

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO
EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA
CHIMENEA-2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA
LOURDES EN LA U.E.A PARCOY (CONSORCIO MINERO
HORIZONTE S.A).**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

AUTOR:

Bach. MENDOZA SÁNCHEZ, JUAN CARLOS.

ASESOR:

M. Cs. Ing. GONZALES YANA, ROBERTO S.

Cajamarca - Perú

2022

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, salud, por ser mi fortaleza en todo momento y de esta forma alcanzar una importante meta, de ser ingeniero de minas.

A mi alma mater la Universidad Nacional de Cajamarca, por la preparación del conocimiento científico, y enseñanzas académicas que me brindaron. Agradezco también a mis a los docentes de la escuela académica profesional de Ingeniería de Minas de la Facultad de ingeniería, por ser mi guía en mi formación como ingeniero.

De forma muy especial agradezco al M. Cs. Ing. Roberto Gonzales Yana, por brindarme su apoyo incondicional como asesor y guiarme en esta investigación.

DEDICATORIA

Esta investigación lo dedico a mis padres María Isabel y Alfredo, en quien encontré un apoyo moral y material en todo momento quienes lograron forjar su anhelo, expresado en mi persona y son ellos quienes me dan la fuerza para continuar en lograr mis objetivos, también a mis queridos hermanos (as) que me muestran su apoyo integro que me brindan en todo momento.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA	ii
CONTENIDO	iii
LISTA DE TABLA.....	vii
LISTA FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
--------------------	---

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Teóricos	3
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	3
2.1.2 Antecedentes Nacionales.	3
2.1.3. Antecedentes Locales.....	4
2.2 Bases Teóricas.....	5
2.2.1 Evaluación Geomecánica	5
2.2.2 Criterios Geomecánicos	5
2.2.3 Clasificaciones Geomecánicas	6
2.2.4 Teoría de Sheorey (1994).....	19
2.2.5 Criterio de Rotura HOEK – BROWN.....	20
2.2.6 Tabla de Soporte Prácticas Minero (SPM).....	23
2.2.7 Factor de Seguridad.....	24

	Pág.
2.2.8 Sostenimiento.....	25
2.2.8.1 Tipos de Sostenimiento.....	26
2.2.9 Realización de Chimeneas.....	29
2.3 Definición de Términos Básicos.....	30

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y Accesibilidad de la Investigación.....	32
3.1.1 Ubicación Geográfica.....	32
3.1.2 Accesibilidad.....	32
3.1.3 Hidrografía.....	32
3.2 Metodología de la Investigación.....	33
3.2.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.....	33
3.2.2 Población de Estudio.....	33
3.2.3 Muestra.....	33
3.2.4 Unidad de Análisis.....	33
3.2.5 Identificación de variables.....	33
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.3.1 Técnicas.....	34
3.3.2 Instrumentos, materiales y equipos.....	34
3.4 Procedimiento.....	35
3.4.1 Etapa preliminar.....	35
3.4.2 Etapa de recolección de datos.....	36
3.4.3 Etapa de gabinete.....	36
3.5 Geología.....	36
3.5.1 Geología Regional.....	36

	Pág.
3.5.1.1 Batolito de Pataz	37
3.5.1.2 El Complejo del Maraón (Pe-cm)	38
3.5.1.3 Formación Contaya (O-c).....	38
3.5.1.3 Grupo Ambo (Ci-a).....	38
3.5.1.4 Volcánicos (CsP-v)	39
3.5.1.5 Grupo Pucará (TrJi-p)	39
3.5.1.6 Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	39
3.5.1.7 Formación Crisnejas (Ki – cr).....	39
3.5.1.8 Formación Chota (KsP – ch).....	39
3.5.1.9 Depósitos Cuaternarios (Qr – al).....	40
3.5.2 Geología local	41
3.5.3 Geología estructural	42
3.6 Geomecánica	43
3.6.1 Estación Geomecánica P-01.....	44
3.6.2 Estación Geomecánica P-02.....	48
3.6.3 Estación Geomecánica P-03.....	52
3.6.4 Estación Geomecánica P-04.....	56
3.6.5 Estación Geomecánica P-05.....	60
3.7 Sostenimiento.....	79
3.8 Proceso Constructivo con equipo alimak.....	86
3.9 Trabajo de Operación	90

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de Resultados	93
4.1.1 Evaluación Geotécnica.....	93

	Pág.
4.1.2 Determinación de los parámetros geomecánicos	93
4.1.3 Análisis de la evaluación Geomecánica	93
4.1.4 Estabilidad de labores (Sostenimiento)	94

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	99

LISTA DE TABLA

	Pág.
Tabla 2.1 Calidad del macizo rocoso según el índice RQD de Deere (1968).....	7
Tabla 2.2 Clasificación Geomecánica de Bieniawski RMR89.	9
Tabla 2.3 Corrección por orientación de discontinuidades	10
Tabla 2.4 Características geotécnicas del macizo rocoso.	10
Tabla 2.5 Orientación de las discontinuidades.....	10
Tabla 2.6 Calidad del macizo rocoso en relación al Índice RMR89.....	10
Tabla 2.7 Valores de Índice de Diaclasado según Barton y Grimstad (1994).	13
Tabla 2.8 Valores Índice de Rugosidad Discontinuidades según Barton y Grimstad (1994). 13	
Tabla 2.9 Valores de Índice de Alteración de diaclasas según Barton y Grimstad (1994).	14
Tabla 2.10 Valores factor de Reducción agua en diaclasas según Barton y Grimstad(1994)..	15
Tabla 2.11 Valores de factores de reducción de tensiones según Barton y Grimstad (1994)..	15
Tabla 2.12 Clasificación Q de Barton, según Barton, Lien y Lunde, (1974).....	17
Tabla 2.13 Valores de ESR (Barton y Grimstad, 1994).....	23
Tabla 2.14 FS recomendado según el plazo estabilidad.....	25
Tabla 2.15 Tipo de sostenimiento según el RMR89 de la roca.....	26
Tabla 2.16 Dosificación del Shotcrete.	27
Tabla 3.1 Coordenadas de la concesión y límites de la Unidad Parcoy CMH.....	32
Tabla 3.2 Distancias en tiempos promedios, desde la ciudad de Lima y Trujillo.....	32
Tabla 3.3 Operacionalización de variables.	34
Tabla 3.4 Clasificación RMR89, punto Geomecánica P-01.	45
Tabla 3.5 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P-01.	46
Tabla 3.6 Sistema de discontinuidades del tramo P-02.....	49
Tabla 3.7 Clasificación RMR89, punto Geomecánica P-02.	49

	Pág.
Tabla 3.8 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P2.....	50
Tabla 3.9 Clasificación RMR89, punto Geomecánica P-03.	53
Tabla 3.10 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P-03.	54
Tabla 3.11 Clasificación del Q de Barton, punto Geomecánica P-04.....	57
Tabla 3.12 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P-04.	58
Tabla 3.13 Clasificación RMR89, punto Geomecánica P-05.	61
Tabla 3.14 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P-05.	62
Tabla 3.15 Resumen de calidad de macizos rocosos, RMR89. P-01 al P-05.....	64
Tabla 3.16 Resumen de datos RMR ₈₉ y GSI.....	64
Tabla 3.17 Resumen de datos de las estaciones Geomecánicas.....	80
Tabla 3.18 Resumen del sostenimiento en base a resultados	86

LISTA FIGURAS

Figura 2.1 Valores para la resistencia a la compresión uniaxial.	11
Figura 2. 2 Valores para el RQD.....	11
Figura 2.3 Valores para el espaciado.	12
Figura 2.4 Estimación del Índice de Resistencia Geológica	18
Figura 2.5 Relación la tensión horizontal media y la tensión vertical fun. de la profundidad. 20	
Figura 2.6 Guía para estimar el Factor de Alteración (D).....	22
Figura 2.7 Diseño de sostenimiento en labores mineras SPM.	24
Figura 3.1 Mapa Geológico de la región de Pataz, unidades litológicas y asientos mineros... 37	
Figura 3.2 Columna Lito-Estratigráfica de la Región de Pataz,.....	40
Figura 3.3 Proyección estereográfica de estación P-01 genera caída de rocas por gravedad. .47	

Figura 3.4 Proyección estereográfica de estación P-02 genera caída de rocas por gravedad. .	51
Figura 3.5 Proyección estereográfica de estación P-03 genera caída de rocas por gravedad. .	55
Figura 3.6 Proyección estereográfica de estación P-04 genera caída de rocas por gravedad. .	59
Figura 3. 7 Proyección estereográfica de estación P-05 genera caída de rocas por gravedad.	63
Figura 3.8 Envolvente curva de Hoek-Brown y lineal de Morh-Coulomb en Estación P-01..	65
Figura 3.9 Envolvente curva de Hoek-Brown y lineal de Morh-Coulomb en Estación P-02..	66
Figura 3.10 Envolvente curva de Hoek-Brown y lineal de Morh-Coulomb en Estación P-03	67
Figura 3.11 Envolvente curva de Hoek-Brown y lineal de Morh-Coulomb en Estación P-04	68
Figura 3.12 Envolvente curva de Hoek-Brown y lineal de Morh-Coulomb en Estación P-05	69
Figura 3.13 Estado tenso-deformacional del nivel Cx-2226 en Estación P-01.....	70
Figura 3.14 Factor de seguridad del Nivel Cx-2226 en Estación P-01.....	71
Figura 3.15 Estado tenso-deformacional del nivel Cx-2226 en Estación P-02.....	72
Figura 3.16 Factor de seguridad del Nivel Cx-2226 en Estación P-02.....	73
Figura 3.17 Estado tenso-deformacional de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-03.....	74
Figura 3.18 Factor de seguridad de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-03.....	75
Figura 3.19 Estado tenso-deformacional de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-04.....	76
Figura 3.20 Factor de seguridad de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-04.....	77
Figura 3.21 Estado tenso-deformacional de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-05.....	78
Figura 3.22 Factor de seguridad del de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-05.....	79
Figura 3.23 Sostenimiento según la Tabla SPM. Estación Geomecánica P-01.	81
Figura 3.24 Sostenimiento según la Tabla SPM. Estación Geomecánica P-02.	82
Figura 3.25 Sostenimiento según la Tabla SPM. Estación Geomecánica P-03.	83
Figura 3.26 Sostenimiento según la Tabla SPM. Estación Geomecánica P-04	84
Figura 3.27 Sostenimiento según la Tabla SPM. Estación Geomecánica P-05.	85

LISTA FOTOS

	Pág.
Foto 3.1 Estación Geomecánica P – 01	45
Foto 3.2 Estación Geomecánica P – 02.....	48
Foto 3.3 Estación Geomecánica P – 03, con sostenimiento.....	52
Foto 3.4 Estación Geomecánica P – 04, Sostenimiento con pernos y sostenimiento.	56
Foto 3.5 Estación Geomecánica P – 05	60
Foto 3.6 Equipos de construcción de chimeneas Alimak.....	86
Foto 3.7 Equipos de construcción de chimeneas Alimak (Jaula).....	87
Foto 3.8 Equipos Alimak (Transportando arcos de acero).....	87
Foto 5.1 Plataforma del equipo Alimak en labor – 2226.....	101
Foto 5.2 Toma de datos en la Chimenea CH - 2226	101
Foto 5.3 Tabla geomecánica y tipo de sostenimiento Unida Minera – CMH.....	102
Foto 5.4 Roca Granodiorita	103

LISTA DE ABREVIATURAS

FS	: Factor de Seguridad.
Fm.	: Formación.
WGS-84	: Sistema Geodésico Mundial 1984.
UTM	: Universal Transversal de Mercator.
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global.
MDT	: Modelo Digital del Terreno.
MEF	: Método de Elementos Finitos.
MDE	: Modelo digital de elevaciones.
S.A.	: Sociedad Anónima.
NV.	: Nivel de excavación
H6	: Tipo de cimbra.
V6	: Versión de software
E-1	: Estación geomecánica.
Hp	: Altura de carga.
Ht	: Altura de túnel.
W1	: Peso de carga de roca.
Σc_i	: Resistencia a la compresión uniaxial.
$\sigma_{3\text{máx}}$: Tensión de confinamiento.
σ'_t	: Resistencia a la tracción
σ_1	: Esfuerzo principal mayor.
σ_3	: Esfuerzo principal menor.
α°	: Ángulo de orientación tensional.
GWh	: Gigawatts/hora
GSI	: Índice de Resistencia Geológica.
RQD	: Índice de calidad de roca.
RMR	: Valoración de la masa rocosa.
Q o NGI	: Índice de calidad de túneles.
SRF	: Factor de reducción de tensiones.
ESR	: Relación de soporte de excavación.

