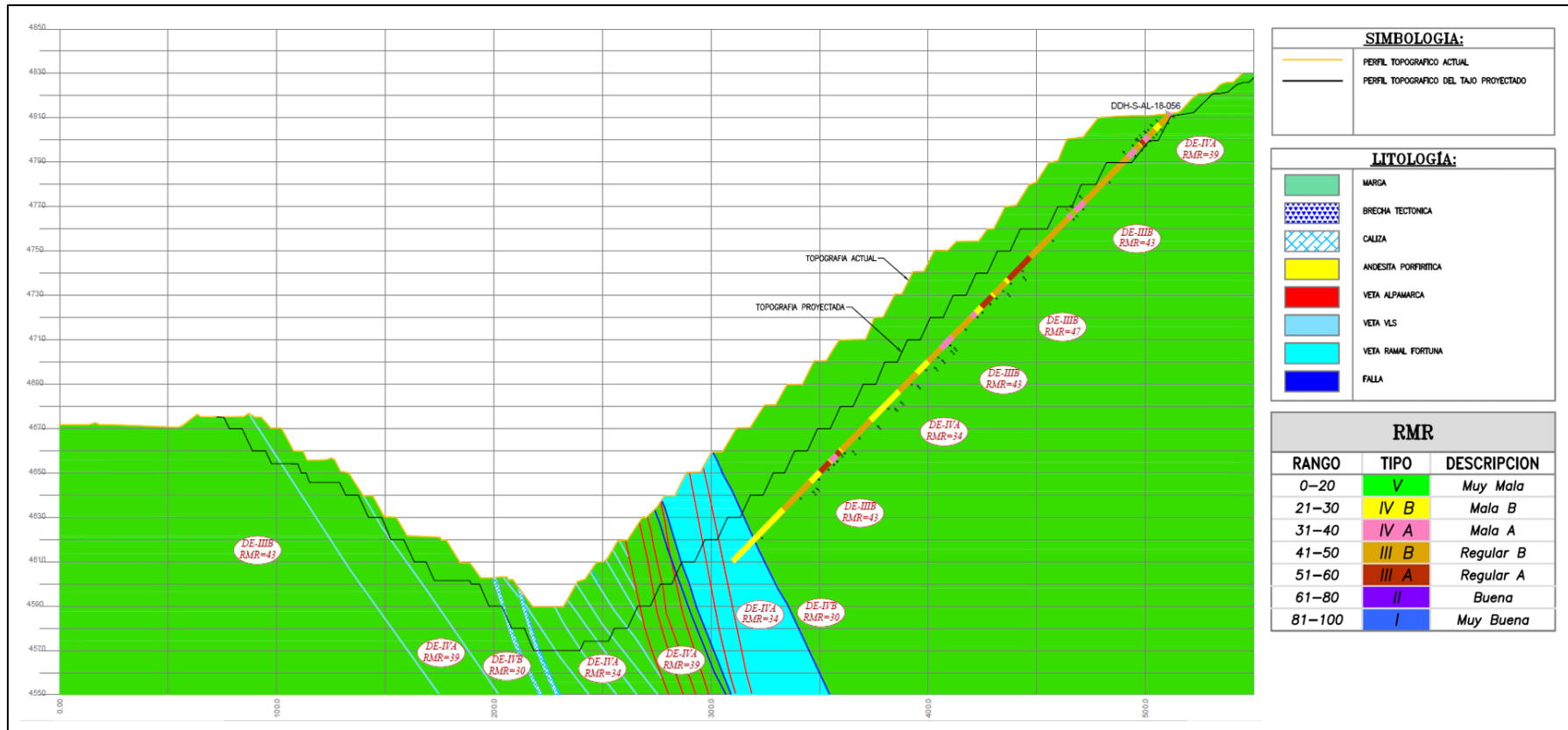


Figura 9: Sección litológica geomecánica

Tabla 10: Caracterización geomecánica de testigo de sondaje diamantino DDH-057

SONDAJE		COORDENADAS		E :	341,778.60	N :	8,760,163.47	Cota :	4 755.41 msnm	Realiz:	EBR/WVV	Hoja		Pág.				
DDH-S-AL-18-057		ORIENTACION		Azimut :	217.00°	Inclinación :	-60.00°	Longitud:	235.00 m	Fecha:	Julio 2018	1 de 4		9				
Intervalo de Profundidad		Longitud del tramo (m)	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR										Descripción	
Desde (m)	Hasta (m)						RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Condición de juntas (4)				Agua (5)	RMR Total			
								Per	Ap	Rug	Rel	Alt						
0.00	8.10	8.10		Muy	R2	20	3	3	5	0	1	1	0	1	10	24	IVB	Mala B
8.10	10.35	2.25		Mod	R2	50	3	8	8	2	2	2	0	3	10	38	IVA	Mala A
10.35	12.90	2.55		Muy	R2	15	2	3	5	0	1	1	0	0	10	22	IVB	Mala B
12.90	14.90	2.00		Mod	R4	52	7	10	9	2	3	3	0	3	10	47	IIIB	Regular B
14.90	20.70	5.80		Lig	R3	55	5	10	9	2	3	3	0	4	10	46	IIIB	Regular B
20.70	22.50	1.80		Mod	R2	30	3	5	5	0	0	1	0	1	10	25	IVB	Mala B
22.50	30.65	8.15		Lig	R3	65	4	10	9	2	3	3	0	4	10	45	IIIB	Regular B
30.65	31.20	0.55		Muy	R2	15	2	3	5	0	0	1	0	1	10	22	IVB	Mala B
31.20	32.90	1.70		Lig	R3	55	4	13	10	2	3	3	0	4	10	49	IIIB	Regular B
32.90	34.60	1.70		Muy	R2	15	3	3	5	0	0	1	0	1	10	23	IVB	Mala B
34.60	43.80	9.20		Lig	R3	70	4	13	10	2	3	4	0	5	10	51	IIIA	Regular A
43.80	47.80	4.00		Muy	R2	15	3	3	5	2	1	3	0	3	10	30	IVB	Mala B
47.80	55.90	8.10		Mod	R2	50	3	8	8	2	1	3	1	3	10	39	IVA	Mala A
55.90	62.20	6.30		Muy	R2	15	2	3	5	0	0	1	0	1	10	22	IVB	Mala B
62.20	63.30	1.10		Mod	R2	45	3	8	8	1	1	1	0	1	10	33	IVA	Mala A
63.30	70.40	7.10		Muy	R2	20	2	3	5	0	0	1	0	1	10	22	IVB	Mala B
70.40	75.40	5.00		Mod	R3	50	4	8	8	2	1	3	0	4	10	40	IVA	Mala A
75.40	79.70	4.30		Lig	R3	70	4	13	10	2	3	3	0	5	10	50	IIIB	Regular B
79.70	80.90	1.20		Mod	R2	38	3	5	5	1	1	1	0	1	10	27	IVB	Mala B
80.90	87.60	6.70		Mod	R3	50	4	8	8	2	3	3	0	4	10	42	IIIB	Regular B
Litología		Resistencia de la roca intacta				MPa	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO											
		R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla		1 - 5	RESIST. COMP. UNIAX.	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1						
		R2	Se desconcha con dificul. c/ cuchilla. Marcas no profundas con la picota.		5 - 25	R Q D (%)	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2						
		R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo. Se rompe con golpe firme de picota.		25 - 50	COND. DE JUNTAS	>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (8)	<0,06 (5)	3						
		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.		50 - 100	Persistencia	<1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A						
		R5	Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.		100 - 250	Apertura	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B						
		R6	Solo se rompe esquilras c/ la picota.		>250	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C						
						Relleno	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D						
						Alteración	Sana (6)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E						
						AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5						
						RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0					
						DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	III Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala					

Tabla 11: Caracterización geomecánica de testigo de sondaje diamantino DDH-059

SONDAJE		COORDENADAS		E :	341,759.98	N :	8,760,180.05	Cota :	4 755.02 msnm	Realiz:	EBR/WVV	Hoja	Pág.					
DDH-S-AL-18-059		ORIENTACION		Azimut :	217.00°	Inclinación :	-60.00°	Longitud:	240.20 m	Fecha:	Julio 2018	1 de 2	14					
Intervalo de Profundidad		Longitud del tramo (m)	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR										Descripción	
Desde (m)	Hasta (m)						RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Condición de juntas (4)				Agua (5)	RMR Total			
								Per	Ap	Rug	Rel	Alt						
0.00	7.80	7.80		Muy	R2	15	2	3	5	0	0	0	0	0	10	20	V	Muy Mala
7.80	14.00	6.20		Lig	R3	60	5	10	9	2	2	3	0	4	10	45	IIIB	Regular B
14.00	16.10	2.10		Mod	R3	34	5	5	5	2	1	3	0	3	10	34	IVA	Mala A
16.10	28.15	12.05		San	R3	85	6	17	12	3	2	4	1	5	10	60	IIIA	Regular A
28.15	32.20	4.05		Muy	R2	16	2	3	5	0	0	0	0	0	10	20	V	Muy Mala
32.20	35.30	3.10		Mod	R3	40	4	8	6	2	1	3	0	3	10	37	IVA	Mala A
35.30	36.30	1.00		Muy	R2	15	3	3	5	1	1	1	0	3	10	27	IVB	Mala B
36.30	37.50	1.20		Lig	R3	75	4	13	9	3	3	4	0	5	10	51	IIIA	Regular A
37.50	41.10	3.60		Mod	R2	40	3	8	8	1	1	2	0	3	10	36	IVA	Mala A
41.10	45.40	4.30		Lig	R3	70	4	13	9	2	2	3	0	4	10	47	IIIB	Regular B
45.40	47.10	1.70		Muy	R2	23	3	3	5	0	1	1	0	0	10	23	IVB	Mala B
47.10	56.35	9.25		Lig	R3	75	4	13	10	3	2	4	2	4	10	52	IIIA	Regular A
56.35	57.20	0.85		Muy	R2	15	2	3	5	0	0	1	0	1	10	22	IVB	Mala B
57.20	59.80	2.60		Lig	R3	73	4	13	10	3	2	4	2	4	10	52	IIIA	Regular A
59.80	62.90	3.10		San	R2	82	3	17	12	3	2	2	0	4	10	53	IIIA	Regular A
62.90	64.35	1.45		Mod	R2	30	3	5	5	1	1	2	0	3	10	30	IVB	Mala B
64.35	68.30	3.95		Lig	R2	75	3	13	10	3	1	2	0	4	10	46	IIIB	Regular B
68.30	69.20	0.90		Mod	R2	40	3	8	8	2	1	2	0	3	10	37	IVA	Mala A
69.20	73.20	4.00		Lig	R2	75	3	13	10	3	1	2	0	4	10	46	IIIB	Regular B
73.20	76.90	3.70		Muy	R2	15	2	3	5	0	0	0	0	0	10	20	V	Muy Mala
Litología		Resistencia de la roca intacta		MPa	VALORACION DEL MACIZO ROCOSO													
		R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla	1 - 5	RESIST. COMP. UNIAX.	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1							
		R2	Se desconcha con dificult. c/ cuchilla. Marcas no profundas con la picota.	5 - 25	R Q D (%)	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2							
		R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo. Se rompe con golpe firme de picota.	25 - 50	COND. DE JUNTAS	Persistencia <1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A							
		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.	50 - 100	Apertura Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B								
		R5	Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.	100 - 250	Rugosidad Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C								
		R6	Solo se rompe esquilas c/ la picota.	>250	Relleno Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5 mm (1)	Suave >5 mm (0)	4D								
					Alteración Sana (6)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E								
					AGUA SUBTERRANEA Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5								
					RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0						
					DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala						