LISTA DE ABREVIATURAS

De	: Diámetro equivalente.
Eh	: Módulo de deformación en dirección horizontal.
z	: Profundidad.
GPa	: Gigapascales.
mi	: Constante roca intacta.
mb	: Constante para macizo rocoso.
s, a	: Constantes del macizo rocoso.
C	: Cohesión.
φ	: Ángulo de Fricción.
Ei	: Módulo de deformación de laboratorio de la matriz rocosa.
Em	: Módulo de deformación.
λ	: Número de discontinuidades
m o k	: Coeficiente de reparto de tensiones.
m ²	: Metros cuadrados.
mm.	: Milímetros.
Kh	: Tensiones horizontales.
Ks	: Tensiones verticales.
msnm.	: Metros sobre el nivel del mar.
CMH	: Consorcio Minero Horizonte
CH	: Chimenea

RESUMEN

La Compañía Consorcio Minero Horizonte (CMH), está ubicada en el distrito de Parcoy, provincia de Patate, departamento de La Libertad. Viene realizando sus operaciones en los yacimientos de la Unidad Minera de Parcoy, para optimizar su ventilación, se ve con la necesidad de realizar la construcción de la chimenea CH – 2226 que tiene una sección de 2.5 m. X 2.5 m; tiene una longitud de 210 m; con un azimut 228.42° e inclinación 90°, en el proceso de construcción se encontraron con un tipo de roca muy fracturada, además del flujo de agua subterránea generando inestabilidad geomecánica de la labor en construcción. Por lo que es prioridad en este proyecto realizar la evaluación y analizar el comportamiento Geomecánico del macizo rocoso y determinar el sostenimiento. El objetivo de la investigación es determinar la evaluación geomecánica del macizo rocoso en la construcción y sostenimiento de la chimenea-2226, por el método RAISE CLIMBER mina Lourdes en la U.E.A Parcoy (Consorcio Minero Horizonte S.A). para la cual se ubicaron 5 estaciones para determinar la evaluación según el RMR₈₉ de Bieniawski y GSI, además apoyados en los softwares DIPS v6.0, RocData v5.0 y Phase2 v 8.0. Las estaciones P-01 y P-02, se clasifican como tipo IV-A mala y las estaciones P-03, P-04 y P-05 se tiene al pito de roca IV–A mala por el fracturamiento y la presencia de agua en la chimenea. Por lo que determinado sostenimiento según la Tabla de Soporte Práctico Minero muestra que se debe utilizar pernos de anclaje 2.40 m de longitud con resina, espaciados 1.0 m X 1.0 m más malla electrosoldada y shotcrete de 5 cm en las dos primeras estaciones y en las siguientes tres estaciones se colocan cimbras metálicas galvanizadas espaciadas de 0.8 a 1.0 m. con planchas metálicas acanaladas. Estos resultados aseguran el rendimiento del sostenimiento instalado en la chimenea y garantizan la operatividad durante su vida útil aproximado de 12 de años.

Palabras clave: Evaluación geomecánica, macizo rocoso, chimenea, sostenimiento, estabilidad.

ABSTRACT

The Consorcio Minero Horizonte Company (CMH) is located in the district of Parcoy, province of Pataz, department of La Libertad. has been carrying out its operations in the deposits of the Parcoy Mining Unit, to optimize its ventilation, it sees the need to carry out the construction of the CH – 2226 chimney that has a section of 2.5 m. x 2.5m; it has a length of 210 m; With an azimuth of 228.42° and inclination of 90°, in the construction process a highly fractured type of rock was found, in addition to the flow of groundwater with geomechanical instability of the work under construction. Therefore, it is a priority in this project to carry out the evaluation and analyze the geomechanical behavior of the rock mass and determine the support. The objective of the research is to determine the geomechanical evaluation of the rock mass in the construction and support of the chimney-2226, by the RAISE CLIMBER method, Lourdes mine in the U.E.A Parcoy (Consorcio Minero Horizonte S.A). for which 5 were located to determine the evaluation stations according to the RMR89 of Bieniawski and GSI, also supported by the DIPS v7.0, RocData v5.0 and Phase2 v 8.0 software. The P-01 and P-02 stations are classified as type IV-A bad and the P-03, P-04 and P-05 stations have a very bad V rock whistle due to fracturing and the presence of water in Fireplace. Therefore, determined support according to the Table of Practical Mining Support shows that 2.40 m long anchor bolts with resin must be used, spaced 1.0 m X 1.0 m plus electro-welded mesh and 5 cm shotcrete in the first two stations and in the following ones. three stations are placed galvanized metal falsework spaced from 0.8 to 1.0 m. with corrugated metal plates. These results ensure the performance of the support installed in the chimney and guarantee the operation during its useful life of approximately 12 years.

Keywords: Geomechanical evaluation, rock mass, chimney, support, stability.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el yacimiento metálico de la Mina Lourdes en la U.E.A Parcoy de la mina Consorcio Minero Horizonte S.A., se tiene mineralización aurífera, en las vetas del yacimiento de consorcio minero horizonte, del Batolito de Pataz, región La Libertad, al norte del Perú, La principal característica de las vetas son típicamente mesotermales (orogénicas) constituidas por relleno de fractura donde prima la asociación cuarzo – pirita – oro, así como otros minerales asociados en menor magnitud como clorita, sericita, calcita, ankerita, galena y esfalerita en su roca caja de Granodiorita.

Los sistemas de vetas son variados y complejos por lo cual construcción y sostenimiento de chimeneas en la zona de debilidad Geomecánica, disminuyendo su factor de seguridad y las discontinuidades. bastante humedad e infiltración, parámetros que provocan la disminución de la resistencia en las discontinuidades, generando un entorno de inestabilidad Geomecánica que deben ser valoradas mediante una evaluación Geomecánica.

Por lo cual se tiene al problema principal y se plantea la siguiente interrogante. ¿cuál es la evaluación geomecánica del macizo rocoso en la construcción y sostenimiento de la Chimenea-2226, por el método RAISE CLIMBER mina Lourdes en la U.E.A Parcoy (Consorcio Minero Horizonte S.A).? y también, se tiene a la hipótesis para esta investigación: La inestabilidad en la construcción y sostenimiento de la Chimenea-2226, por el método RAISE CLIMBER mina Lourdes en la U.E.A Parcoy (Consorcio Minero Horizonte S.A). es originada por la precipitación, infiltración y sismicidad, las cuales afectan las condiciones litológicas, Geoestructurales, geomecánicas, hidrológicas e hidrogeológicas.

La justificación de la tesis busca relacionar la realización de la explotación las vetas típicamente Mesotermales (orogénicas), sin embargo, no se logró encontrar estudios Geomecánicos para definir el sostenimiento, por consiguiente, no se tiene un control del comportamiento Geomecánico de las chimeneas. Además, verificamos que no hay un sostenimiento adecuado, por lo tanto, es importante realizar este estudio para lograr la estabilidad y evitar zonas de peligro y riesgo, por parte de los trabajadores además contribuye con una mejora continua en la optimización de operaciones: como son costos, tiempo de ejecución por el avance de perforación.

El objetivo general de la investigación es determinar la evaluación geomecánica del

macizo rocoso en la construcción y sostenimiento de la chimenea-2226, por el método RAISE CLIMBER mina Lourdes en la U.E.A Parcoy (Consortio Minero Horizonte S.A). Teniendo como objetivos específicos son determinar la litología y las Geoestructuras en el yacimiento metálico; determinar los parámetros Geomecánicos dando valoraciones a la chimenea 2226 de sus estructuras principales; determinar las zonas críticas usando el método en la construcción de chimeneas Raise Climber de la chimenea 2226 en el yacimiento metálico; con esto proponer sostenimientos en las zonas críticas de la chimenea 2226.

El orden de los capítulos de la investigación de la siguiente manera: Capítulo II. Marco teórico: Contiene los antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos. Capítulo III. Está constituido por la ubicación geográfica y política donde se ha desarrollado la investigación comprende: accesibilidad, clima; metodología, población de estudios, muestra, unidad de análisis; Identificación de variables y técnicas, instrumentos y descripción de equipos para la recolección de datos y la descripción del procedimiento; Tratamiento y análisis de datos y representación de resultados (estadístico descriptivo) que se utilizó y como se representarán los resultados. Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados: Se analiza y discute los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados. Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones. Adicionalmente se dan las recomendaciones finales. Y se finaliza con las referencias bibliográficas consultadas, y Anexos.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes teóricos

2.1.2 Antecedentes internacionales.

Barbosa (2021), aporta con su investigación, “Handbook de Geomecánica para la pequeña minería y la minería artesanal de Chile”. Tiene con objetivo identificar factores Geomecánicos relevantes para la elaboración de la metodología de evaluación del macizo rocoso, desarrollar una metodología simple de evaluación del macizo rocoso susceptible de aplicar por los pequeños mineros en sus respectivas minas, y entregar la propuesta final de contenidos para el Handbook. concluye según las estadísticas de 2020, las dos categorías más grandes, la Mediana Minería y la Gran Minería, aportan cerca del 99% de la producción de minerales metálicos y, por tanto, la Pequeña Minería y la Minería Artesanal, menos del 1%. No obstante, el rol de estas dos menores categorías es fundamental en Chile, ya que cumplen un rol social clave, puesto que se desarrollan en zonas donde la única actividad económica relevante es la minería.

González (2016), Proponen una técnica que usa la inspección mediante Borehole Camera para estimar el estado de esfuerzo mediante el grado de sobre excavación Rf/a observada en tiros de monitoreo de pilares ubicados en el sector de producción de mina Pilar Norte, llegando a la conclusión que la relación lineal $Rf/a = 0,40 \times \sigma_{\text{máx}}/\sigma_c + 0,68$ representa el daño tipo “limón” observado en los tiros de auscultación a escala pilar.

Azuarte (2004), tesis de grado “Caracterización geológica y geomecánica de los macizos rocosos de la sección Guatire – Caucagua de la autopista Rómulo Betancourt, estado Miranda” presentado a la Universidad Central de Venezuela, en cuyas conclusiones indica que todas estas clasificaciones son congruentes entre sí sobre el tipo de macizo que se ha caracterizado.

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

Palacios (2020), aporta con la investigación. “Evaluación geomecánica de la masa rocosa para la explotación del tajo 6380 NV. 2910 Compañía Minera Poderosa – 2020”. Teniendo como objetivo determinar los resultados de la evaluación geomecánica de la masa rocosa para la explotación del tajo 6380 Nv.2910 compañía minera Poderosa – 2020, Realizar

la zonificación geomecánica del macizo rocoso para la explotación del tajo 6380. La investigación de tipo aplicada por que se aplica conocimientos básicos, de nivel explicativo porque explica los resultados Geomecánicos. Se concluye que las propiedades físicas y mecánicas de la roca intacta y del macizo rocoso para la exploración del tajeo 6380 del nivel 2910, de acuerdo a los datos obtenidos por el muestreo Geomecánico, se establece que el macizo rocoso se encuentre: entre mala a regular con una valoración total RMR está entre 35 a 55 puntos, cuya descripción de la clase de macizo rocoso es de Mala IV - B, Regular III - A; los datos obtenidos para la densidad es de 2.7 t/m³, el esfuerzo vertical es de 23.90 Mpa, mientras que el valor del esfuerzo horizontal se 7.52 MPa.

Tacuri (2017), aporta con la investigación. “Evaluación Geomecánica del macizo rocoso para la aplicación del sostenimiento en la mina Hércules – Cia Minera Lincuna S.A” tiene como objetivo determinar el estado Geomecánica del macizo rocoso de la Mina Hércules, caracterizar Geomecánicamente los tramos de chimeneas, galería y rampas para saber la clase de roca, los estados tensionales y su estabilidad durante la construcción y el tiempo de servicio. La investigación es de tipo aplicada, con nivel explicativo por los hechos y fenómenos que son sometidos a un experimento de estudio de campo. Llegando a la conclusión que Conforme a la aplicación de sistemas Geomecánicos el RMR del macizo rocoso en el nivel 4300 está comprendido entre 21 a 75 y el Q entre 3 a 9. Además, teniendo en cuenta el proceso constructivo y el RMR hallado, las rocas a su vez se clasifican en roca tipo I, II, III y IV respectivamente. y de acuerdo a la clasificación Geomecánica GSI, las rocas existentes en el nivel 4300 de la Mina Hércules, tienen calidad: buena (RMR >70) regular (RMR=51 a 70), calidad mala (RMR=21-40).

2.1.3. Antecedentes locales.

Carranza y Quispe (2015), aporta con la investigación. “Mejoramiento en el diseño de chimeneas en minería subterránea con el uso del sistema PEM en la unidad de producción minera Troy SAC”. Se tiene como objetivo mejorar el diseño de chimeneas en minería subterránea, con el sistema (PEM), en la unidad de producción minera Troy SAC., demostrar que la ejecución de chimeneas con el sistema PEM (Plataformas y escaleras metálicas) es más versátil y de menor costo en relación al método convencional con madera.