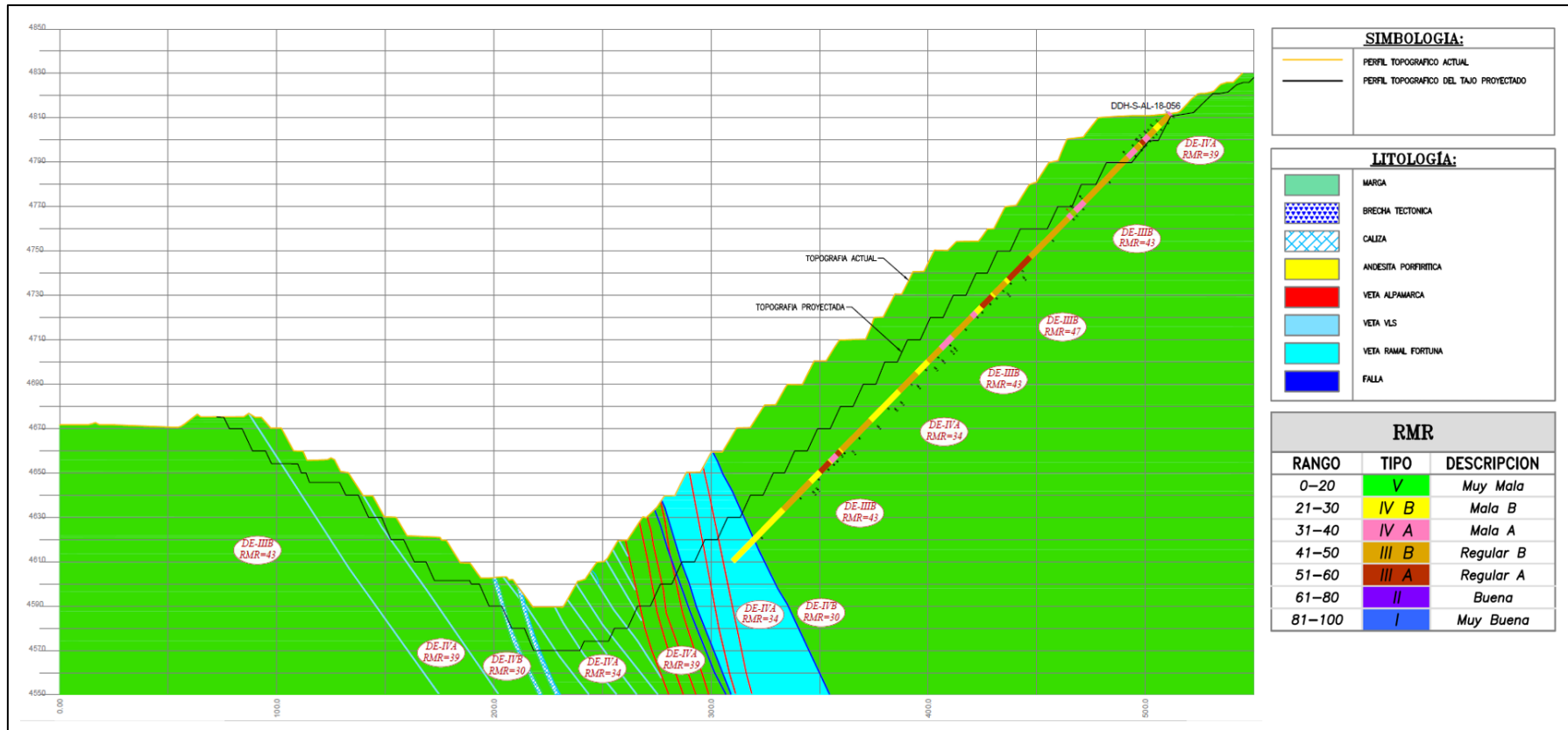


Figura 11: Sección litológica geomecánica

3.4. Distribución geoestadística de data geomecánica

a) Distribución de los datos geomecánicos en función del tipo de roca

Se muestra una confiabilidad mayor al 90%

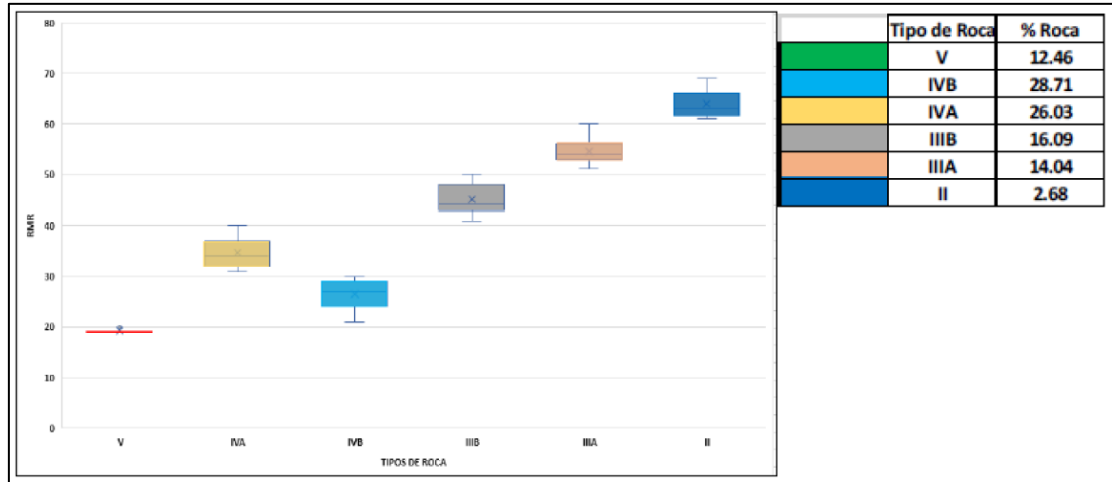


Figura 13: La mayor cantidad de datos se encuentra entre el cuartil Q=1 y Q=3

b) Distribución de la datos geomecánicos en función de la litología

La mayor cantidad de datos se encuentra entre el cuartil Q=1 y Q=3

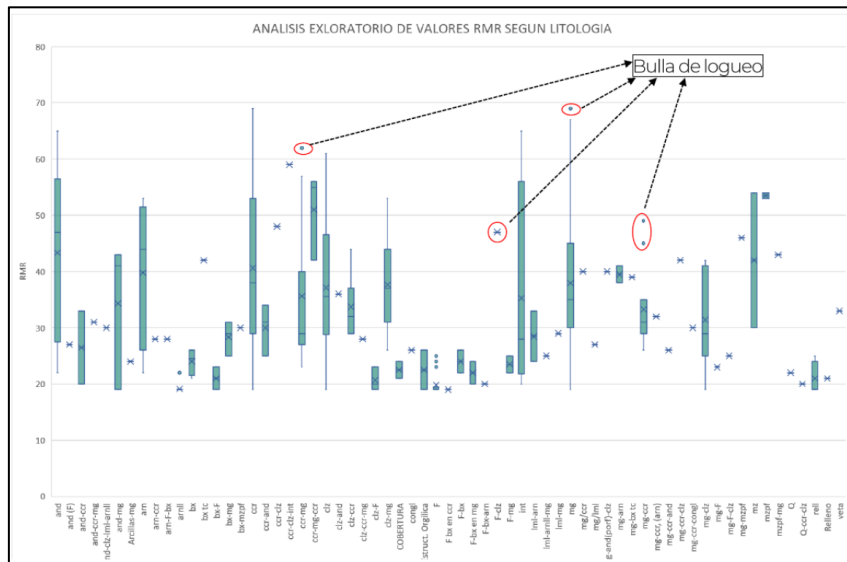


Figura 14: Distribución de datos en función a la litología

c) Normalización de los datos geomecánicos

Se observa que los tipos de roca predominante son IIIB, IVA y IVB.

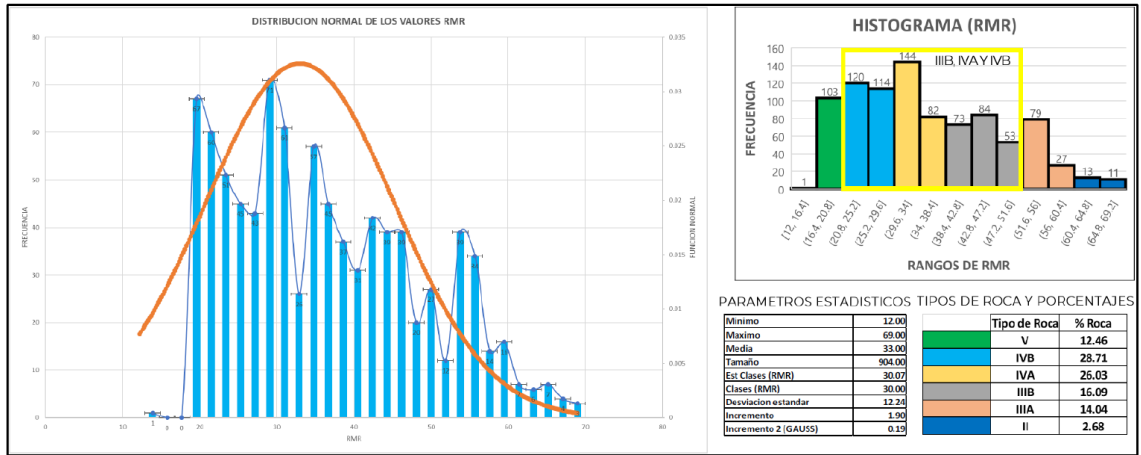


Figura 15: Normalización de la data de campo (RMR)

d) Histogramas según tipo de roca

Los histogramas de tipo de roca II, IIIA, IIIB y IVA, presentan mayor nivel de confianza.

Los histogramas IVB y V, muestra mucha dispersión de datos, atribuyéndose los datos anómalos a estos dominios geotécnicos.