Córdova (2014), Una de las herramientas principales para conocer el comportamiento de los macizos rocosos, son los estudios geomecánicos, los cuales ayudan a conocer las características e inferir el comportamiento de estas en relación con sus esfuerzos, conforme se avanza una excavación.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Evaluación Geomecánica

Los procedimientos aplicables para la explotación mineralizada se realizan construcciones para su extracción del mineral a partir del punto de vista Geomecánico. Esta evaluación involucra un diagnóstico de la situación in situ presentando los procedimientos de explotación, la revisión de los indicadores, la identificación de las limitaciones a la “productividad y rentabilidad de los procedimientos en la actualidad aplicados”. Después con base al estudio de condiciones “geológicas y geomecánicas” que presentan las construcciones mineralizadas de labores como galerías, chimeneas, piques, chutes en niveles y subniveles en un ámbito físico (cajas de vetas) se realiza una selección conceptual de los procedimientos a partir del punto de vista “Geomecánico” orientados hacia la mejora del minado. (Aliaga & Huincho, 2022).

2.2.2 Criterios Geomecánicos

Los encargados, los propietarios y la alta dirección de una mina subterránea esperan que el sistema de explotación a ser usado reúna y cumpla con las necesidades fundamentales de estabilidad, recuperación de mineral, retorno de capital, medio ambiente y responsabilidad social. Por esta razón, los criterios Geomecánicos que se empleen para su desarrollo de la explotación subterránea cumplan un papel fundamental, y sus necesidades tienen que realizarse en la política corporativa. Esto ocurrirá, previo al realizarse el diseño de explotación, estas tienen que estar alineadas con los criterios Geomecánicos, geotécnicos específicos de diseño, operación y cierre del proyecto. (Aliaga & Huincho, 2022)

Los criterios Geomecánicos que se debe tener en cuenta en el desarrollo de un un plan minero o planeamiento minado son los se presentan a continuación.

Criterios Geomecánicos para el diseño

Uso de la excavación minera

Factor de seguridad y/o probabilidad de falla.

Área de influencia

Normas técnicas aplicables.

Criterios Geomecánicos durante la construcción y operación

Estándares constructivos.

Especificaciones técnicas.

Técnicas de construcción y explotación.

Mapeo, instrumentación y monitoreo.

Criterios Geomecánicos para el cierre de minas

Durabilidad, monitoreo y mantenimiento.

2.2.3 Clasificaciones Geomecánicas

Según lo expresado por González de Vallejo (2002), la clasificación de los macizos rocosos tiene su finalidad de obtener parámetros geomecánicos para su empleo en el diseño y proyecto de obras de ingeniería en este caso minero. Estas clasificaciones aportan mediante la observación directa de las características de los macizos rocosos y la realización de ensayos, índices de calidad relacionados con los parámetros Geomecánicos del macizo rocoso y sus características frente a los sostenimientos de túneles y taludes, chimeneas.

Las características de los macizos rocosos que vamos utilizar en las distintas clasificaciones geomecánicas son las que se citan a continuación:

Resistencia del material rocoso.

Índice RQD.

Espaciado de las discontinuidades.

Orientación de las discontinuidades.

Condiciones de las discontinuidades.

Estructura geológica y fallas.

Filtraciones y presencia de agua.

Estado tensional.

Las clasificaciones geomecánicas más utilizadas en la actualidad son la RMR de Bieniawski y la Q de Barton. La primera se emplea tanto para la caracterización de los macizos rocosos y sus propiedades como para su aplicación en túneles. La clasificación Q se emplea casi exclusivamente para túneles, chimeneas al igual que la clasificación SRC. Estas clasificaciones geomecánicas nos permite utilizar el tipo de sostenimiento a emplear en las labores subterráneas. (González de Vallejo, 2002)

○ **Índice De Calidad De Roca (RQD, 1964)**

El Índice RQD (Rock Quality Designation), es una clasificación geomecánica que nos indica el grado de fracturamiento y clasifica el macizo rocoso en diferentes grados de calidad, que nos muestra la frecuencia lineal de discontinuidades. Este índice se utiliza como parámetro para las clasificaciones geomecánicas RMR de Bieniawski y Q de Barton.

Para el RQD se encuentra calculando la siguiente expresión es:

$$RQD = 115 - 3.3 * j_v \dots\dots\dots Ecuación (1)$$

$$\text{Para } J_v < 4,5 \quad RQD = 100 \dots\dots\dots Ecuación (2)$$

Donde J_v está definido como cantidad de diaclasas por m^3 .

O también se puede aplicar la siguiente expresión:

$$RQD = 100 \cdot e^{-0.1\lambda} \cdot (0.1\lambda + 1) \dots\dots\dots Ecuación (3)$$

$$\lambda = \text{Número de } \frac{\text{discontinuidades}}{\text{longitud (metros)}}$$

Tabla 2.1 Calidad del macizo rocoso según el índice RQD de Deere (1968).

RQD (%)	Calidad
<25	Muy mala
25 – 50	Mala
50 – 75	Media
75 – 90	Buena
90 – 100	Muy buena

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004).

Las clasificaciones geomecánicas que vamos a utilizar en este estudio son los sistemas RMR y GSI, que se utiliza exclusivamente en túneles, pero en esta ocasión utilizaremos en chimeneas. Estas dos clasificaciones geomecánicas lo emplearemos y nos permitirán en determinar el tipo de sostenimiento a emplear en la excavación subterránea.

- **Calidad del Macizo Rocoso (RMR, 1989)**

Desarrollado por Bieniawski en 1973 con actualizaciones en 1979 y 1989. Esta clasificación nos permite relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo rocoso y sostenimiento en túneles.

Este método es aplicado con valoración correspondiente de cada uno de sus seis parámetros. El factor depende de la orientación de las discontinuidades y adquiere valores negativos, toma valores diferentes para túneles, chimeneas, cimentaciones y taludes. El resultado del índice final RMR nos da al sumar los seis parámetros, que varía entre 0 y 100 y se divide en cinco clases de roca, donde el valor 100 nos indica que la roca es de muy buena calidad, y el valor 0 nos indica que la roca es de muy mala calidad.

Los parámetros para el cálculo del RMR son:

1. Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
2. Grado de fracturación en términos del RQD.
3. Espaciado de las discontinuidades.
4. Condiciones de las discontinuidades, que incluye:
 - a. Longitud de las discontinuidades.
 - b. Abertura.
 - c. Rugosidad.
 - d. Relleno.
 - e. Alteración.
5. Condiciones hidrogeológicas.
6. Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

Considerando lo expresado por González de Vallejo (2004), para realizar la clasificación RMR el macizo rocoso es dividido en tramos que presenten características geológicas uniformes de acuerdo con las observaciones realizadas en campo, en las que se lleva a cabo la toma de datos de los seis parámetros antes mencionados que al finalizar se dará un estimado del RMR para cada tramo.

Tabla 2.2 Clasificación Geomecánica de Bieniawski RMR89.

1	Resistencia de la matriz	Ensayo de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión		
	rocosa (Mpa)	compresión Simple	> 250 R6	250 - 100 R5	100 - 50 R4	50 - 25 R3	Simple (Mpa)		
							25 - 5 R2	5 - 1 R1	< 1 R0
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m.	0.6 - 2 m.	0.2 - 0.6 m.	0.06 - 0.2 m.	< 0.06 m.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m.		
		Puntuación	6	5	3	2	0		
		Abertura	Nada	< 0.1	0.1 - 1.0 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugoso	Ligeramente Rug.	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm.	Relleno duro > 5 mm.	Relleno blando < 5 mm.	Relleno blando > 5 mm.		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Alterada	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 100 m de túnel	Nula	< 10 litros/min.	10 - 25 litros/min.	25 - 125 litros/min.	> 125 litros/min.		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		

Fuente: González de Vallejo (2004)

Tabla 2.3 Corrección por orientación de discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentación	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: González de Vallejo (2004).

Tabla 2.4 Características geotécnicas del macizo rocoso.

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de mantenimiento y longitud	10 años con 15 m. de vano	6 meses con 8 m. de vano	1 semana con 5 m. de vano	10 horas con 2.5 de vano	30 minutos con 1 m. de vano
Cohesión	> 4Kp/cm ²	3-4Kp/cm ²	2-3Kp/cm ²	1-2Kp/cm ²	<1Kp/cm ²
Ángulo de rozamiento	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

Fuente: González de Vallejo (2004).

Tabla 2.5 Orientación de las discontinuidades.

Dirección perpendicular al eje del túnel		Excavación contra buz.		Dirección paralela al eje del túnel		Buz. 0° - 20° cualquier dirección
excavación con buz.						
Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°	Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°	Buz. 45°-90°	Buz. 20°-45°	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorables	Media	Desfavorable

Fuente: González de Vallejo (2004).

Por último, el índice RMR se obtiene al realizar la suma de los seis parámetros. Dependiendo del estado de las características mencionadas anteriormente, por ende, una puntuación determinada y conseguirán unos valores, que se situarán entre 0 y 100 (Sánchez, 2003).

Tabla 2.6 Calidad del macizo rocoso en relación al Índice RMR89.

Clases	Calidad	Valoración RMR89	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy buena	81 – 100	> 4 kg/ cm ²	> 45°
II	Buena	61 – 80	3 – 4 Kg/ cm ²	35° - 45°
III	Media	41 – 60	2 – 3 Kg/ cm ²	25° - 35°
IV	Mala	21 – 40	1 – 2 Kg/ cm ²	15° - 25°
V	Muy mala	< 20	< 1 kg/ cm ²	< 15°

Fuente: González de Vallejo (2004).

Curvas de correlación

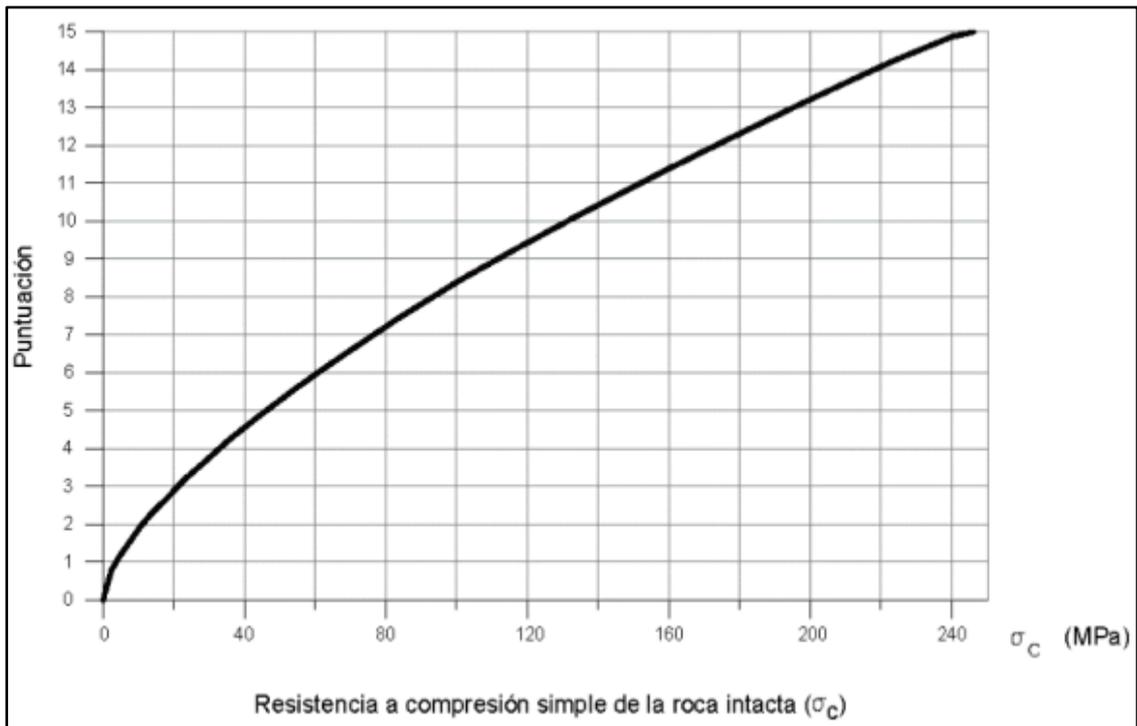


Figura 2.1 Valores para la resistencia a la compresión uniaxial.

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004).

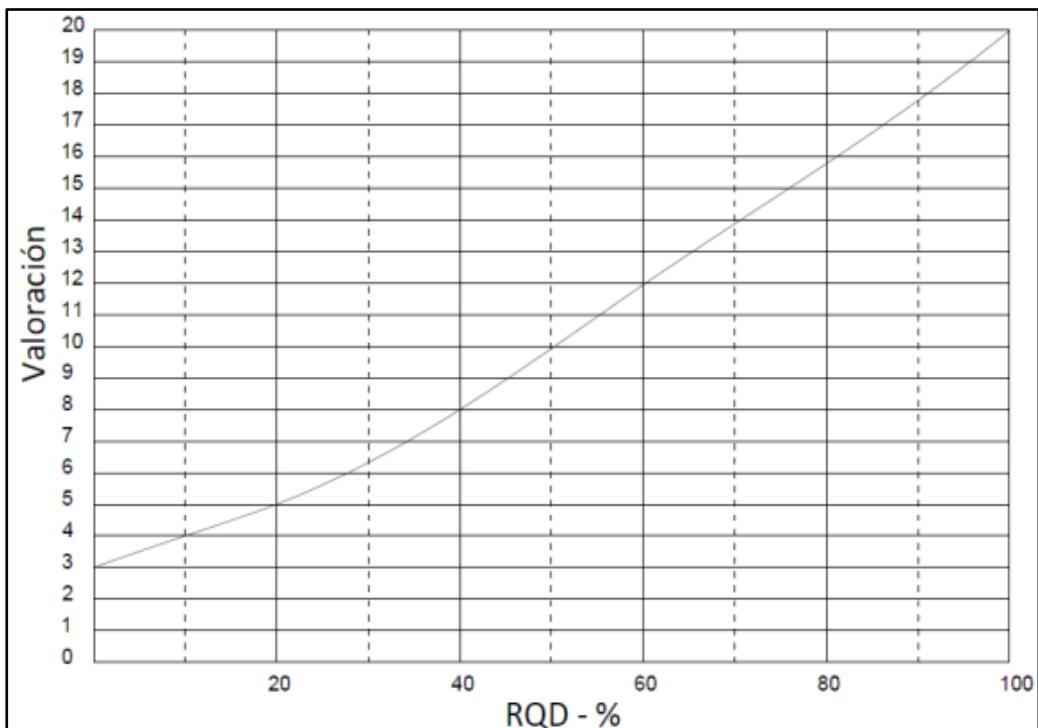


Figura 2.2 Valores para el RQD.

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004).

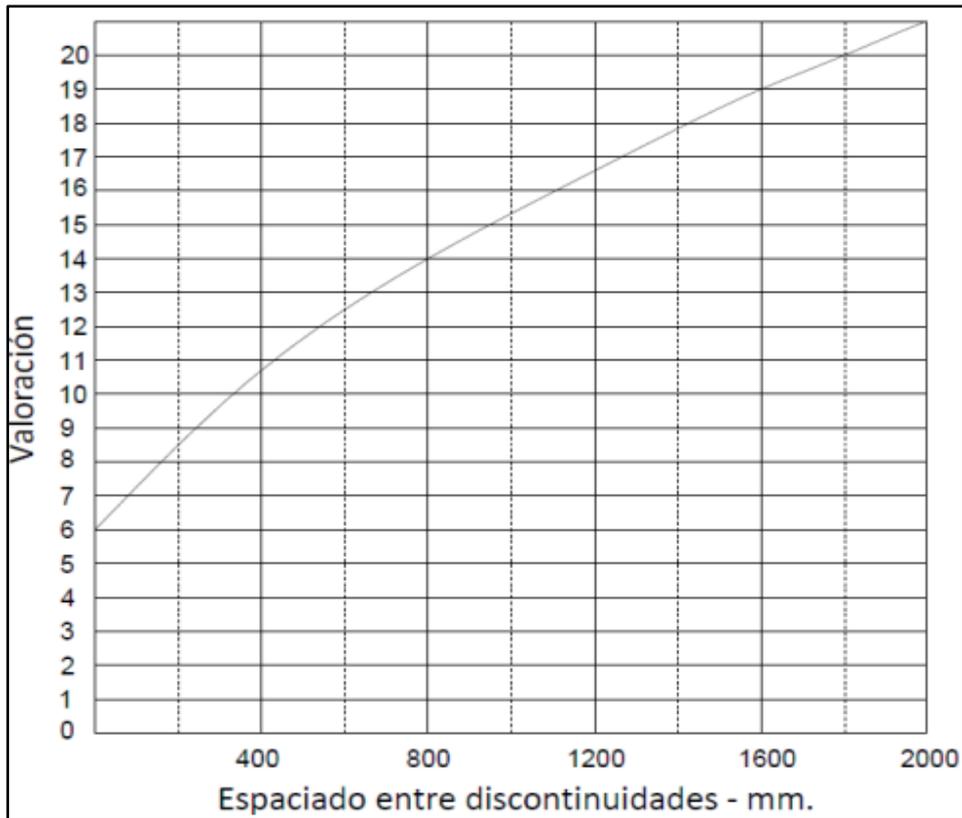


Figura 2.3 Valores para el espaciado.
Fuente: Gavilanes y Andrade (2004).

○ **Índice Q (Barton, 1974)**

El índice de Q, también se le conoce como Índice de Calidad de Túneles (NGI), desarrollada por Barton, Lien y Lunde en 1974, este sistema de clasificación del macizo rocoso nos permite estimar el sostenimiento de túneles en función del índice Q de calidad geotécnica, definido como:

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n}\right) \cdot \left(\frac{J_r}{J_a}\right) \cdot \left(\frac{J_w}{SRF}\right) \dots \dots \dots \text{Ecuación (4)}$$

Los seis parámetros que definen estos cocientes son:

1. RQD: Índice de Calidad de Roca.

El índice RQD propuesto por Deere en 1964 cuyo significado es “rock Quality Designation”, que estable un valor cuantitativo de la resistencia del macizo (Salcedo,2019). Descrito y dado valores anteriormente.

2. Jn: Un coeficiente asociado al número de familias de diaclasas presentes en el macizo rocoso.

Tabla 2.7 Valores de Índice de Diaclasado según Barton y Grimstad (1994).

2. Número de familias de diaclasas	Jn
A. Masivo, sin o con pocas diaclasas	0,5 – 1.0
B. Una familia de diaclasas	2
C. Una familia de diaclasas + una aislada	3
D. Dos familias de diaclasas.	4
E. Tres familias de diaclasas	6
F. Tres familias de diaclasas	9
G. Tres familias de diaclasas + una aislada	12
H. Cuatro o más familias de diaclasas	15
I. Rocas trituradas, terregal	20

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004).

3. Jr: Coeficiente asociado a la rugosidad de las diaclasas presentes en el macizo rocoso.

Tabla 2.8 Valores Índice de Rugosidad Discontinuidades según Barton y Grimstad (1994)

3. Número de familias de diaclasas	Jn
a. Contacto en las paredes	
b. Contacto en las paredes antes del cizalleo de 10 cm.	
A. Diaclasa sin continuidad	4
B. Rugosas o irregulares, onduladas	3
C. Ondulación suave	2
D. Reliz de falla o superficie de fricción ondulada.	1.5
E. Rugosas o irregulares pero planas	1.5
F. Lisas y planas	1.0
G. Reliz de falla o superficie de fricción plana	20
c. sin contacto de roca depues del cizalleo	
H. Zona que contiene minerales arcillosos de espesor suficiente para impedir el contacto de paredes.	1.0
I. Zona arenosa, de grava o de roca tributaria de espesor suficiente para impedir el contacto de paredes	1.0

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004).

4. Ja: Coeficiente asociado a la condición o grado de alteración de las diaclasas presentes en el macizo rocoso.

Tabla 2.9 Valores de Índice de Alteración de diaclasas según Barton y Grimstad (1994).

4. Número de alteración de las diaclasas.	Ja	Ángulo de fricción
a) Contacto en las paredes de la roca.		
A. Relleno soldado, duro, inablandable, relleno impermeable.	0,75	
B. Paredes inalteradas, solo con manchas de superficie.	1,0	25 ⁰ -35 ⁰
C. Paredes ligeramente alteradas, con recubrimiento de minerales inablandables, partículas arenosas, roca triturada sin arcilla.	2,0	25 ⁰ -30 ⁰
D. Recubrimientos limosos o arena arcillosos, pequeñas partículas de arcilla (inablandable).	3,0	20 ⁰ -25 ⁰
E. Recubrimientos ablandables o con arcilla de baja fricción o sea caolinita o mica, clorita, talco, yeso, grafito, etc., y pequeñas cantidades de arcillas expansivas (recubrimientos sin continuidad de 1 – 2 mm de espesor o menos).	4,0	8 ⁰ -16 ⁰
b) Contacto en las paredes antes de un cizalleo de 10 cm.		
F. Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcilla.	4,0	25 ⁰ -30 ⁰
G. Rellenos de minerales arcillosos muy consolidados e inablandables (continuos < 5 mm de espesor).	6,0	16 ⁰ -24 ⁰
H. Rellenos de minerales arcillosos de consolidación media o baja, ablandables (continuos < 5 mm de espesor).	8,0	8 ⁰ -16 ⁰
I. Rellenos de arcillas expansivas, montmorillonita (continuos < 5 mm de espesor). El valor Ja depende del porcentaje de partículas expansivas y del acceso de agua.	8,0- 12,0	6 ⁰ -12 ⁰
c) Sin contacto de las paredes después del cizalleo.		
J. Zona de capa o arcilla desintegrada o triturada (véase G, H, I para condiciones de arcilla)	6,0	
K. Zona de capa o arcilla desintegrada o triturada (véase G, H, I para condiciones de arcilla)	8,0 8,0- 12,0	6 ⁰ -24 ⁰
L. Zona de capa o arcilla desintegrada o triturada (véase G, H, I para condiciones de arcilla)		
M. Zonas de capa o arcilla limosa o arenosa, pequeñas fracciones de arcilla inablandable.	5,0	
N. Zonas o capas gruesas de arcilla (véase G, H, I para condiciones de arcilla).	10,0-	
O. Zonas o capas gruesas de arcilla (véase G, H, I para condiciones de arcilla).	13,0 13,0-	6 ⁰ - 24 ⁰
P. Zonas o capas gruesas de arcilla (véase G, H, I para condiciones de arcilla).	20,0	

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004).

5. J_w : Coeficiente asociado a la condición de aguas en las diaclasas presentes en el macizo rocoso.

Tabla 2.10 Valores factor de Reducción agua en diaclasas según Barton y Grimstad(1994)

5. Factor de reducción por agua en las diaclasas.	J_w	Presión kgf/cm²
A. Excavación seca o poca infiltración, o sea < 5 lit/min localmente.	1,0	< 1,0
B. Infiltración o presión mediana con lavado ocasional de los rellenos.	0,66	1,0 – 2,5
C. Gran infiltración o presión alta en roca competente con diaclasas sin relleno.	0,50	2,5 – 10,0
D. Gran infiltración a presión alta, lavado importante de los rellenos.	0,33	2,5 – 10,0
E. Infiltración o presión excepcionalmente alta con las voladuras, disminuyendo con el tiempo.	0,2-0,1	>10
F. Infiltración o presión excepcionalmente alta en todo momento.	0,1-0,05	>10

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004).

6. SRF: Coeficiente asociado al posible efecto de condición de esfuerzos en el macizo rocoso.

Tabla 2.11 Valores de factores de reducción de tensiones según Barton y Grimstad (1994).

6. Factor de reducción de tensiones.	SRF
a) Zonas de debilidad que interceptan la excavación y que pueden ser la causa de que el macizo se desestabilice cuando se construye el túnel.	
A. Múltiples zonas de debilidad que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada, roca circundante muy suelta (cualquier profundidad).	10,0
B. Zonas de debilidad aisladas que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada (profundidad de excavación < 50 m)	5,0
C. Zonas de debilidad aisladas que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada (profundidad de excavación > 50 m).	2,5
D	7,5
E. Zonas de fractura aisladas en roca competente sin arcilla, profundidad de excavación < 50 m.	5,0
F. Zonas de fractura aisladas en roca competente sin arcilla, profundidad de excavación > 50 m.	2,5

G. Diaclasas abiertas sueltas, diaclasado intenso cualquier profundidad.	5,0		
	$\frac{\sigma_c}{\sigma_1}$	$\frac{\sigma_t}{\sigma_1}$	SRF
b) Rocas competentes, problemas de tensiones.			
H. Tensiones bajas, cerca de la superficie.	> 200	> 13	2,5
J. Tensiones de nivel medio.	200 – 10	13 – 0,66	1,0
K. Elevado nivel de tensiones, estructura muy cerrada generalmente favorable para la estabilidad, puede ser desfavorable para la estabilidad de las paredes.	10 – 5	0,66 – 0,33	0,5 - 2
L. Planchoneo moderado después de una hora en roca masiva.	5 – 3	0,5 – 0,65	5 - 50
M. Planchoneo y explosión de roca en pocos minutos en roca masiva.	3 – 2	0,65 - 1	50 - 200
N. Intensa explosión de roca e inmediata deformación dinámica en roca masiva.	< 2	> 1	200 - 400
c) Roca fluuyente, flujo plástico de roca incompetente, bajo la influencia de presiones altas de la roca.			
O. Presiones compresivas moderadas			5 - 10
P. Presiones compresivas altas.			10 - 20
d) Roca expansiva, acción química expansiva dependiendo de la presencia de agua.			
Q. Presiones expansivas moderadas.			5 - 10
R. Presiones expansivas altas.			10 - 20

Fuente: Gavilanes y Andrade (2004).

Estos 3 factores que se representan a continuación son:

RQD / Jn: El tamaño de los bloques.