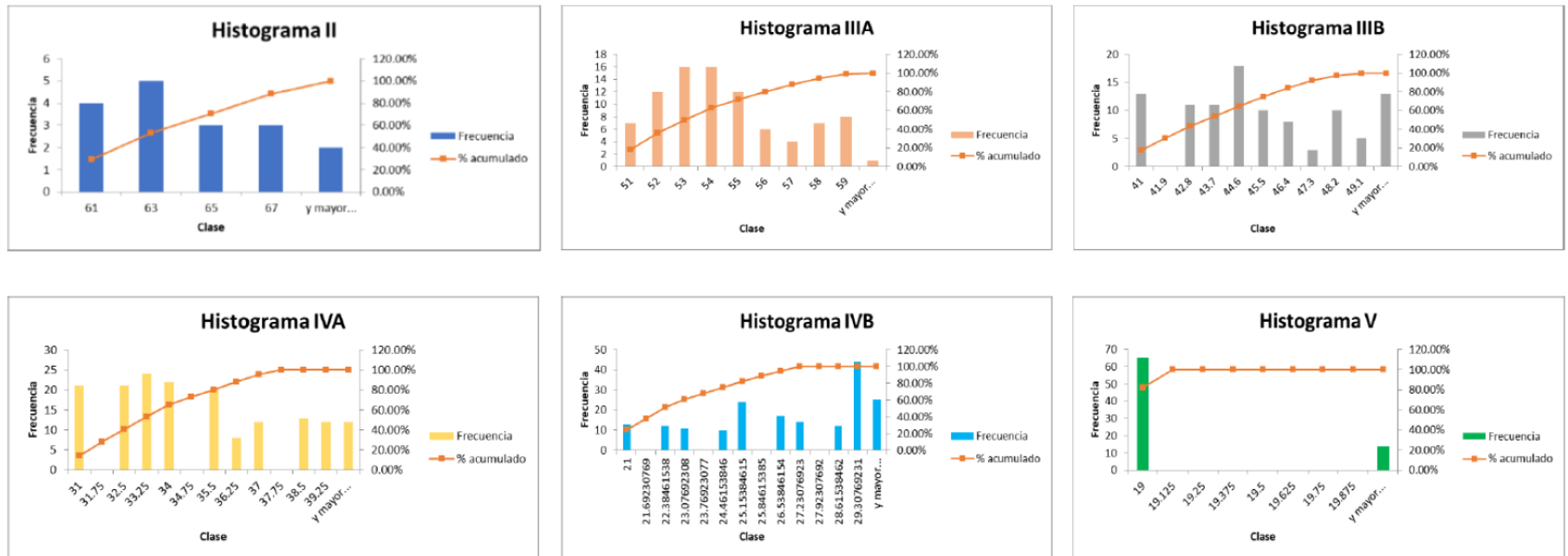


Figura 16: Histogramas de los diferentes tipos de roca

e) Distribución de porcentajes de roca según litología

En la Fig. 18, las litologías predominantes del tajo, son las calcarenitas, caliza y marga con RMR de 41, 37 y 39 respectivamente.

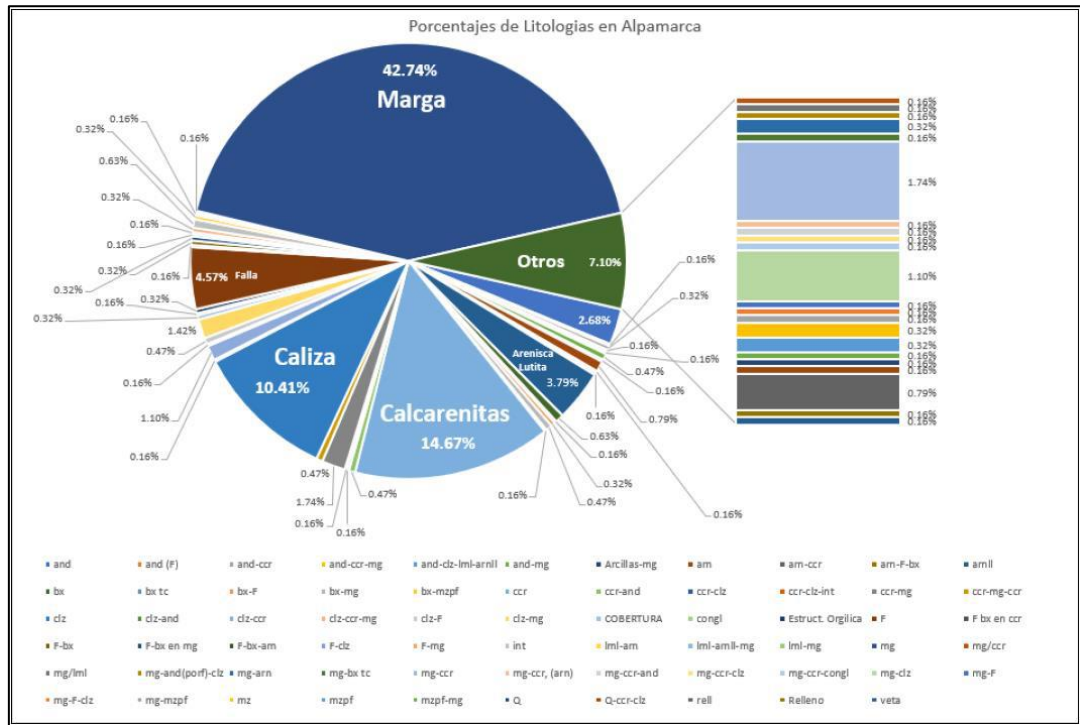


Figura 17: Porcentaje de litologías en el Tajo

Según los datos registrados, en los afloramientos y sondajes, la calidad del macizo rocoso del área de estudio se presenta en forma resumida en la siguiente tabla

Tabla 12: Resumen de la distribución de la calidad de los macizos rocosos

Tipo de roca	Rango RMR	Promedio RMR	Desviación estándar	Porcentaje (%)	Calidad según RMR
II	> 60	61.7	0.2	7.8	Buena
IIIA	51 – 60	56.4	2.4	6.3	Regular A
IIIB	41 – 50	44.4	2.8	43.4	Regular B
IVA	31 – 40	33.7	2.6	20.4	Mala A
IVB	21 – 30	27.6	2.4	21.3	Mala B
V	< 21	12	0	0.5	Muy Mala

Zonificación geomecánica

En el del Tajo Noreste existen cuatro tipos de masa rocosa y que se muestran en la siguiente tabla, de estos cuatro tipos, tres son los principales: el DE-IIIB, DE-IVA y DE-IVB ya que constituyen el 85% de la masa rocosa.

Tabla 13: Zonificación geomecánica para el Tajo

Dominio Estructural	Litología	RMR	Clase	Descripción
DE-IIIA	Margas, calizas, conglomerado y tobas	56	III-A	Regular – A
DE-IIIB	Margas, calizas, tobas, arenisca, brecha, calcarenitas y lutita	44	III-B	Regular – B
DE-IVA	Margas, calizas, tobas, arenisca, calcarenitas, lutita y vetas	34	IV-A	Mala – A
DE-IVB	Marga, calizas, toba, limolita, lutita, conglomerado y mineral zonas de falla	27	IV-B	Mala – B

Zonificación geomecánica

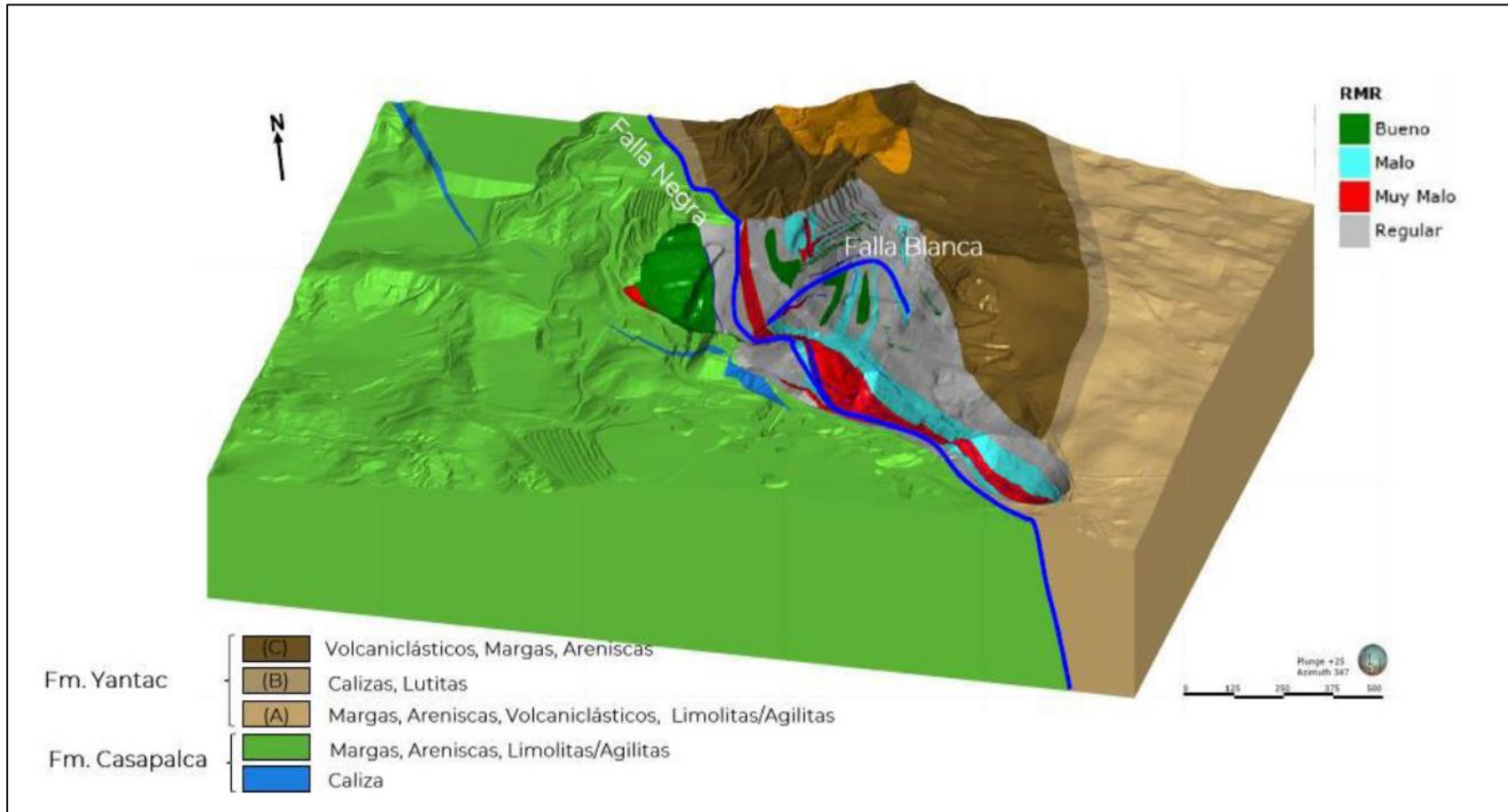


Figura 18: Zonificación geomecánica

Peligro sísmico

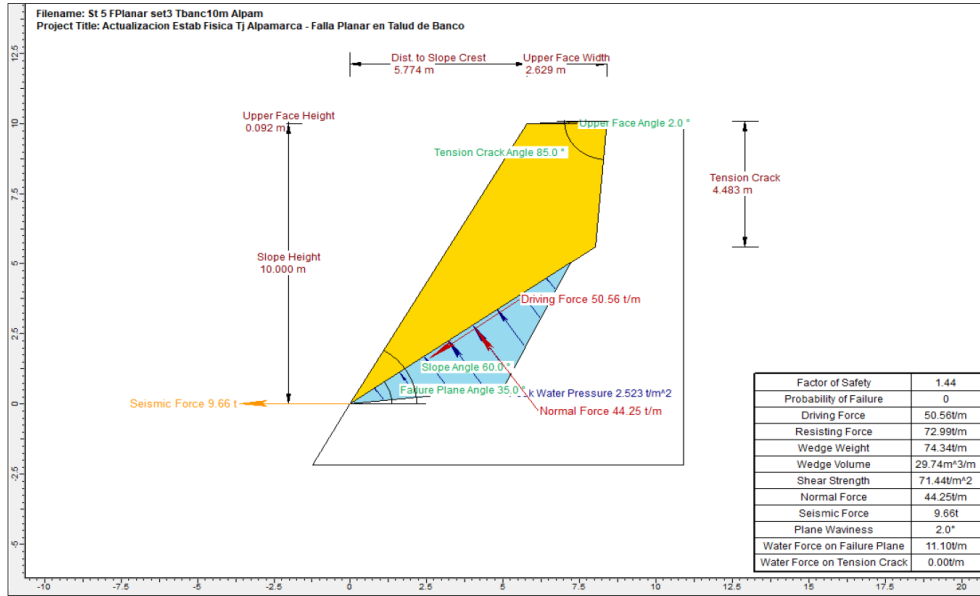
Se determinó que la aceleración pico del terreno (PGA), para roca es de 0.26g, para un periodo de retorno de 475 años y vida útil de 50 años. Para el tajo se considera un coeficiente sísmico de 100% de aceleración máxima por el método probabilístico, es decir $\alpha = 0.13$.