Jr / Ja: La resistencia al corte entre los bloques.

Jw / SRF: La influencia del estado tensional.

Los valores del Índice Q varían entre 0.001 y 1000, la calidad de la roca se divide en nueve parámetros donde el valor 0.001 corresponde a una roca excepcionalmente mala y el valor de la roca excepcionalmente buena tiene un valor de 1000.

Tabla 2.12 Clasificación Q de Barton, según Barton, Lien y Lunde, (1974).

Valoración Q	Calidad
0.001 – 0.01	Roca excepcionalmente mala
0.01 – 0.1	Roca extremadamente mala
0.1 – 1	Roca muy mala
1 – 4	Roca mala
4 – 10	Roca media
10 – 40	Roca buena
40 – 100	Roca muy buena
100 – 400	Roca extremadamente buena
400 – 1000	Roca excepcionalmente buena

Fuente: González de Vallejo (2004).

Índice de resistencia Geológica (GSI, 1997)

Tomando la definición de (OSINERGMIN, 2017), el índice de resistencia Geológica, Geological Strength Index (GSI), es un sistema que nos permite caracterizar el macizo rocoso en función de la estructura Geológica y condiciones de la superficie de juntas en estudio.

Considerando lo descrito por (Hoek, 1994), propone el Índice Resistencia Geológico (GSI), para evaluar la calidad del macizo rocoso, en función del grado y las características de la fracturación, estructura geológica, tamaño de bloques y alteración de las discontinuidades. depende de las propiedades de los bloques de la roca intacta y también sobre la capacidad de ellas de resistirse al deslizamiento y rotación entre sí. El uso en el criterio de Hoek & Brown ha sido presentado en diversos artículos por (Hoek 1994), (Hoek 1995) y (Hoek Corner y Thompson Brown 2002, 58). asociado a macizos de roca dura y equivalente al sistema RMR. A partir de 1998 a la fecha se ha desarrollado el sistema GSI con el objetivo de incluir macizos rocosos de mala calidad (Hoek et al. 1998; Marinos y Hoek, 2000; Marinos et al. 2005; Hoek et al. 2005).

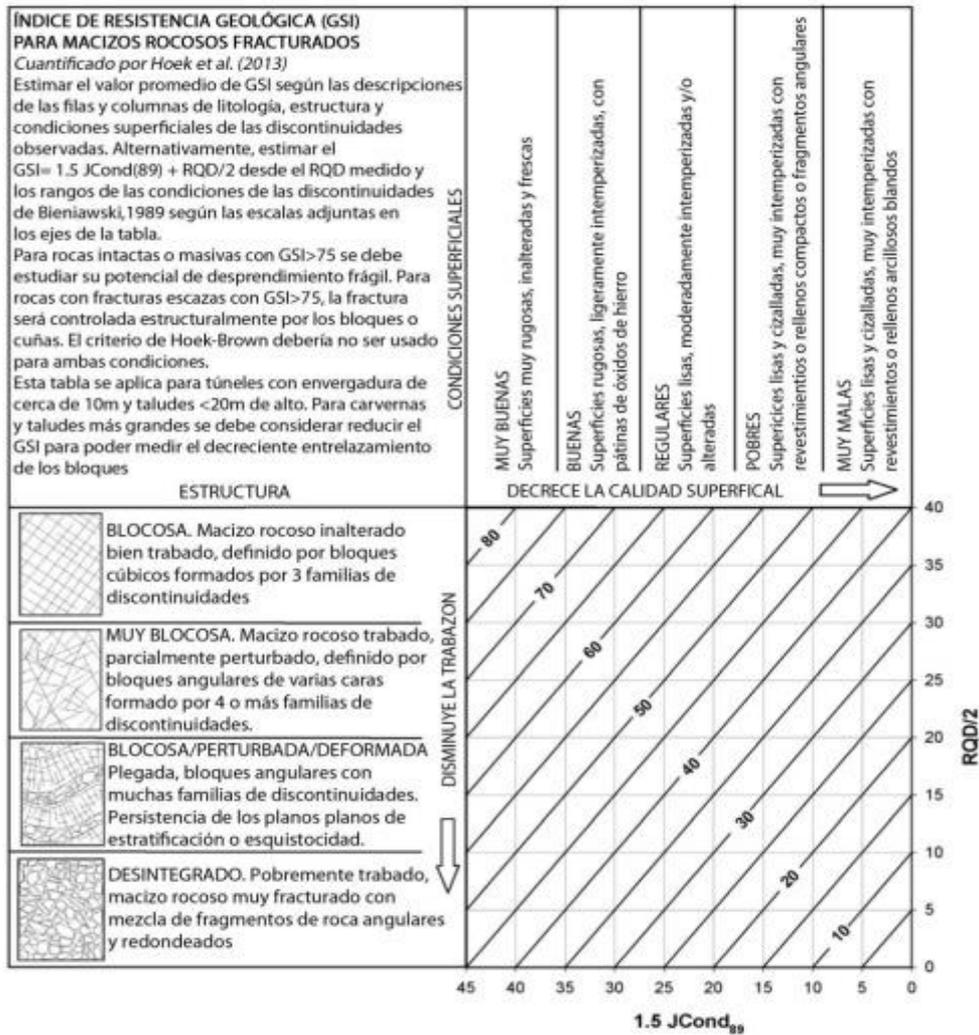


Figura 2.4 Estimación del Índice de Resistencia Geológica
 Fuente: (Rockscience, 2013)

La valoración del GSI también puede determinarse por medio de los valores del RMR. Para $RMR_{89} > 23$, el índice de resistencia geológica es:

$$GSI = RMR_{89} - 5 \dots \dots \dots \text{Ecuación (5)}$$

La tabla original del GSI fue modificada en el año 2013 a fin de facilitar el uso por personas poco conocimiento geológico de las variables del macizo rocoso; en esta se realizó una propuesta para dicha cuantificación en base a las condiciones de dichas discontinuidades, el RQD. En la Figura 2.4 la escala horizontal que presenta sus condiciones de las discontinuidades dado por $(1.5 JCond_{89})$, definida por Bieniawski (1989); por su parte la escala vertical, se refiere al macizo rocoso en bloques (RQD), definido por Deere (1963); por lo tanto, el valor del GSI viene dado por la siguiente relación (Hoek et al. 2013).

$$GSI = 1.5 JCond_{89} + RQD/2 \dots \dots \dots \text{Ecuación (6)}$$

2.2.4 Teoría de Sheorey (1994)

Modelo de esfuerzos termo-elastoestático que busca estimar las tensiones en la corteza terrestre, considerando la variación de la elasticidad, la densidad y el coeficiente de expansión térmica en la corteza y manto terrestre. Busca obtener el esfuerzo horizontal en formaciones blandas, fracturadas y generalmente débiles. Manifestando que las principales causas de los estados de esfuerzos en la corteza terrestre son: (I) la restricción de desplazamientos laterales o presión de confinamiento (se expresa en 12 función de la relación de Poisson), (II) la gravedad, (III) la tectónica de placas, (IV) las estructuras geológicas, (V) las propiedades de la roca y (VI) la topografía del terreno (Sheorey, 1994). Considerando la ecuación de Sheorey, la estimación del esfuerzo vertical y horizontal será de la siguiente manera:

$$\sigma_v = \rho \cdot g \cdot Z = \gamma \cdot Z \dots \dots \dots \text{Ecuación (7)}$$

$$\sigma_h = K \cdot \sigma_v \dots \dots \dots \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

σ_v : Esfuerzo vertical en GPa.

γ : Peso específico de la roca Tn/m³.

Z: profundidad de la excavación en m.

K: Coeficiente de reparto de tensiones

Para materiales más o menos competentes situados a profundidades medias de hasta 600 ó 700 metros de profundidad, se puede utilizar la fórmula de Sheorey siguiente:

$$K = 0.25 + 7E_h (0.001 + 1/ Z) \dots \dots \dots \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

E_h : Módulo de deformación en dirección horizontal en GPa.

Z: Profundidad de la excavación en m.

K: Coeficiente de reparto de tensiones

El módulo de elasticidad del macizo puede obtenerse en función de la calidad geotécnica del macizo rocoso según el índice RMR.

Para valores de RMR > 55. Bieniawski (1978), propone la siguiente expresión:

$$E_h = 2RMR - 100 \text{ (GPa)} \dots \dots \dots \text{Ecuación (10)}$$

Para valores de $10 < 50$. Serafim y Pereira (1983), proponen la siguiente expresión:

$$E_h = 10^{\frac{RMR-10}{40}} (GPa) \dots \dots \dots \text{Ecuación (11)}$$

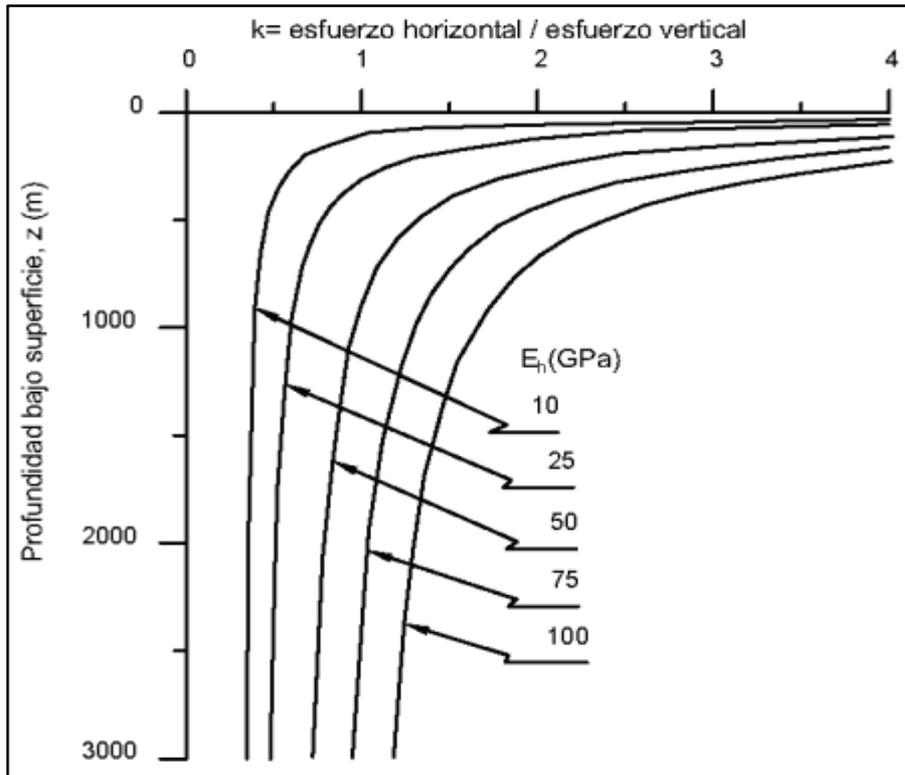


Figura 2.5 Relación la tensión horizontal media y la tensión vertical fund. de la profundidad.
 Fuente: Teoría de tensiones in situ en rocas isotrópicas y transversalmente isotrópicas (Sheorey, 1994)

2.2.5 Criterio de rotura HOEK – BROWN

Desarrollado por Hoek y Brown en 1980 y su última actualización fue en el 2002, el punto de partida conceptual para este criterio fue la teoría de Griffith. El criterio generalizado de Hoek-Brown (2002) sirve para evaluar la resistencia de los macizos rocosos y matriz rocosa, mediante los valores adecuados para el ángulo de fricción interno (ϕ) y la cohesión (c). Hoek y Brown sustituyeron el índice RMR por el GSI, por considerar que la aplicación del RMR no se adecuaba al análisis de macizos rocosos de mala calidad.

El criterio de rotura se establece como:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + S \right)^a \dots\dots\dots \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

σ_1 y σ_3 : Esfuerzos principales mayor y menor.

σ_{ci} : Resistencia a compresión uniaxial del material intacto.

m_b : valor reducido de la constante del material m_i (constante del bloque de roca intacta), está dado por:

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI-100}{28-14D} \right) \dots\dots\dots \text{Ecuación (13)}$$

s, a: son constante del macizo rocoso.

$$s = \exp \left(\frac{GSI-100}{9-3D} \right) \dots\dots\dots \text{Ecuación (14)}$$

D: factor alteración.

D: depende del grado de perturbación del cual ha estado sometido el macizo rocoso, causado por la voladura y las tensiones de relajación. Este factor varía de 0 a 1 donde la valoración 0 pertenece a macizos rocosos no perturbados y 1 para macizos rocosos altamente perturbados.