Tabla 14: Aceleraciones espectrales en roca para diferentes periodos de retorno

Modelo de Atenuación	Longitud (W)	Latitud (S)	Aceleración horizontal máxima (gals) de diferentes modelos de atenuación para un periodo de retorno de:				
			100	200	475	1000	2500
Youngs et al. 1997 (P.50) - Área de Botaderos y Tajo Alpamarca	-76.447	-11.218	130.00	180.00	256.00	336.00	453.00

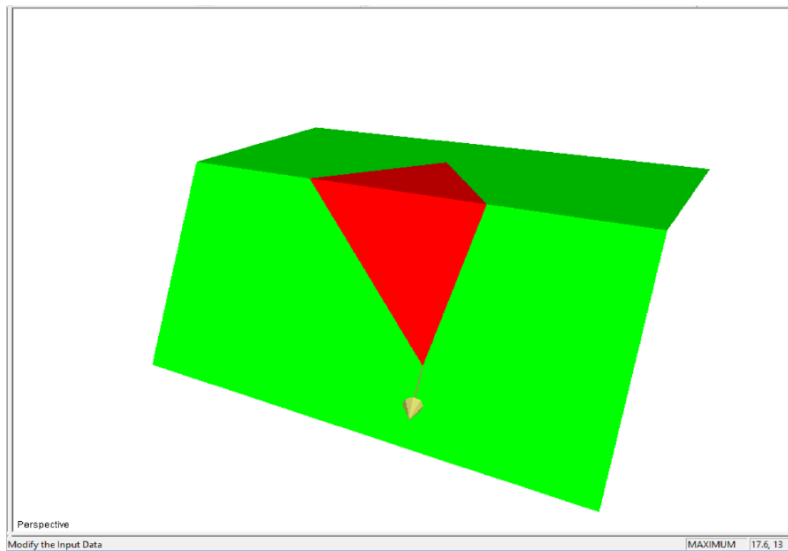
Modelo de Atenuación	Longitud (W)	Latitud (S)	Aceleración horizontal máxima (g) de diferentes modelos de atenuación para un periodo de retorno de:				
			100	200	475	1000	2500
Youngs et al. 1997 (P.50) - Área de Botaderos y Tajo Alpamarca	-76.447	-11.218	0.13	0.18	0.26	0.34	0.45

Figura 19: Factor de seguridad de taludes de banco en función a rotura planar



Altura de talud (m)	Talud de banco (°)	Plano de falla (°)	Peso Especifico (kN/m ³)	Cohesión (KPa)	Angulo de fricción (°)	Probabilidad de falla (%)	Factor de seguridad
10	60	35 ± 8	26	50	27	0.00	1.44

Figura 20: Factor de seguridad de taludes de banco en función a rotura en cuña



Altura Talud (m)	Talud de Banco Buz/Dir	Sistema de juntas		Peso Especifico (KN/m ³)	Cohesión (KPa)	Angulo Fricción (°) ± σ _{est}	Probabilidad de falla %	F.S.
		Buz ± σ _n (°)	DirBuz ± σ _n (°)					
10	60 / 205	S1 67 ± 10	255 ± 10	26	50	27	0.00	3.1
		S3 41 ± 10	153 ± 15					

Figura 21: Estabilidad de taludes del sector SD1 - Condiciones estáticas

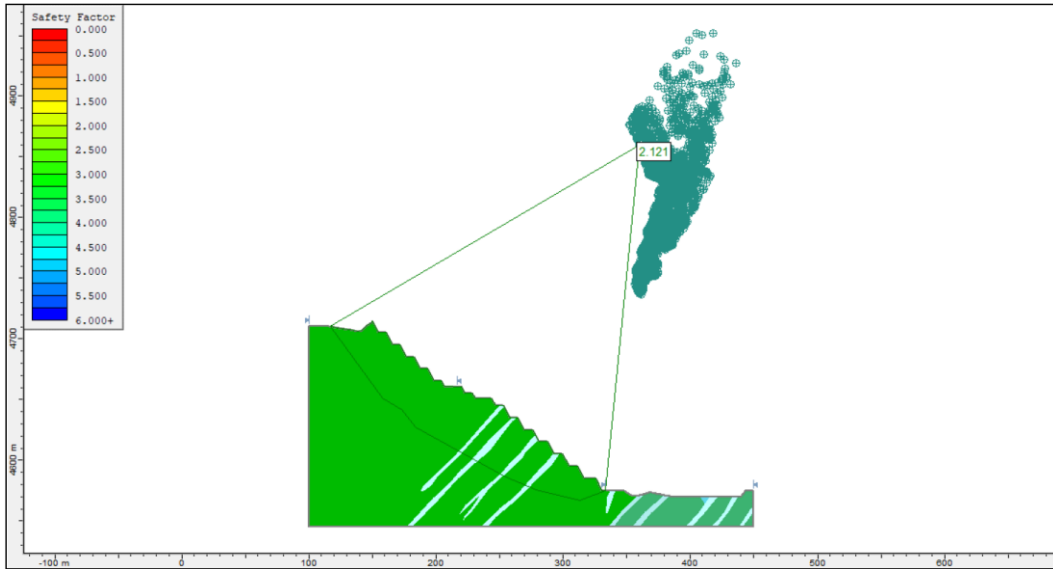
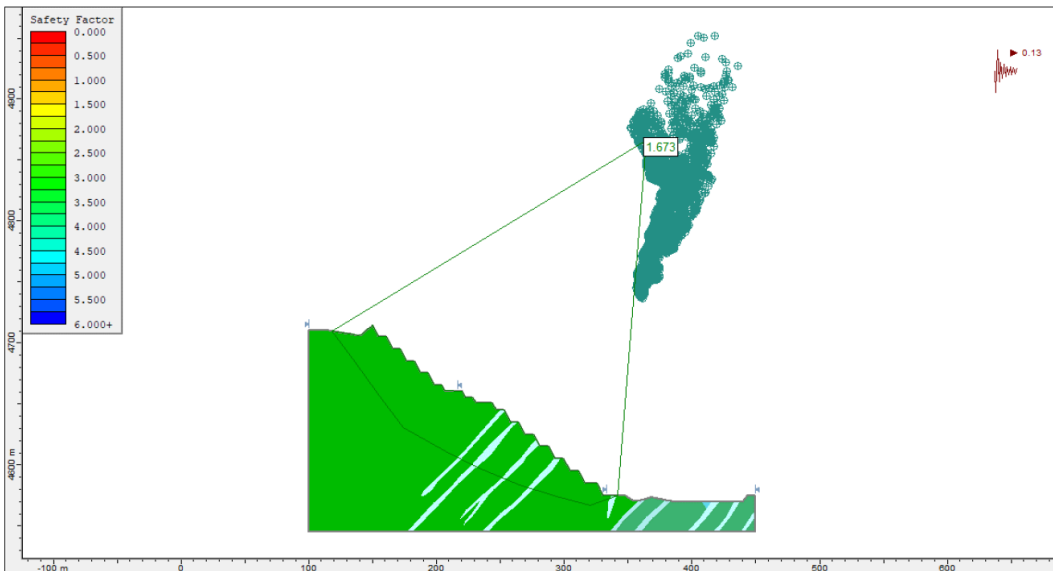
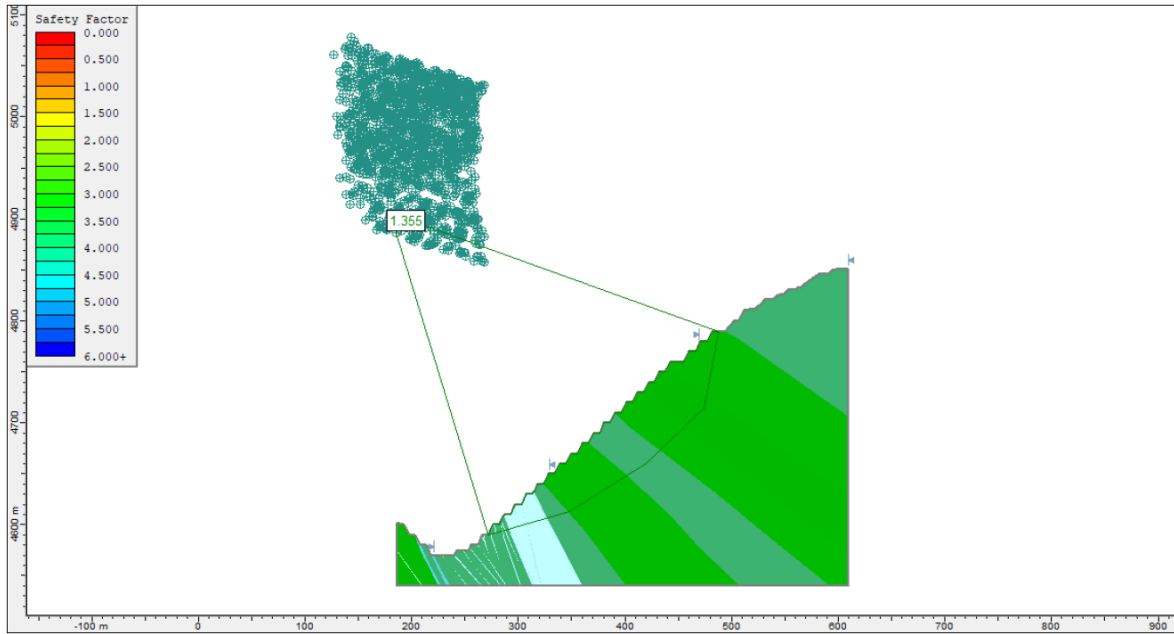


Figura 22: Estabilidad de taludes SD1 - Condiciones pseudoestáticas



Descripción	Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
Marga	IIIB	26	65, 100	43, 47	12
Marga	IVB - IVA	26	10, 30, 40	30, 35, 39	8
Caliza	IVB - IVA	26	10, 40, 110	30, 39	8, 12
Vetas	IVB - IVA - IIIB	26	10, 40, 40	30, 34, 43	8.0
Brecha tectonic	IVB - IIIB	26	20, 90	30, 47	15
Arenisca	IVA	26	20	32	13
Andesita porfiriti	IVA	26	20, 50	30, 35	15

Figura 23: Análisis de taludes del sector SD2



Descripción	Calidad	Densidad (kN/m ³)	σ_c (MPa)	GSI	mi
Marga	IIIB	26	65, 100	43, 47	12
Marga	IVB - IVA	26	10, 30, 40	30, 35, 39	8
Caliza	IVB - IVA	26	10, 40, 110	30, 39	8, 12
Vetas	IVB - IVA - IIIB	26	10, 40, 40	30, 34, 43	8.0
Brecha tectonic	IVB - IIIB	26	20, 90	30, 47	15
Arenisca	IVA	26	20	32	13
Andesita porfiriti	IVA	26	20, 50	30, 35	15