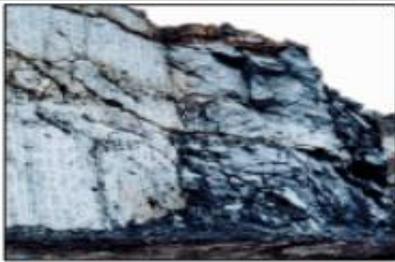
Apariencia del macizo rocoso	Descripción del macizo rocoso	Valor D Sugerido
	Excelente calidad de voladura controlada o excavación con tuneladora TBM con resultados de alteración mínima del macizo rocoso confinado circundante al túnel.	D=0
	Excavación mecánica o manual en macizos rocosos de mala calidad (sin voladura) con una alteración mínima en el macizo rocoso circundante. Cuando aparezcan problemas de deformación en el piso durante el avance, la alteración puede ser severa a menos que se coloque una contrabóveda temporal, tal como se muestra en la fotografía.	D=1
	Voladura de muy alta calidad en un túnel en roca competente con daños locales severos, extendiéndose 2 o 3 m en el macizo rocoso circundante.	D=0.8
	Pequeñas voladuras en taludes de Ingeniería Civil dan lugar a pequeños daños del macizo rocoso, particularmente si se usan voladuras de contorno como se muestra en el lado izquierdo de la fotografía. Sin embargo la liberación de tensiones resulta alguna alteración.	D=0.7 Good blasting D=1.0 Poor blasting
	Los taludes en las grandes minas a cielo abierto sufren alteraciones significativas debido a grandes voladuras de producción y también debido a la relajación de tensiones al retirar el estéril de recubrimiento. En algunas rocas blandas la excavación puede llevarse a cabo mediante ripado y empuje de tractores de orugas y el grado de afectación a los taludes será menor.	D=1.0 Production blasting D=0.7 Mechanical excavation

Figura 2.6 Guía para estimar el Factor de Alteración (D)

Fuente: Fuente: Hoek, Carranza y Corkum (2002).

Para estimar la resistencia de un macizo rocoso diaclasado y sus características de deformación se requiere de los siguientes parámetros:

- Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta.
- Constante m_i para la roca intacta.
- GSI del macizo rocoso.

2.2.6 Tabla de Soporte Prácticas Minero (SPM)

Para determinar el sostenimiento se utiliza la tabla de soporte práctico minero (SPM), esta tabla fue elaborado a partir del método noruego (NTM), en ella se consecuencia el concepto de dimensión equivalente (Vallejo, 2008)

Barton, Lien y Lunde introdujeron la magnitud de Dimensión Equivalente (De) de una excavación subterránea. Esta expresión se presenta de la siguiente manera:

$$D_e = \frac{\text{Ancho, diametro o altura (m) de la excavación}}{\text{Relación de sostenimiento de la excavación (ESR)}}$$

Tomando lo descrito por Osinergmin (2017), “el sostenimiento en excavaciones subterráneas tiene la finalidad de asegurar, controlar y mantener la estabilidad de éstas, a fin de proporcionar condiciones seguras de trabajo y brindar acceso a las labores subterráneas”. Atendiendo como actúa la calidad del Macizo Rocos, el sostenimiento podrá ser activo o pasivo y el tipo de soporte que debe utilizarse considerando y el Diámetro equivalente (De)

○ ESR (Relación de soporte de excavación):

Es un factor de seguridad que se utiliza para estimar un sostenimiento de la excavación subterránea o el refuerzo requerido. Se asigna una determinada puntuación de acuerdo a la excavación realizada, considerando aspectos tales como: el tiempo que se empleara en realizarse la excavación, aspectos de seguridad y uso. Este valor se utiliza en el cálculo del diámetro equivalente, en las excavaciones mineras frecuentemente toma el valor de 1.60.

Tabla 2.13 Valores de ESR (Barton y Grimstad, 1994)

Tipo de excavación	ESR
A. Excavaciones mineras temporales.	2.0 – 5.0
B. Excavaciones mineras permanentes, túneles de conducción de agua para obras hidroeléctricas (con excepción de las cámaras de alta presión para compuertas), túneles piloto (exploración), excavaciones parciales para cámaras subterráneas grandes.	1.60 – 2.0
C. Cámaras de almacenamiento, plantas subterráneas para el tratamiento de aguas, túneles carreteros y ferrocarriles pequeños, cámaras de alta presión, túneles auxiliares.	1.2 - 1.30
D. Casas de máquina, túneles carreteros y ferrocarrileros mayores, refugios de defensa civil, portales y cruces de túnel.	0.9 - 1.1
E. Estaciones nucleares eléctricas subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones para deportes y reuniones, fábricas	0.5 - 0.80

Fuente: Gavilanes y Haro, 2004

DISEÑO DE SOSTENIMIENTO EN LABORES MINERAS SUBTERRANEAS SPM

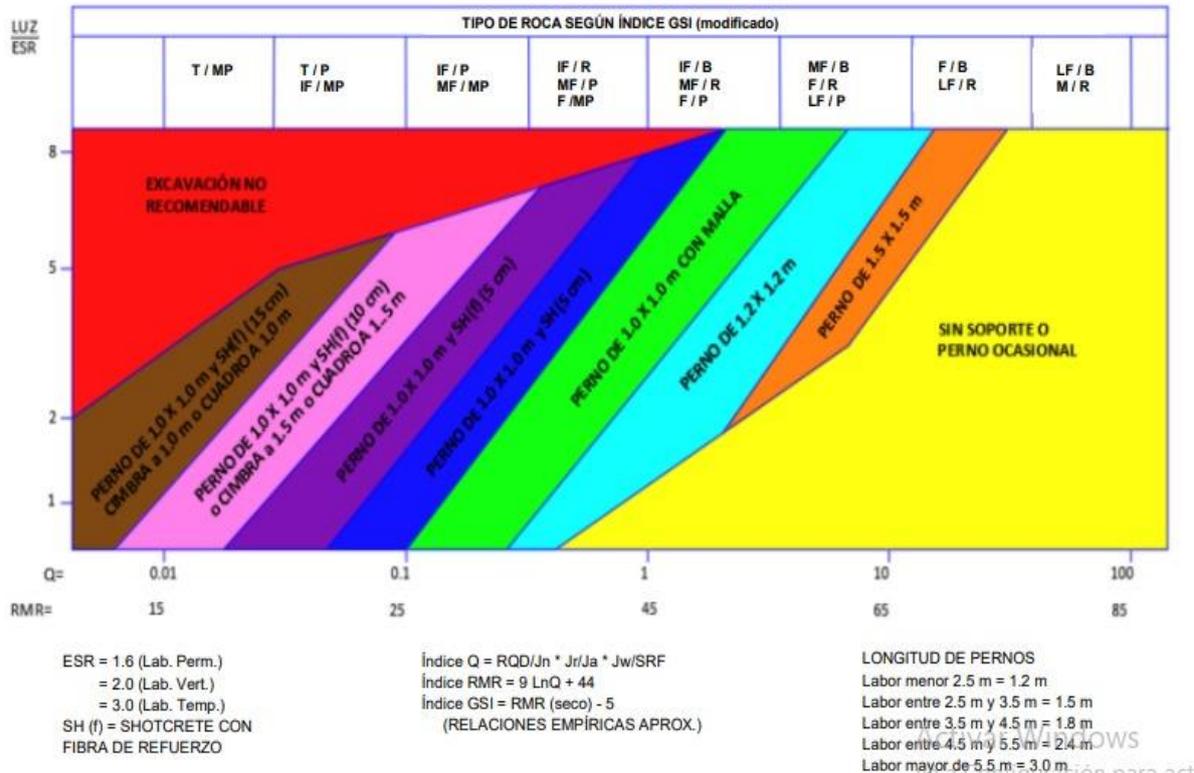


Figura 2.7 Diseño de sostenimiento en labores mineras SPM.
Fuente: Vallejo (2008).

2.2.7 Factor de Seguridad

El factor de seguridad (FS), y es la relación entre la resistencia (fuerzas resistentes) y la carga (fuerzas actuales) de un sistema, se define de la siguiente manera: (OSINERGMIN, 2017)

$$FS = \frac{C}{D} \dots\dots\dots \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

C: Capacidad de resistencia del sistema.

D: Fuerza actuantes sobre el sistema.

En el diseño de las estructuras, existen tres categorías que pueden incluir al factor de seguridad.

Si: $C > D$, entonces $FS > 1$; sistema estable.

Si: $C < D$, entonces $FS < 1$; sistema inestable.

Si: $C = D$, entonces $FS = 1$; sistema equilibrio límite.

En base a la experiencia, para realizar la estabilidad de una estructura se establece valores mínimos del Factor de Seguridad.

Tabla 2.14 FS recomendado según el plazo estabilidad

Plazo	Rango de FS
Estabilidad a largo plazo (LP)	> 1.5
Estabilidad a mediano plazo (MP)	1.3 – 1.5
Estabilidad a corto plazo (CP)	1.1 – 1.3
Nota: se considera: CP < 3 meses < MP < 1 año y LP > año	

Fuente: (OSINERGMIN, 2017)

2.2.8 Sostenimiento

“En las excavaciones subterráneas el sostenimiento tiene la finalidad de asegurar, controlar y mantener la estabilidad de las labores subterráneas inestables, con la finalidad de proporcionar condiciones seguras de trabajo y brindar acceso a las labores subterráneas.” Para esto sostenimiento se tiene dos tipos: activos los elementos de sostenimiento pasan a formar parte integral de la roca y pasivos los elementos de sostenimiento son externos a la roca.

Por su parte tenemos a los siguientes tipos de sostenimiento como cuadros de madera, cimbras metálicas, puntales, gatas hidráulicas, pernos de anclaje, pernos con resisna, sweller, cables, mallas, barra helicoidal, shotcrete. Para utilizar el tipo de sostenimiento adecuado se debe tener en cuenta la caracterización geomecánica del macizo rocoso, además se debe tomar en cuenta un requerimiento para realizar la excavación, equipo de construcción, y su costo de ejecución. (OSINERGMIN, 2017).

Debemos recalcar que el sostenimiento se aplica de acuerdo al tipo de roca, por esta razón se cuenta con un departamento de geomecánica que se dedica a elaborar cartillas de identificación y evaluación el tipo de oca para lograr una mejor identificación de la roca desde la muy mala (tipo V), hasta la muy buena (tipo I), como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.15 Tipo de sostenimiento según el RMR89 de la roca.

TIPO ROCA	CLASE	COLOR	RMR	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA EXCAVACIÓN
Buena	II	VERDE	61-80	Roca dura con muy poca fractura y ligera alteración, húmeda en algunos casos.	Generalmente no requiere ningún tipo de sostenimiento, excepto algunos pernos.
Regular-A	III – A	VERDE CLARO	51-60	Roca medianamente dura, con regular cantidad de fracturas, ligeramente alterada, húmeda.	Pernos esporádicos, espaciado a 1.50 m. c/u.
Regular-B	III – B	AMARILLO	41-50	Rocas medianamente duras, con regular cantidad de fracturas, y con presencia de algunas fallas menores, ligera a moderada alteración, húmeda – mojado.	Pernos sistemáticos 6' de longitud (cementados o con resina), espaciado cada 1.5 m. si el terreno lo requiere se puede utilizar malla electrosoldada, alternativamente una capa de shotcrete de 2'' de espesor.
Mala-A	IV – A	ANARANJADO	31-40	Roca suave muy fracturada, con algunas fallas panizadas, de moderada a fuerte alteración, con goteos en fracturas y fallas.	Pernos sistemáticos 6' de longitud (cementados o con resina), espaciado de 1 a 1.5 m, con malla de esfuerzos y una capa de shotcrete 2'' de espesor.
Mala-B	IV – B	ROJO	21-30	Roca suave muy fracturada con múltiples fallas panizadas, fuertemente alteradas, con goteo o flujo constante de agua.	Pernos sistemáticos de 6' a 8' de longitud (cementados o con resina), espaciados cada 1 m. con malla de refuerzo y una capa de 2'
Muy mala	V	MARRÓN	0-20	Roca muy suave intensamente fracturada, fallada y alterada, con flujos continuos de agua.	Cimbras metálicas, espaciadas a 1 m. con vigas reticuladas y marchavantes si es requerido.

Fuente: Departamento de Geomecánica CMH S.A.

2.2.8.1 Tipos de sostenimiento

SOSTENIMIENTO PASIVO

Este tipo de sostenimiento llamado también de soporte, se da cuando los elementos que sostienen son externos a la roca empieza a deformarse; dentro de los más empleados son los cuadros de madera, los puntales, cimbras y shotcrete. (Champi, 2019)

a) Sostenimiento con cuadros de madera

Los cuadros de madera es un tipo de sostenimiento que se utilizaron en algunas zonas de la mina CMH desde los inicios cuando aún era explotada como minería convencional por el sindicato Minero Parcoy (SIMPAR) y por la minería artesanal en la actualidad se sigue usando en las vetas angostas estos cuadros de madera.

Espaciamiento máximo aplicando la teoría de PROTODYANOKOV por los cuadros es 1.00 m. (Champi, 2019)

1. Cuadro cónico
2. Cuadro cojo
3. Cuadro cacho de toro
4. Cuadro recto

b) Sostenimiento Con Shotcrete

Este tipo de sostenimiento también tiene por nombre de concreto lanzado o shotcrete, al mortero transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a gran velocidad contra las paredes las labores subterráneas. El principio del concreto lanzado o shotcrete consiste en lanzar o disparar neumáticamente la mezcla por un tubo, a este concreto se añade un aditivo acelerante de fragua que produce un endurecimiento muy rápido. El sostenimiento con shotcrete se coloca en forma de retirada, después de la limpieza de la carga, o antes de esta si la labor es considerablemente alta, formando una plataforma adecuada.

La aplicación de este tipo de sostenimiento es rápida, sencilla y lo suficientemente flexible que permite efectuar variaciones (mayor espesor de capa, menor espaciado de pernos) sin mayor dificultad.

La metodología del concreto lanzado - shotcrete muy utilizado para el sostenimiento de labores en Consorcio Minero Horizonte (CMH), el concreto es lanzado gran presión, para lograr las labores más fortificadas, en dosificaciones que se requiere para cada tipo de roca, estas dosificaciones son: (Champi, 2019)

Tabla 2.16 Dosificación del shotcrete.

COMPOSICIÓN	CANTIDAD
Arena gruesa	1 m ³
Cemento	10 bolsas (30 kg.)
Fibra metálica	1 ½ bolsas (30 kg)
Aditivo	9 litros
Agua	180 litros

Fuente: Geomecánica CMH SA.

c) Sostenimiento con Cimbras

En este sostenimiento se utiliza estructuras fabricadas con vigas y perfiles metálicos para soporte rígido, que tiene como función de sostener las cajas y techo de la labor. cuyo sistema de sostenimiento pasivo debido a que los arcos de acero no interactúan con la roca; soportan cargas solo cuando existe un movimiento de rocas a alguna distancia detrás del frente de avance.

Se utiliza este tipo de sostenimiento en condiciones extremas que presenta la roca, en zonas cuyas rocas es fuertemente fracturadas, presencia agua, lodo, arena. También en cruces de zonas en rocas comprimidas y expansivas, rocas deleznable donde no existe cohesión, tramos colapsados y en todos los tramos donde hay que efectuar un inmediato sostenimiento a medida que avanza el frente. (Champi, 2019)

SOSTENIMIENTO ACTIVO

Este tipo de sostenimiento también se les conoce como refuerzos, es cuando los elementos del sostenimiento forman parte integral de la masa rocosa; dentro de los más utilizados tenemos a los swellex, Split set, pernos helicoidales entre otros (sistemas de anclaje). (Champi, 2019)

a) Sostenimiento con pernos de anclaje

Según Osinergmin (2017), “los pernos de anclaje proporcionan esfuerzos a la roca desde el instante mismo de su colocación, logrando que sea partícipe del sostenimiento”. Los pernos son elementos de sostenimiento activo. Se diferencian por las características de anclaje o por su capacidad de deformarse. La elección del tipo de perno a utilizar para sostener se determinará por las características geotécnicas propias del macizo rocoso y el efecto que se requiere lograr con ellos.

El Split Sets, sus capacidades son de 14TN, 11TN y 5 TN. El esfuerzo de compresión realizadas indican una resistencia de 40 TN para los pernos Hydrabolt.

En el Consorcio Minero Horizonte (CMH S.A.) la aplicación de pernos Hidrabolt ha dado resultado óptimo en las labores de exploración. Como equipo principal se tiene una bomba inyectora neumática simple con sus respectivas válvulas de entradas y salidas y desfogue. Estas varillas que utilizan son de tubo en toda la longitud con una placa de sujeción y una válvula check que nos indica dicha carga. Normalmente se

utiliza de 5' y 7' de longitud y 38 mm de diámetro. Como apoyo para colocarlo se utiliza una bomba Hidroneumática la cual inyecta agua a alta presión. Osinergmin (2017).

b) Malla Electrosoldada

El sostenimiento con malla electrosoldada consiste en una cuadrícula de alambres soldados en sus intersecciones, usualmente de # 10/08, con cocadas de 4"x4", construidas con material de acero negro se recomienda que sea galvanizada. Esta malla es recomendada para su uso como refuerzo del concreto lanzado (shotcrete). Dicha malla viene en rollos o en planchas según sea requerida. Las planchas generalmente tienen 3.0 m de longitud x 2.0 m de ancho, y los rollos tienen 25 m de longitud x 2.0m de ancho. (Champi, 2019)

2.2.9 Realización de chimeneas

Criterios para el espaciamiento de chimeneas La elección del espaciamiento entre chimeneas se basa en la máxima recuperación del mineral de los tajos comprendidos entre chimeneas.

Factores que inciden en el análisis Las variables que tienen gran influencia en el espaciamiento de chimeneas son: Consideraciones geológicas, método de minado y aspectos económicos.

Consideraciones geológicas El aspecto geológico se refiere a la distribución horizontal de los valores minerales, el grado de fracturamiento del macizo rocoso y el tipo de yacimiento como diseminado, tabular, veta, inclinación y competencia.

Método de minado El método de minado se relaciona con el tipo y tamaño del equipo, la velocidad de extracción y la seguridad.

Consideraciones económicas Factores económicos se consideran los siguientes: Tiempo requerido para preparar y explotar el tajo, longitud y eficacia del rastrillaje, mantenimiento de chutes y otros costos por pérdida de eficiencia debido al incremento de la longitud de los tajos.

Determinación del espaciamiento de chimeneas El procedimiento de cálculo de inicio del espaciamiento óptimo de niveles: 50 m. y con los datos dados para el espaciamiento de niveles se procede a estimar los costos para intervalos tales como: 7.50 m, 15 m., 22.50 m, etc. (Ortiz & Canchari, 2016)

Método mecanizado de construcción RAISE CLIMBER.

En la elección de la plataforma Raise Climber - Alimak a emplearse en la construcción de chimeneas, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Caracterización del macizo rocoso, para lo cual el macizo debe tener un RMR de 50, RQD de 60 y un Q de 6 que corresponde a una calidad de macizo rocoso de regular a buena.
- b) La chimenea debe construirse en rocas de caja y ser específico que en este caso es una chimenea para Ore pass.
- c) La sección mínima para este tipo de chimenea será de 2,40 x 2,40 m.
- d) La longitud mínima de la chimenea debe ser de 110 metros.
- e) La inclinación recomendable de la chimenea, puede variar de 45° a 90° f. La presencia de agua es un factor de mucha importancia por la estabilidad de la labor (Arocutipa,2015).

2.3 Definición de Términos Básicos

Evaluación geomecánica: La descripción y medida de las características y propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades y de los parámetros del macizo rocoso, proporcionan los datos necesarios para la evaluación geomecánica del macizo. A partir de estos datos, la aplicación de las clasificaciones geomecánicas permite estimar la calidad del macizo rocoso (González de Vallejo, 2002).

Escudos: Consiste en dejar una capa de mineral de 0.50 a 1.00 m. de espesor en los hastiales del tajeo, siendo el mineral de mejor calidad que la roca encajonante, lo cual servirá como sostenimiento para las cajas, donde la oca es de mala calidad (Cruz, 2004).

Falla: Están asociadas con los límites entre las placas tectónicas de la Tierra. En una falla activa, las piezas de la corteza de la tierra a lo largo de la falla, se mueven con el transcurrir del tiempo. El movimiento de estas rocas puede causar terremotos. Las fallas inactivas son aquellas que en algún momento tuvieron movimiento a lo largo de ellas pero que ya no se desplazan. (Gonzales de Vallejo, 2002).

Discontinuidades: son superficies de debilidad que imparten a la roca una condición de anisotropía de resistencia, es decir, denotan una interrupción en la integridad mecánica de la roca. Para fines descriptivos se utiliza el termino genérico,

discontinuidad, con el objetivo de referirse indistintamente a diaclasas, fallas, foliaciones y estratificaciones, teniendo en cuenta que la resistencia al cizallamiento de estas superficies, siempre es menor que la resistencia de la roca intacta que constituye el macizo (Salcedo, 1988).

Macizo rocoso: está compuesto por bloques de roca intacta separados por discontinuidades, tales como diaclasas, planos de estratificación, pliegues, zonas de cizalla y fallas. Estos bloques pueden tener diferentes grados de alteración, variando desde inalterados hasta disgregados (Gavilanes y Andrade, 2004). Sostenimiento: se refiere a los elementos de soporte y refuerzo que tienen como finalidad asegurar, controlar y mantener estable las excavaciones subterráneas. Pueden ser utilizados individualmente o en combinación con otros. (OSINERGMIN, 2017).

Modelo matemático: Representa o simula el comportamiento mecánico de los macizos rocoso y los elementos estructurales presentes en el entorno de la excavación (Ramírez et al., 2008)

Patilla: Sirve para amortiguar la presión, aunque está sujeta a compresión perpendicular a las fibras, permitiendo prolongar la vida útil de del puntal (Donaires, 1965)

Pernos de anclaje: Los pernos proporcionan esfuerzos a la roca desde el instante mismo de su colocación, logrando que sea partícipe del sostenimiento. Existen muchos tipos de pernos que se diferencian por la característica del anclaje (pernos de expansión, de adherencia o de fricción), o por su capacidad de deformarse (pernos rígidos o pernos dinámicos) (OSINERGMIN, 2017).

Tensión: Esfuerzo por unidad de área que actuada sobre un cuerpo deformándolo. Son dos o más esfuerzos de direcciones opuestas (Dávila, 2011).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y Accesibilidad de la Investigación

3.1.1 Ubicación Geográfica

La zona de estudio se encuentra ubicada geográficamente en la Unidad Minera Parcoy CMH, está se localiza en la cordillera Oriental de los Andes de Perú, a una altitud de 2700 y 3200 m.s.n.m. Políticamente se encuentra en la localidad de Retamas, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, en la región de La Libertad. Correspondiente a la zona N° 18, banda M (UTM), con coordenadas (Datum WGS-84)

Tabla 3.1 Coordenadas de la concesión y límites de la Unidad Parcoy CMH.

Punto	Norte	Este	Punto	Norte	Este
1	9110900	229000	3	9110900	225000
2	9150900	229000	4	9150900	225000

3.1.2 Accesibilidad

Para llegar a nuestra zona en estudio tiene una accesibilidad que se puede hacer por vía terrestre desde Lima, pasando por Trujillo, Huamachuco para luego llegar a la localidad de Retamas. Y también por vía aérea se accede desde la ciudad de Lima como también de la ciudad de Trujillo en avionetas (ATSA Airlines)

Tabla 3.2 Distancias en tiempos promedios, desde la ciudad de Lima y Trujillo

Origen – destino	Distancia (Km)	Tiempo (h)	Tipo de carretera
Lima – Trujillo	556	08:15	Asfaltada
Trujillo – Huamachuco	192	05:40	Asfaltada
Huamachuco – Retamas	183	03:58	Asfaltada

3.1.3 Hidrografía

La zona de estudio es de relieve muy accidentado, con quebradas, ríos encañonados y laderas pronunciadas con pendientes de hasta 50%; las aguas discurren de Sur Este a Nor Oeste. El área donde se localiza la mina ocupa la confluencia de los ríos Llacuabamba y Parcoy.

3.2 Metodología de la Investigación

3.2.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación

En esta investigación la metodología es de tipo básica ya que genera conocimiento nuevo sobre hechos u objetos; de nivel correlacional y explicativo porque describe, define y explica la relación entre variables; con diseño no experimental, transversal ya que se analiza la realidad sin manipular variables en un corto periodo de tiempo; Usando el método inductivo, porque parte de datos particulares para llegar a una generalización de la investigación en este caso se realiza la evaluación geomecánica del macizo rocoso de la chimenea en la construcción y sostenimiento de la chimenea-2226, por el método Raise Climber mina Lourdes en la U.E.A Parcoy.

3.2.2 Población de estudio.

Chimenea – 2226, de la Mina Lourdes En La U.E.A Parcoy (Consortio Minero Horizonte S.A).

3.2.3 Muestra

Puntos de control (cinco estaciones geomecánicas).

3.2.4 Unidad de análisis.

Litología, Geoestructuras, Geomecánica, hidrología.

3.2.5 Identificación de variables

Variables independientes

Evaluación Geomecánico: Condiciones geológicas y geotécnicas del macizo rocoso que interactúan ante la acción de fuerzas internas y externas que se ejercen sobre ellos.

Variables dependientes

Construcción: acción de ejecutar una labor subterránea que tiene una finalidad acceso de un nivel a otro.

Sostenimiento: Elementos de soporte y refuerzo que tienen como finalidad asegurar, controlar y mantener estable las excavaciones subterráneas.

Tabla 3.3 Operacionalización de variables.