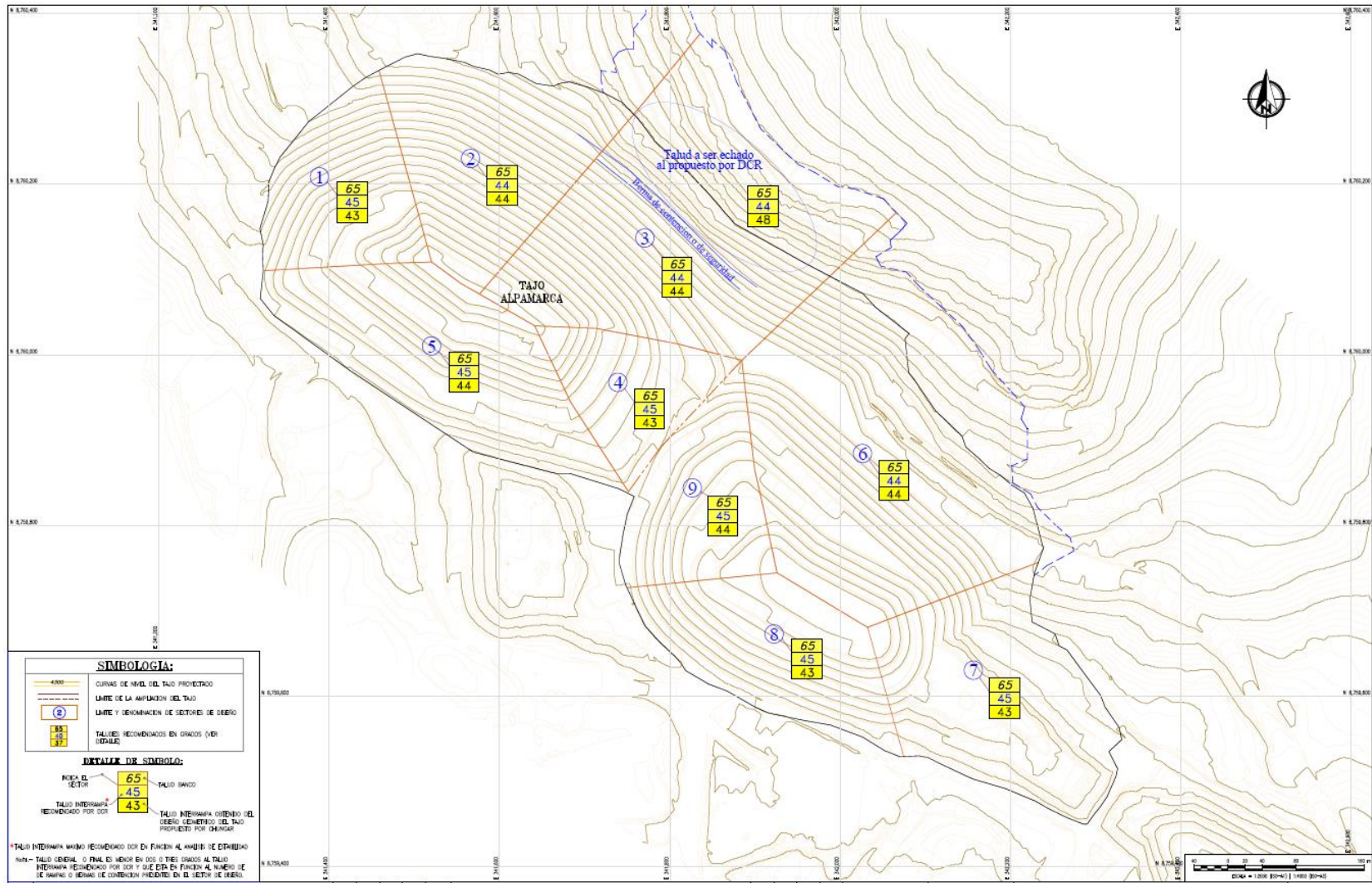


Figura 24: Plano de ángulos de taludes recomendado

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En función a los hallazgos de la presente investigación se acepta la hipótesis planteada ya que la evaluación geomecánica-geotécnica permitió diseñar la estabilidad física de los taludes del tajo noreste de una mina en Junín.

En cuanto a la Caracterización de la geología y estructuras de la mina superficialmente los afloramientos rocosos presentan procesos de intemperización sin embargo estas por lo general están secas a húmedas y a medida que la masa rocosa profundiza la presencia del agua subterránea puede tener efecto sobre las margas ya que esta sería la razón por lo que la calidad de la roca según los registros geotécnicos de sondajes es menor al de la superficie además en el fondo del tajo la presencia de las fallas ha creado zonas de influencia donde se ha generado zonas de corte haciendo que la calidad de las rocas de estas áreas presenten rocas de calidad mala.

Con respecto a la calidad del macizo rocoso mediante el RMR, a diferencia de Mamani (2021), quien realizó un levantamiento geomecánico en Mina Toquepala, y dio una valoración al macizo rocoso con RMR de 75 y factores de seguridad mayores a 2, en la presente se tienen en cuenta más estaciones geomecánicas garantizando más cercanía a la realidad y permitiendo diseñar mejor la estabilidad. Pero en concordancia con Romero (2018) quien, estableció 55 estaciones geomecánicas con el RMR promedio en su mayoría varía de Regular y buena calidad obteniendo un intervalo entre 53-63. Para la estabilidad en los bancos son estables en condiciones estáticos y pseudo estáticos, sin embargo, en algunos sectores el FS pseudo estático es menor a 1.1 donde se recomienda eliminar aquellos bloques que generarían riesgos.

Para la zonificación geomecánica, al igual que (Molina, 2019), se realizó una caracterización geomecánica mediante: RMR, y GSI, y determinó una zonificación de dominios geotécnicos en la mina, la cual queda establecida por la distribución del GSI. Y en concordancia con Aguedo y Asencios, (2020) El proceso “estándar” para el diseño de taludes son, el levantamiento de datos de logueo geomecánico y mapeo geomecánico de la zona donde se desarrollará la operación, se determinan dominios estructurales tal como se determinó en la presente investigación donde se determinaron 4 dominios estructurales.

Los posibles tipos de rotura mediante el análisis del comportamiento de las discontinuidades en el software DIPS, lo mismo que Quispe (2019), quien en su caracterización geomecánica, aplicó también los softwares Dips v5. y utilizó técnicas estereográficas computarizadas tomando en cuenta la orientación de las estructuras, para esta investigación los tipos de rotura son en cuña y por vuelco.

Para el diseño de estabilidad física de taludes del tajo final como indica Gonzales (2018), es importante identificar los atributos geomecánicos del macizo rocoso y la interacción que tienen con las operaciones mineras, de esta manera se puede identificar los peligros potenciales que ocasionarían accidentes por desprendimientos de rocas, ayudando en la toma de buenas decisiones para el planeamiento y diseño de minado, garantizando la estabilidad de las operaciones mineras.

4.2. Conclusiones

La geología está compuesta en forma dominante las Capas Rojas de la Fm. Casapalca, En el sector o flanco NE se presentan rocas piroclásticas calcáreas de la formación Yantac y en menor proporción también se presentan rocas intrusivas de tipo andesítico en forma de diques o sills. El sector 3 que es parte del Tajo Noreste está conformado por 4 sistemas de discontinuidades, el Set 1 de los estratos tiene rumbo Noroeste y buzamiento medio a alto hacia el Noreste, el Set 2 está conformado por diaclasas con

rumbo NE-E y buzamiento medio a alto al Suroeste, el Set 3 conformado por estratos y diaclasas presenta rumbo NE con buzamiento medio al NW y el Set 4 por diaclasas tiene rumbo Este-Oeste e inclinación subvertical tanto al Norte como al Sur.

Las calidades del macizo rocoso de los 3 dominios estructurales principales son, del dominio IIIB un RMR promedio de 44.4 que es regular B, el dominio IVA un RMR promedio de 33.7 con calificación de Mala A y el dominio IVB, un RMR promedio 27.6, calificando a la roca como Mala B.

La zonificación geomecánica del Sector 3 del Tajo Noreste existen cuatro tipos de masa rocosa y que se muestran en la siguiente tabla, de estos cuatro tipos, tres son los principales: el DE-IIIB, DE-IVA y DE-IVB ya que constituyen el 85% de la masa rocosa.

Los posibles tipos de rotura son de vuelco potencial por la familia 1 y 2, y cuña entre las familias 2 y 3.

El diseño de estabilidad física de taludes del tajo final, del Sector 3 del Tajo Norte según el último diseño, tendrá una longitud de 350 m por 290 m de ancho, que representa una extensión de 10.2 Ha y una altura máxima de 320 m, estando la cota inferior del tajeo en la cota 4575 msnm. La altura de los bancos será de 10 m (banco simple) y ángulo de la cara del talud de 65° pero con sugerencia de ángulo interrampa de 44°- 45°.

Referencias

- Alpízar Barquero, A. (2012). Metodología de análisis de estabilidad de taludes para proyectos viales. *Congeo, Costa Rica*, 1-18.
- Arteaga Fernández , N. M. (2017). *Análisis geológico-geotécnico en los taludes de la carretera Choropampa-Magdalena*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Belandria, N., Ucar, R., & Bongiorno, F. (2011). Determinación de expresiones matemáticas para el cálculo de los esfuerzos aplicados a la estabilidad de taludes. *Ciencia e Ingeniería*, 32(3), 115-121. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550793001>
- Bongiorno, F., Monsalve, Z., Belandria, N., & Montilla, N. (2009). Evaluación geotécnica del Río Topo, Autopista Caracas - La Guaira, Venezuela. *Ciencia e Ingeniería*, 31(1), 25-31. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550787003>
- Camacho Orozco, S., Ramos Cañón, A. M., Escobar Vargas, J. A., & Garzón González, A. F. (2017). Análisis cuantitativo en la influencia de la geomorfología en la estabilidad de taludes. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 13-28. doi:<https://doi.org/10.22395/rium.v16n30a1>
- Chuquiruna Rojas, L. E. (2019). *Evaluación geotécnica, para el cálculo de inestabilidad sísmica, del talud ubicado en el kilómetro 139 (500 al 450), San Juan-Cajamarca*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Medinaceli Tórrez, R., & Medinaceli Ortiz, R. (2021). Aplicación de la simulación de Montecarlo a la evaluación probabilística de la estabilidad de taludes en roca. *Revista de Medio Ambiente Minero y Minería*, 6(1), 33-48.
- Melentijevic, S. (2005). *Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada*. Universidad Politécnica de Madrid,

- Mendoza Espitia, S., & Ochoa Rojas, M. (2017). *Optimización de la longitud total de anclajes para el sostenimiento de bloques de roca en taludes*. Universidad La Gran Colombia, Bogotá.
- Mesa Lavista, M., Álvarez Pérez, J., & Chávez Gómez, J. H. (2020). Evaluación del factor de seguridad en taludes de terraplenes carreteros altos ante carga sísmica. *Revista de ingeniería sísmica*(103), 1-17. doi:10.18867/ris.103.489
- Montoya, S. (17 de 09 de 2013). *Gidahatari*. Obtenido de <https://gidahatari.com/ihs/estabilidad-de-taludes-deslizamientos-de-tierra-causas#:~:text=Las%20fallas%20en%20los%20taludes,las%20placas%20tect%C3%B3nicas%2C%20entre%20otros.>
- Mora, R., & Granados, R. (2012). Analisis de estabilidad de taludes considerando la incertidumbre de los datos: caso comunidad de mansiones de Montes de Oca, San José, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*(47), 133-141. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45437354007>
- Pacheco Zapata, A. A. (2006). *Estabilización del talud de la Costa Verde en la zona del distrito de San Isidro*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Ramos Miñano, F. E. (2021). *Propuesta de un sistema de sostenimiento para la estabilidad del talud en el km 232 +390 al km 232+450 de la Interoceánica sur – Puno, 2020*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Rodriguez Cifuentes , L., & Sanhueza Plaza, C. (2013). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construcción*, 12(1), 17-29. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127628890003>

Sullcahuaman Ponce, D. (2019). *Evaluación diferencial entre la aplicación de cargas monotónicas y cíclicas del ensayo Pull Out Test en la instalación del sistema de sostenimiento del talud norte C2 Cerro Verde-Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.

Canadian Dam Association (2007) – Dam Safety Guidelines.

Anexos

Tabla 15: Caracterización geomecánica de Tajo noreste, Estación 01

N° ESTACION		ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO		UBICACION: Banco 4780			REALIZADO	FECHA	HOJA			
ER-01		DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	COORDENADAS: N: 8,759,669	E: 341,782	COTA: 4,780 msnm	AV / RZ	12 / 11 / 2019	1 de 9				
VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)															
TIPO DE ROCA		PARAMETRO		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)											
A	%	B	%	N° Fract. / m.	R. COMPRESION UNIAIXIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	VALORA.				
Marga	100			12 - 18	RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2 10				
TIPO	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		CONDICION DE JUNTAS									
ESTRUC.	DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR	Comentarios	ESPACIAMIENTO (m)	PERSISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	AGUA SUBTERRANEA		
J	210°	50°	4	Ox, Cb	< 1 mm		>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	X	0,06-0,2 (8)	< 0,06 (5)	3 8		
E	046°	75°	3, 4	Arc, Ox, Cb	1-2 mm		<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	X	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A 1		
J	143°	78°	4	Ox, Cb	< 1 mm		Cerrada (6)	<0,1mm apert. (5)	0,1-1,0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B 1		
E	066°	77°	3, 4	Arc, Ox, Cb	1-2 mm	Persistencia > 10m	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C 3		
E	038°	82°	3, 4	Arc, Ox, Cb	1-2 mm		Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	X	Duro> 5mm (2)	Guave < 5 mm (2)	Guave > 5 mm (0)	4D 2		
E	050°	64°	3, 4	Arc, Ox, Cb	1-2 mm		ALTERACION	Sana (6)	X	Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterada. (3)	Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E 5	
J	112°	58°	3	Arc, Ox	1-2 mm		Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goleo (4)	Flujo (0)	5 10		
J	150°	68°	3	Ox, Cb	< 1 mm		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 47								
J	286°	20°	2, 3	Ox, Cb	3-4 mm		CLASE DE MACIZO ROCOSO					III A			
J	188°	44°	2	Cb	1 mm		RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0	
J	205°	36°	3	Cb	1 mm	poco persistente	DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	III Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala	
J	142°	77°	3, 4	Ox, Cb	1 mm		RL (NUMERO DE REBOTE)								
J	318°	56°	3	Cb	< 1 mm		J	RQD	J	RQD	Evaluacion de la Estabilidad de Taludes - Sector 3				
J	327°	34°	3	Ox, Cb	< 1 mm		5	91	15	55	Tajo Norte - Mina Alpamarca				
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS							ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO							Major Planes Orientations ID Dip/Dir 1m 74 / 050 2m 70 / 138 3m 36 / 316 4m 43 / 201	
J	Junta	E	Estratifi.	ABREVIACION DE TIPO DE ROCA			RANGO UCS (MPa)								
F	Falla	Ct	Contacto	Ciz	Caliza		1	> 2 m	R1	1 - 5					
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			Ox	Oxido	Clo	Calcita	2	0,6 - 2 m	R2	5 - 25					
Arc	Arcilla	Cz	Cuarzo	Cb	Carbonatos	Py	Pirita	3	0,2 - 0,6 m	R3					25 - 50
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			4	0,06 - 0,2 m	R4	50 - 100	5	< 0,06 m	R5	100 - 250					
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			5	< 0,06 m	R6	> 250	Estación ER-01 Marga								

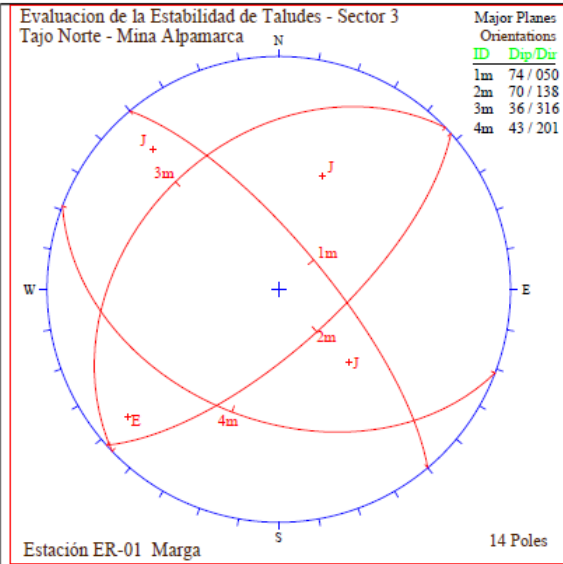


Tabla 16: Caracterización geomecánica del Tajo noreste, Estación 02


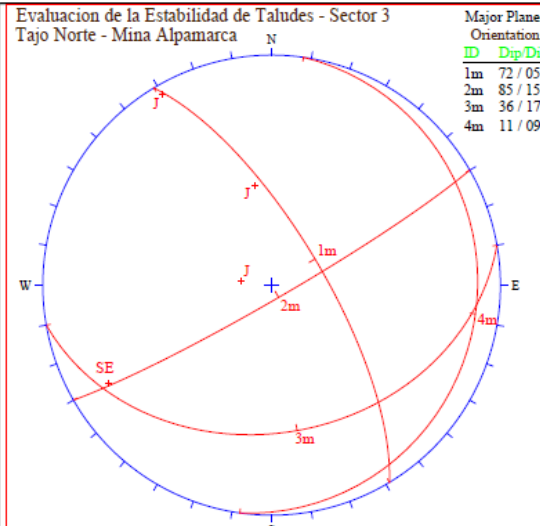
N° ESTACION	ORIENTACIÓN DE LA CARA		TRAMO		UBICACION:		REALIZADO	FECHA	HOJA																																													
ER-02	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	Banco 4780		AV / RZ	12 / 11 / 2019	2 de 9																																													
	N 55°W	70°SW	0	25 m	COORDENADAS: N: 8.759.688	E: 341.756	COTA: 4.780 msnm																																															
TIPO DE ROCA					VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)																																																	
Volcánico					R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)																																																	
Frecuencia Fractura: 14 - 18					RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)																																																	
A					B																																																	
%					%																																																	
100					100																																																	
TIPO	ORIENTACIÓN		ESPACIAMIENTO	RELLENO		Comentarios	CONDICION DE JUNTAS			VALORA:																																												
ESTRUC.	DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR		PERISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELENO																																												
SE	052°	86°	4, 5	Ox, Arc	< 1 mm		<1m long. (6)	<0.1mm apert. (5)	Muy rugosa (6)	Limpia (6)																																												
SE	058°	83°	4, 5	Cb	4-5 mm	Ligeramente rugosa y persistente	1-3 m Long. (4)	0.1-1.0mm (4)	Rugosa (5)	Duro < 5mm (4)																																												
SE	065°	86°	3, 4	Ox, Arc	< 1 mm		X	X	X	X																																												
J	237°	87°	3, 4	Ox, Arc	1 mm		Muy rugosa (6)	Muy rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)																																												
SE	064°	75°	4	Ox	< 1 mm		X	X	X	X																																												
J	108°	15°	3, 4	Ox, Arc	< 1 mm		Limpia (6)	Duro > 5mm (2)	Guave < 5 mm (2)	Guave > 5 mm (0)																																												
J	100°	13°	3	Ox, Arc	< 1 mm		Gana (6)	X	X	Mod. Alterada. (3)																																												
J	342°	33°	2	-	-		ALTERACION			Muy Alterada. (2)																																												
J	164°	86°	3	Ox	< 1 mm		AGUA SUBTERRANEA			Seco (15)																																												
J	064°	05°	2, 3	Ox	< 1 mm					X																																												
J	146°	82°	3	Ox	< 1 mm					Humedo (10)																																												
J	180°	46°	2	Ox, Cb	< 1 mm	ondulada				Mojado (7)																																												
J	155°	28°	2	Ox, Cb	< 1 mm					Goteo (4)																																												
J	248°	64°	-	Ox, Cb	2 a 10 mm					Filujo (0)																																												
J	140°	86°	2, 3	Ox, Cb	1 mm																																																	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 41																																																						
CLASE DE MACIZO ROCOSO																																																						
RMR 100 - 81 80 - 61 60 - 51 50 - 41 40 - 31 30 - 21 20 - 0																																																						
DESCRIPCION I Muy Buena II Buena III Regular A III B Regular B IVA Mala A IVB Mala B V Muy Mala																																																						
IV A																																																						
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS					ABREVIACION DE TIPO DE ROCA					RL (NUMERO DE REBOTE)																																												
J	Junta	SE	Seudoestrato	Ciz	Caliza	<table border="1"> <tr><td>J</td><td>RQD</td><td>J</td><td>RQD</td></tr> <tr><td>5</td><td>91</td><td>15</td><td>55</td></tr> <tr><td>6</td><td>88</td><td>16</td><td>52</td></tr> <tr><td>7</td><td>84</td><td>17</td><td>48</td></tr> <tr><td>8</td><td>81</td><td>18</td><td>44</td></tr> <tr><td>9</td><td>77</td><td>19</td><td>40</td></tr> <tr><td>10</td><td>74</td><td>20</td><td>37</td></tr> <tr><td>11</td><td>70</td><td>21</td><td>33</td></tr> <tr><td>12</td><td>66</td><td>22</td><td>29</td></tr> <tr><td>13</td><td>63</td><td>23</td><td>26</td></tr> <tr><td>14</td><td>59</td><td>24</td><td>22</td></tr> </table>					J	RQD	J	RQD	5	91	15	55	6	88	16	52	7	84	17	48	8	81	18	44	9	77	19	40	10	74	20	37	11	70	21	33	12	66	22	29	13	63	23	26	14	59	24	22
J	RQD	J	RQD																																																			
5	91	15	55																																																			
6	88	16	52																																																			
7	84	17	48																																																			
8	81	18	44																																																			
9	77	19	40																																																			
10	74	20	37																																																			
11	70	21	33																																																			
12	66	22	29																																																			
13	63	23	26																																																			
14	59	24	22																																																			
F	Falla	Ct	Contacto						<p>Evaluación de la Estabilidad de Taludes - Sector 3 Tajo Norte - Mina Alpamarca</p> <p>Major Planes Orientations ID Dip/Dir 1m 72 / 059 2m 85 / 150 3m 36 / 170 4m 11 / 098</p>  <p>Estación ER-02 Volcánico 15 Poles</p>																																													
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO					ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO					RANGO UCS (MPa)																																												
Ox	Oxido	Cic	Calcita	R1	1 - 5																																																	
Arc	Arcilla	Cz	Cuarzo	R2	5 - 25																																																	
Cb	Carbonatos	Py	Pirita	R3	25 - 50																																																	
ABREVIACION ESPACIAMEN.					R4																																																	
1	> 2 m				R5	50 - 100																																																
2	0.6 - 2 m				R6	100 - 250																																																
3	0.2 - 0.6 m																																																					
4	0.06 - 0.2 m																																																					
5	< 0.06 m																																																					

Tabla 18: Caracterización geomecánica del Tajo noreste, Estación 04

N° ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		UBICACION: Banco 4780			REALIZADO	FECHA	HOJA						
	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	COORDENADAS: N: 8,759,731	E: 341,662	COTA: 4,780 msnm	AV / RZ	12 / 11 / 2019	4 de 9						
ER-04	N 55°W	60 SW	0	50 m	VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)											
TIPO DE ROCA					PARAMETRO					RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)	VALORA.					
A		%	B		%	FRECUECIA FRACTURA N° Fract. / m.		R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	X <25(2) <5(1) <1(0)	1	2
Marga		100						RQD %		90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	X <25	(3)	2
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION BUZ.		ESPACIAMIENTO	RELLENO		Comentarios		ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (8)	X <0,06	(5)	3
	DIRECCION	BUZ.		TIPO	ESPEGOR			PERSISTENCIA		<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	>10m (2)	X 10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	1
E	038°	48°	4	Ox, Cb	1 mm			ABERTURA		Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	X 0.1-1.0mm (4)	X 1-5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	3
E	027°	55°	4	Ox, Cb	1 mm			RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig.rugosa (3)	X Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	2
E	020°	57°	4	Ox, Cb	1 mm			RELLENO		Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	X Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (2)	Suave > 5 mm (0)	4D	2
J	205°	38°	3	Ox, Cb	1 mm			ALTERACION		Sana (6)	Lig. Alterada. (5)	X Mod.Alterada. (3)	X Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E	2
J	212°	27°	3	Ox, Cb	1 mm			AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)	X Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
J	150°	43°	3,4	Ox, Cb	1 mm			VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 30								
J	182°	83°	5	Ox, Cb	1 mm			CLASE DE MACIZO ROCOSO								
J	152°	56°	3	Ox, Cb	1 mm			RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0	III B
J	140°	46°	3	Ox, Cb	< 1 mm			DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala	
E	030°	57°	3,4	Ox, Cb	1 mm			RL (NUMERO DE REBOTE)								
E	032°	65°	4	Ox	1 mm			J	RQD	J	RQD					
J	140°	52°	2,3	Ox	1 mm			5	91	15	55					
J	150°	60°	3	Ox, Arc	1 mm			6	88	16	52					
J	308°	40°	3	Ox, Cb	1 mm			7	84	17	48					
J	305°	42°	3	Ox, Cb	1 mm			8	81	18	44					
J	036°	65°	4	Cb	1 mm			9	77	19	40					
J	158°	58°	4	Cb	1 mm			10	74	20	37					
								11	70	21	33					
								12	66	22	29					
								13	63	23	26					
								14	59	24	22					
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS				ABREVIACION DE TIPO DE ROCA								Evaluación de la Estabilidad de Taludes - Sector 3				
J	Junta	E	Estratíf.	Mrg	Marga			Tajo Norte - Mina Alparmarca				N				
F	Falla	Ct	Contacto	-	-			Major Planes Orientations				ID Dip/Dir				
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO												1m 58 / 030				
Ox	Oxido	Clc	Calcita									2m 54 / 151				
Arc	Arcilla	Cz	Cuarzo									3m 41 / 306				
Cb	Carbonatos	Py	Pirita									4m 32 / 208				
ABREVIACION ESPACIAMEN.				RANGO UCS (MPa)								Estación ER-04 Marga				
1	> 2 m	R1	1 - 5									S				
2	0.6 - 2 m	R2	5 - 25									E				
3	0.2 - 0.6 m	R3	25 - 50									W				
4	0.06 - 0.2 m	R4	50 - 100									17 Poles				
5	< 0.06 m	R5	100 - 250													
		R6	> 250													

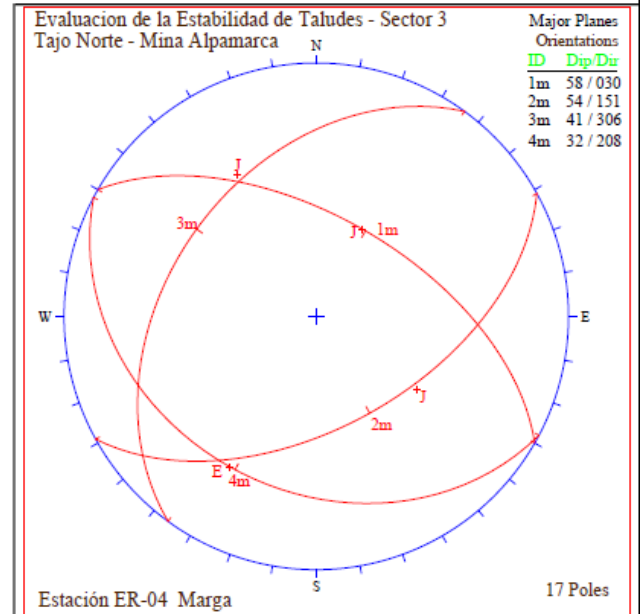


Tabla 19: Caracterización geomecánica del Tajo noreste, Estación 05

N° ESTACION		ORIENTACIÓN DE LA CARA		TRAMO		UBICACIÓN:			REALIZADO	FECHA	HOJA													
ER-05		N 40°W	65°SW	0	20 m	Banco 4720			AV / RZ	13 / 11 / 2019	5 de 9													
TIPO DE ROCA						VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)																		
A		%	B		%	PARAMETRO			RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)			VALORA												
Marga gris		100				R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)			RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)															
					N° Fract. / m.	>250	(15)	100-250	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	X	<25(2)	<5(1)	<1(0)	1	2					
						RQD %	90-100	(20)	75-90	(17)	50-75	(13)	X	25-50	(8)	X	<25	(3)	2	5				
						ESPACIAMIENTO (m)	>2	(20)	0.6-2	(15)	0.2-0.6	(10)	X	0.06-0.2	(8)	X	<0.06	(5)	3	5				
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACIÓN		ESPACIAMIENTO	RELLENO		Comentarios		CONDICION DE JUNTAS		AGUA SUBTERRANEA		VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5)												
	DIRECCIÓN BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR			PERSISTENCIA	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACIÓN	VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5)											
J	175°	55°	3, 4	Ox, Arc	< 1 mm			<1m long. (6)	Cerrada (6)	Muy rugosa (6)	Limpia (6)	Sana (6)	Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10				
J	178°	58°	3, 4	Ox, Arc	1 mm			1-3 m Long. (4)	<0.1mm apert. (5)	Rugosa (5)	Duro < 5mm (4)	Lig. Alterada. (5)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10					
E	296°	42°	4	Arc	< 1 mm			3-10m (2)	0.1-1.0mm (4)	Lig.rugosa (3)	Mod. Alterada. (3)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
E	300°	56°	3, 4	Arc	1 mm			10-20 m (1)	1-5 mm (1)	Lisa (1)	Suave < 5 mm (2)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
J	176°	58°	3	Ox, Arc	< 1 mm	poco persistente		20 m (0)	> 5 mm (0)	Espejo de falla (0)	Suave > 5 mm (0)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
J	174°	65°	3	Arc	< 1 mm			25-50 (4)	1-5 mm (1)	Espejo de falla (0)	Suave > 5 mm (0)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
J	064°	60°	3	Cb	1, 2 mm			50-100 (7)	0.06-0.2 (8)	Descompuesta (0)			Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
J	030°	64°	3, 4	Ox, Cb	1, 2			25-50 (4)	0.06-0.2 (8)	Descompuesta (0)			Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
J	052°	47°	4	Ox	< 1 mm			100-250 (12)	0.06-0.2 (8)	Descompuesta (0)			Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
J	142°	45°	3, 4	Ox, Cb	< 1 mm			100-250 (12)	0.06-0.2 (8)	Descompuesta (0)			Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
E	310°	52°	4, 5	Arc	> 5 mm			100-250 (12)	0.06-0.2 (8)	Descompuesta (0)			Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
F	298°	40°	-	Arc	> 5 cm			100-250 (12)	0.06-0.2 (8)	Descompuesta (0)			Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10						
												VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5)		= 27										
												CLASE DE MACIZO ROCOSO												
												RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0	III B				
												DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala					


RL (NUMERO DE REBOTE)			
J	RQD	J	RQD
5	91	15	55
6	88	16	52
7	84	17	48
8	81	18	44
9	77	19	40
10	74	20	37
11	70	21	33
12	66	22	29
13	63	23	26
14	59	24	22

ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS			
J	Junta	E	Estratifi.
F	Falla	Ct	Contacto

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA			
Mrg	Marga		
Mrg-Epd	Marga Epidotizada		

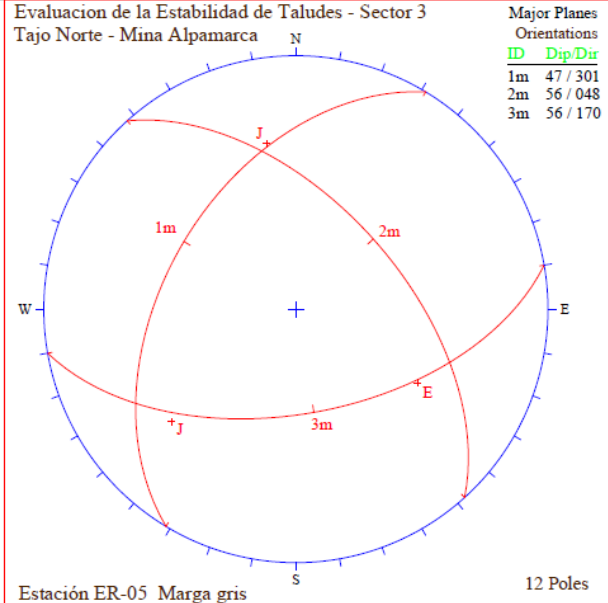
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Clc	Calcita
Arc	Arcilla	Cz	Cuarzo
Cb	Carbonatos	Py	Pirita

ABREVIACION	RANGO UCS (MPa)		
ESPACIAMEN.			
1	> 2 m	R1	1 - 5
2	0.6 - 2 m	R2	5 - 25
3	0.2 - 0.6 m	R3	25 - 50
4	0.06 - 0.2 m	R4	50 - 100
5	< 0.06 m	R5	100 - 250
		R6	> 250



Evaluación de la Estabilidad de Taludes - Sector 3
Tajo Norte - Mina Alpacamarca

Major Planes Orientations
ID Dip/Dir
1m 47 / 301
2m 56 / 048
3m 56 / 170



Estación ER-05 Marga gris 12 Poles

Tabla 20: Caracterización geomecánica del Tajo noreste, Estación 06

Nº ESTACION	ORIENTACIÓN DE LA CARA		TRAMO		UBICACIÓN: Banco 4720			REALIZADO	FECHA	HOJA	
ER-06	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	COORDENADAS: N:	E:	COTA:	AV / RZ	13 / 11 / 2019	6 de 9	
					VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)						
TIPO DE ROCA					PARAMETRO		RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)				VALORA.
A % B %					R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	X 25-50 (4)	<25(2) <(1) <(0)	1 4
Marga roja 100					RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	X <25 (3)	2 3
TIPO DE Roca					ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	X <0.06 (5)	3 3
TIPO ESTRUCC.	ORIENTACIÓN		ESPACIAMIENTO	RELLENO		Comentarios					
	DIRECCIÓN BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR						
E	192°	85°	4, 5	Ox	1 mm						
E	195°	84°	4, 5	Ox	< 1 mm						
E	192°	86°	4, 5	Cb	1 mm						
J	282°	48°	4, 5	Cb	< 1 mm						
J	310°	42°	4, 5	Cb	< 1 mm						
J	046°	44°	4, 5	Cb, Py	1 mm						
J	275°	52°	5	Ox, Cb	1 mm						
E	168°	85°	4, 5	Ox, Cb	1 mm						
E	355°	78°	4, 5	Ox, Cb	1 mm						
E	167°	88°	4	Ox, Cb	< 1 mm						
J	288°	54°	4	Ox, Cb	1 mm						
J	100°	42°	4	Ox, Cb	< 1 mm						
J	106°	35°	4, 5	Ox, Cb	< 1 mm						
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 27											
CLASE DE MACIZO ROCOSO											
RMR					100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0
DESCRIPCIÓN					I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala
											III A
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS					RL (NUMERO DE REBOTE)						
J	Junta	E	Estratíf.								
F	Falla	Ct	Contacto								
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA					Evaluación de la Estabilidad de Taludes - Sector 3						
Mrg	Marga	Tajo Norte - Mina Alpamarca									
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO					Major Planes Orientations						
Ox	Oxido	Clc	Calcolita	ID Dip/Dir							
Arc	Arcilla	Cz	Cuarzo	1m 88 / 182							
Rt	Roca triturada	Py	Pirita	2m 37 / 083							
ABREVIACION ESPACIAMEN.					3m 48 / 288						
1	> 2 m	R1	1 - 5								
2	0.6 - 2 m	R2	5 - 25								
3	0.2 - 0.6 m	R3	25 - 50								
4	0.06 - 0.2 m	R4	50 - 100								
5	< 0.06 m	R5	100 - 250								
		R6	> 250								
					<p>Estación ER-06 Marga roja</p> <p>13 Polos</p>						

Tabla 21: Caracterización geomecánica del tajo noreste, Estación 07


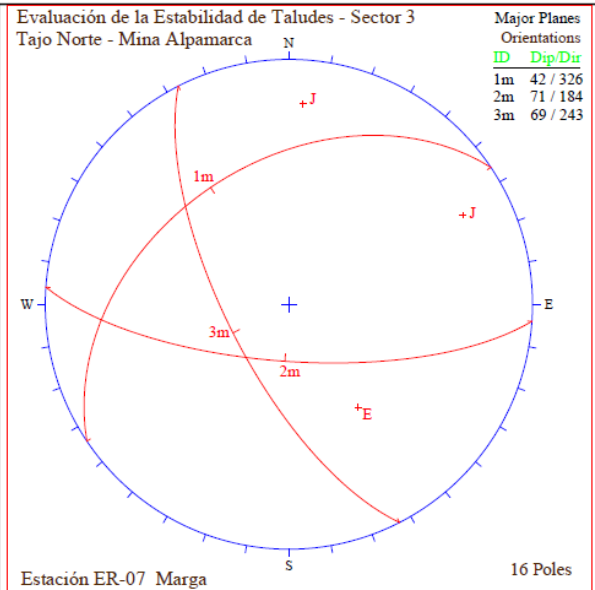
Nº ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO		UBICACION: Banco 4720			REALIZADO	FECHA	HOJA																																												
ER-07	DIR. BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	COORDENADAS: N:	E:	COTA:	AV / RZ	13 / 11 / 2019	7 de 9																																												
	N 50°E	65°SW	0	40 m	8,759,708	341,593	4,720 msnm																																															
VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)																																																						
TIPO DE ROCA					RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)																																																	
Marga		100	FRECUENCIA FRACTURA N° Fract. / ml.		R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	VALORA																																											
A		%	B		RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	1 4																																											
Marga		100			ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (8)	< 0,06 (5)	3 5																																											
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO	RELLENO		COMENTARIOS																																																
	DIRECCION BUZ.	BUZAMIENTO		TIPO	ESPESOR																																																	
F	350°	36°	-	Rt, Arc	5 cm																																																	
J	175°	58°	4	Ox, Cb	< 1 mm																																																	
J	340°	48°	4	Ox, Cb	< 1 mm																																																	
E	295°	43°	4	Cb	< 1 mm																																																	
E	318°	34°	4	Ox, Cb	1 mm																																																	
J	243°	82°	3, 4	Cb	< 1 mm																																																	
J	356°	64°	3	Ox, Cb	< 1 mm																																																	
F	185°	84°	-	Ox, Cb	1 a 2 mm																																																	
J	136°	42°	4	Ox	< 1 mm																																																	
E	304°	44°	4	Ox, Cb	< 1 mm																																																	
J	296°	48°	4	Cb	2 a 3 mm																																																	
J	192°	70°	3	Cb	1 a 2 mm																																																	
EF	343°	38°	-	Arc	10 a 20 cm	Falla																																																
J	240°	68°	3, 4	Ox, Cb	< 1 mm	ondulada																																																
J	244°	70°	3, 4	Ox, Cb	< 1 mm																																																	
F	246°	58°	-	Arc, Ox	> 10 cm	Falla																																																
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 26																																																						
CLASE DE MACIZO ROCOSO																																																						
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0	III A																																													
DESCRIPCION		I Muy Buena	II Buena	III Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala																																														
ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS					ABREVIACION DE TIPO DE ROCA					RL (NUMERO DE REBOTE)																																												
J	Junta	E	Estratifi.	Mrg-Sil	Marga Silisificada	<table border="1"> <tr><td>J</td><td>RQD</td><td>J</td><td>RQD</td></tr> <tr><td>5</td><td>91</td><td>15</td><td>55</td></tr> <tr><td>6</td><td>88</td><td>16</td><td>52</td></tr> <tr><td>7</td><td>84</td><td>17</td><td>48</td></tr> <tr><td>8</td><td>81</td><td>18</td><td>44</td></tr> <tr><td>9</td><td>77</td><td>19</td><td>40</td></tr> <tr><td>10</td><td>74</td><td>20</td><td>37</td></tr> <tr><td>11</td><td>70</td><td>21</td><td>33</td></tr> <tr><td>12</td><td>66</td><td>22</td><td>29</td></tr> <tr><td>13</td><td>63</td><td>23</td><td>26</td></tr> <tr><td>14</td><td>59</td><td>24</td><td>22</td></tr> </table>					J	RQD	J	RQD	5	91	15	55	6	88	16	52	7	84	17	48	8	81	18	44	9	77	19	40	10	74	20	37	11	70	21	33	12	66	22	29	13	63	23	26	14	59	24	22
J	RQD	J	RQD																																																			
5	91	15	55																																																			
6	88	16	52																																																			
7	84	17	48																																																			
8	81	18	44																																																			
9	77	19	40																																																			
10	74	20	37																																																			
11	70	21	33																																																			
12	66	22	29																																																			
13	63	23	26																																																			
14	59	24	22																																																			
F	Falla	Ct	Contacto	-	-																																																	
ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO					<table border="1"> <tr> <th>ABREVIACION</th> <th>RANGO UCS (MPa)</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>> 2 m</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.6 - 2 m</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.2 - 0.6 m</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.06 - 0.2 m</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>< 0.06 m</td> </tr> <tr> <td>R1</td> <td>1 - 5</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>5 - 25</td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>25 - 50</td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>50 - 100</td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>100 - 250</td> </tr> <tr> <td>R6</td> <td>> 250</td> </tr> </table>					ABREVIACION	RANGO UCS (MPa)	1	> 2 m	2	0.6 - 2 m	3	0.2 - 0.6 m	4	0.06 - 0.2 m	5	< 0.06 m	R1	1 - 5	R2	5 - 25	R3	25 - 50	R4	50 - 100	R5	100 - 250	R6	> 250																					
ABREVIACION	RANGO UCS (MPa)																																																					
1	> 2 m																																																					
2	0.6 - 2 m																																																					
3	0.2 - 0.6 m																																																					
4	0.06 - 0.2 m																																																					
5	< 0.06 m																																																					
R1	1 - 5																																																					
R2	5 - 25																																																					
R3	25 - 50																																																					
R4	50 - 100																																																					
R5	100 - 250																																																					
R6	> 250																																																					
					<p>Evaluación de la Estabilidad de Taludes - Sector 3 Tajo Norte - Mina Alpamarca</p> <p>Major Planes Orientations ID Dip/Dir 1m 42 / 326 2m 71 / 184 3m 69 / 243</p>  <p>Estación ER-07 Marga 16 Poles</p>																																																	

Tabla 23: Caracterización geomecánica del tajo noreste, Estación 09

Nº ESTACION	ORIENTACIÓN DE LA CARA		TRAMO		UBICACIÓN: Banco 4720			REALIZADO	FECHA	HOJA
ER-09	N 40°W	65°SW	0	30 m	COORDENADAS: N: 8,759,641 E: 341,664 COTA: 4,720 msnm	AV / RZ	13 / 11 / 2019	9 de 9		
VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)										
TIPO DE ROCA					RANGO DE VALORES (VALOR ESTIMADO)					
A					PARAMETRO					
Marga					R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)					
%					RQD %					
100					ESPACIAMIENTO (m)					
B					CONDICION DE JUNTAS					
%					PERSISTENCIA					
Nº Fract. / ml.					ABERTURA					
					RUGOSIDAD					
					RELLENO					
					ALTERACION					
					AGUA SUBTERRANEA					
					VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 27					
					CLASE DE MACIZO ROCOSO					
					RMR					
					DESCRIPCION					
					III A					
					RL (NUMERO DE REBOTE)					
					Evaluación de la Estabilidad de Taludes - Sector 3					
					Tajo Norte - Mina Alpamarca					
					Major Planes Orientations					
					ID Dip/Dir					
					1m 89 / 227					
					2m 38 / 024					
					3m 43 / 304					
					Estación ER-09 Marga					
					13 Poles					

ABREVIAC. TIPO DE ESTRUCTURAS				ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
J	Junta	E	Estratifi.	Mrg-Sil	Marga Silificada
F	Falla	Ct	Contacto	-	-

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Clc	Calcita
Arc	Arcilla	Cz	Cuarzo
Cb	Carbonatos	Py	Pirita

ABREVIACION ESPACIAMEN.	RANGO UCS (MPa)
1 > 2 m	R1 1 - 5
2 0.6 - 2 m	R2 5 - 25
3 0.2 - 0.6 m	R3 25 - 50
4 0.06 - 0.2 m	R4 50 - 100
5 < 0.06 m	R5 100 - 250
	R6 > 250