Tipo de variable	Variables	Definición	Indicadores
Independiente.	Evaluación Geomecánica.	Condiciones geológicas y geotécnicas del macizo rocoso que interactúan ante la actuación de fuerzas internas y externas que se ejercen sobre ellos.	Calidad del macizo rocoso: <input type="radio"/> Muy Buena <input type="radio"/> Buena <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Mala <input type="radio"/> Muy mala
Dependiente.	Construcción.	Acción de ejecutar una labor subterránea con la finalidad de servicio auxiliar y transporte de personal.	Métodos: <input type="radio"/> Raise Climber.
	Sostenimiento.	Elementos de soporte y refuerzo que tienen como finalidad asegurar, controlar y mantener estable las excavaciones subterráneas.	Tipo de sostenimiento: <input type="radio"/> Activo <input type="radio"/> Pasito <input type="radio"/> Mixto

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Técnicas

El presente trabajo de investigación presenta técnicas e instrumentos de recolección de datos: observación experimental, fuentes documentales, libros, formatos y fichas de toma de datos. informes especializados, páginas de internet todo esto relacionado con la evaluación geomecánica para la construcción y sostenimiento de una chimenea.

3.3.2 Instrumentos, materiales y equipos

Instrumento

El instrumento utilizado en esta investigación es la información que nos proporciona el consorcio minero horizonte S.A., del área de geomecánica, Análisis e interpretación de datos: Softwares de ingeniería, tabulación cruzada y análisis de relación, ábacos.

Materiales y equipos

- Laptop: para el procesamiento y análisis de datos usando los softwar's como: Civil 3d, Microsoft Word y Excel.
- Brújula Brunton azimutal, para medir orientación y dirección de las labores.

- GPS Garmin (Navegatorio), para ubicar estaciones de control en el área de investigación, teniendo como referencia las coordenadas UTM.
- Cámara fotográfica: Para registrar evidencias de la chimenea-2226, por el método Raise Climber mina Lourdes.
- Libreta de campo, lapicero: para anotar los datos del mapeo geomecánica del macizo rocoso de la chimenea para la construcción y sostenimiento de la chimenea-2226, por el método Raise Climber mina Lourdes en la U.E.A Parcoy.
- Flexómetro, para realizar medidas de cada progresiva estacional de la chimenea.
- Lámpara minera, usado para iluminar la chimenea-2226.

Programas computacionales

La importancia de los programas computacionales para el proceso de la información, son muy útiles en la elaboración de una tesis. Y se utilizaron los siguientes softwares en la elaboración y procesamiento:

- Civil 3 D 2019, se utiliza para la realización del diseño del nuevo circuito de bombeo.
- ArcGis 10.3, conjunto de aplicaciones con extensiones correspondientes al avance y obtención de información. Permite la realización y elaboración de planos temáticos.
- Excel 2016, un programa comercial de Microsoft más utilizado en cualquier empresa, esto servirá para realizar cálculos de evaluación económica de proyectos.

3.4 Procedimiento

3.4.1 Etapa preliminar

Esta primera etapa se llevó a cabo la revisión bibliográfica, referente a la optimización del bombeo de agua en minería subterránea, bombas entre otras, de informes y trabajos anteriores los que fueron mencionados en los antecedentes e información del marco teórico, para determinar esta investigación y la recolección de datos.

3.4.2 Etapa de recolección de datos

Consiste en la recolección de datos utilizando el mapeo Geomecánico de línea de detalle en cada punto o estación, usando las clasificaciones Geomecánico RMR89, también GSI para determinar la calidad del macizo rocoso y estos resultados estimar el tipo de sostenimiento que debe ser instalado en la chimenea.

También en esta parte se realiza ensayos de control de calidad en sostenimiento instalados, entre estos ensayos se menciona a ensayos de Pull Test en pernos, cuadros de madera, cimbras, entre otros. Se realizaron estos controles con la finalidad de asegurar el rendimiento de elementos de sostenimiento instalado en la chimenea.

3.4.3 Etapa de gabinete

A partir de la información obtenida en campo se realizó el análisis de la estabilidad de labores usando el software Phase2 v 8.0 de la empresa Rocscience analizamos el comportamiento de esfuerzos y deformaciones en las labores, así se determinó específicamente en la chimenea - 2226. Como datos utilizamos los resultados obtenidos del mapeo geomecánico. El análisis se realiza en 5 estaciones; de los cuales 2 en la galería 3 en la chimenea – 2226.

3.5 Geología

3.5.1 Geología Regional

Lo expresado por Castañeda 2019, La geología regional de Pataz, del distrito Parcoy, está cartografiada por tres sectores: al Este el basamento Precámbrico del Complejo Marañón, al Oeste los estratos deformados del Pérmico a Cenozoico y en la parte Central el Batolito Carbonífero de Pataz. El magmatismo y el Tectonismo del Carbonífero produjeron una gran zona de debilidad tectónica en la secuencia meta volcánica y sedimentos del Proterozoico Carbonífero del valle del Marañón que sirvió de emplazamiento al Batolito de Pataz y a la consecuente mineralización aurífera posterior, considerándose el cuerpo intrusivo más importante de la región.

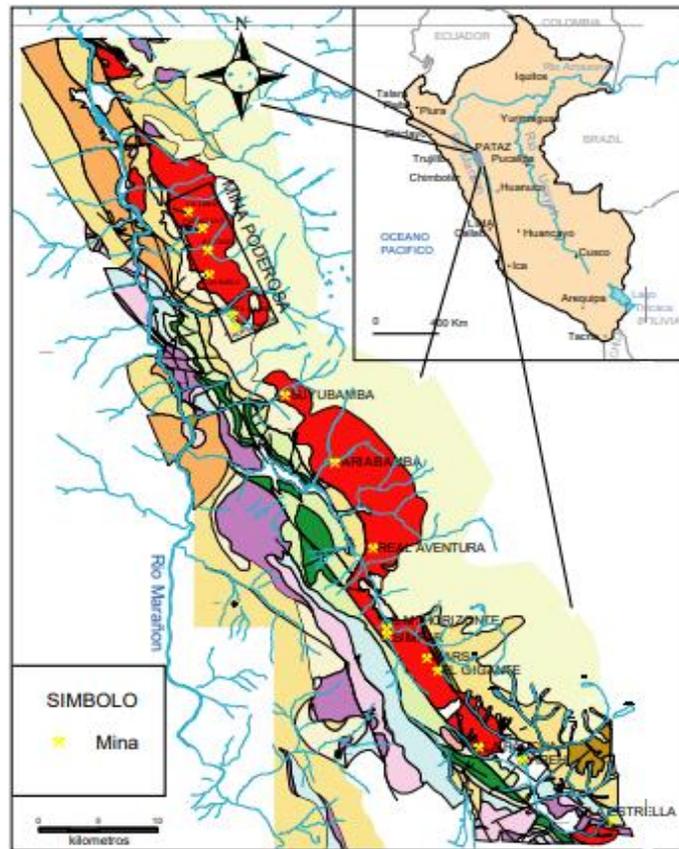


Figura 3.1 Mapa Geológico de la región de Patate, unidades litológicas y asentos mineros
Fuente: (Oré 2006)

3.5.1.1 Batolito de Patate

En la edad Carbonífero inferior (Paleozoico) se tiene al Batolito de Patate. Que muestra una configuración alargada y lenticular, existe una tendencia bien marcada de alargamiento paralelo al eje regional de la dirección de los andes (NO-SE) y sigue a lo largo de 64 Km. Con un aproximado de 150 Km² y la mina tiene un área que varía 2.5 a 5.0 Km de ancho. Su litología está constituida generalmente de granodioritas y tonalitas de grano medio, se dan eventos de intrusión más temprana que son grabo – dioritas y cuarzo – dioritas, luego se da un flujo intrusivo de tonalitas y granodioritas, en un tiempo más tardío por cuerpos intrusivos de monzogranitos. Según los métodos K/Ar y U/Pb, tiene la edad de 329 Ma, la mineralización fue determinada en edades de 305-312 Ma para dos etapas de mineralización (Castañeda, 2019).

Es el cuerpo dominante intrusivo en esta región, de yacimiento aurífero que, emplazada en las rocas intrusivas del Batolito de Patate, están constituido de granodioritas, tonalitas y monzogranitos, y esta está asociada a una zona de cizallamiento. Las vetas se hospedan en rocas intrusivas y se constituyen de cuarzo, sulfuros (pirita, galena, esfalerita, arsenopirita,

calcopirita), además de oro libre y electrum. Se tiene a la pirita como el sulfuro más importante y masiva que contiene mayor cantidad de oro. Todas estas características litológicas, estructurales, mineralógicas y el tipo de fluido surgen que el yacimiento de Parcoy es de tipo Orogénico de oro o mesotermal aurífero. (Coba, 2017)

3.5.1.2 El Complejo del Marañón (Pe-cm)

El complejo Marañón está presente a lo largo del río del mismo nombre de la misma forma de la margen derecha del Río Llaucabamba – Parcoy. Esta representa una secuencia polimetamórfica que presenta una secuencia de estilos estructurales que se caracteriza por polifases de fuertes deformaciones, y está compuesta por 3 unidades de forma decreciente de edades. Estas son: Mica esquistos, Meta volcánicos. Filitas de naturaleza turbidita.

Es una potente Formación de rocas metamórficas que afloran ampliamente en la cordillera central. Ocupan una faja que tiene más de 100 Km de largo y se ensancha considerablemente hacia el SE, y esta a su vez extiende de NO a SE, además esta formación puede llegar a medir hasta los 2000 m, de espesor (Coba, 2017).

3.5.1.3 Formación Contaya (O-c)

Lo expresado por Wilson y Reyes 1964, Esta formación, yace sobre el Complejo del Marañón en disconformidad angular entre los 200 y 600 m. de espesor y de naturaleza sílice – clástico, está conformado por una sucesión de cuarcitas masivas, areniscas oscuras, lutitas y en menor proporción calizas, la presencia de graptolites en la secuencia media y superior del Contaya indica una sedimentación profunda en el área de investigación, donde las formaciones del paleozoico inferior están caracterizadas por un bajo grado de metamorfismo regional, que aflora en la margen derecha de la quebrada Castillas.

3.5.1.3 Grupo Ambo (Ci-a)

Esta formación se realizó durante un periodo de distensión de la fase final de la tectónica Eohercínica generando fallamientos normales con subsidencias y fueron rellenadas con material clástico en ambientes fluviales y deltaicos. Litológicamente está conformado por areniscas, lutitas y conglomerados pertenecientes al Carbonífero inferior, aflora en la parte sur de la Mina de Parcoy (zona Mishito) sobre yaciendo al intrusivo granodiorítico. Este evento tectónico de distensión genera grandes fallamientos de carácter regional los cuales serán los conductos de emplazamiento de Batolito de Patáz. (Coba, 2017).

3.5.1.4 Volcánicos (CsP-v)

Presenta amplia distribución en las partes altas de la región Geológica de Pataz, al Este del Batolito de Pataz se ven afloramientos de piroclastos y derrames volcánicos de composición riolítico a andesítico, de edad Carbonífero-Permiano. (Coba, 2017).

3.5.1.5 Grupo Pucará (TrJi-p)

Se formo producto de una sedimentación marina, está conformada por secuencias de calizas grises y carbonosas, con presencia de nódulos de chert, calizas intercaladas con lutitas, dolomitas, margas y areniscas calcáreas. Está conformado por 3 formaciones: Formación Chambará (Tr-ch) que tiene una secuencia inferior al grupo Pucara, conformada por calizas grises y calizas dolomitas; Formación Aramachay y Condorsinga (Ji-ar-c) esta zona a sido motivo de intensas exploraciones en la búsqueda de pórfidos. (Coba, 2017).

3.5.1.6 Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

La parte mejor desarrollada en el Perú es el cretáceo, muestra una secuencia completa al norte y al centro del territorio, pero sin embargo la zona de estudio los afloramientos no están bien reconocidos en distintas formaciones. Este grupo está formado por 4 formaciones definidas en su litología y secuencia deposicional, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. (Castañeda, 2019).

3.5.1.7 Formación Crisnejas (Ki – cr)

Esta formación está compuesta litológicamente por una secuencia de calizas, areniscas calcáreas y margas. Los contactos superior e inferior están en discordancia erosional a las areniscas del Grupo Goyllarisquizga y sedimentos clásticos de la Formación Chota respectivamente. (Coba, 2017).

3.5.1.8 Formación Chota (KsP – ch)

En esta zona del estudio está formado por una cobertura de ambiente continental que aflora en la zona Este, como capas rojas compuestas por conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas de color rojo intenso, yace en la discordancia erosional en la formación crisnejas. Se le da una edad de abanico medio, y aflora ampliamente en la zona de pampa espino, en el cerro paletas, al NE y SW de la zona de la zona de investigación. (Castañeda, 2019)

3.5.1.9 Depósitos Cuaternarios (Qr – al)

Los depósitos acumulados principalmente en el cuaternario son: eluviales, coluviales y aluviales. De donde se deja notar que los depósitos eluviales y coluviales que están presentes en la zona, surgieron producto de las descomposiciones de las rocas in situ (la formación Chota principalmente aporta a este depósito), y Los depósitos aluviales están localizados en las quebradas y faldas de los cerros. (Coba, 2017).

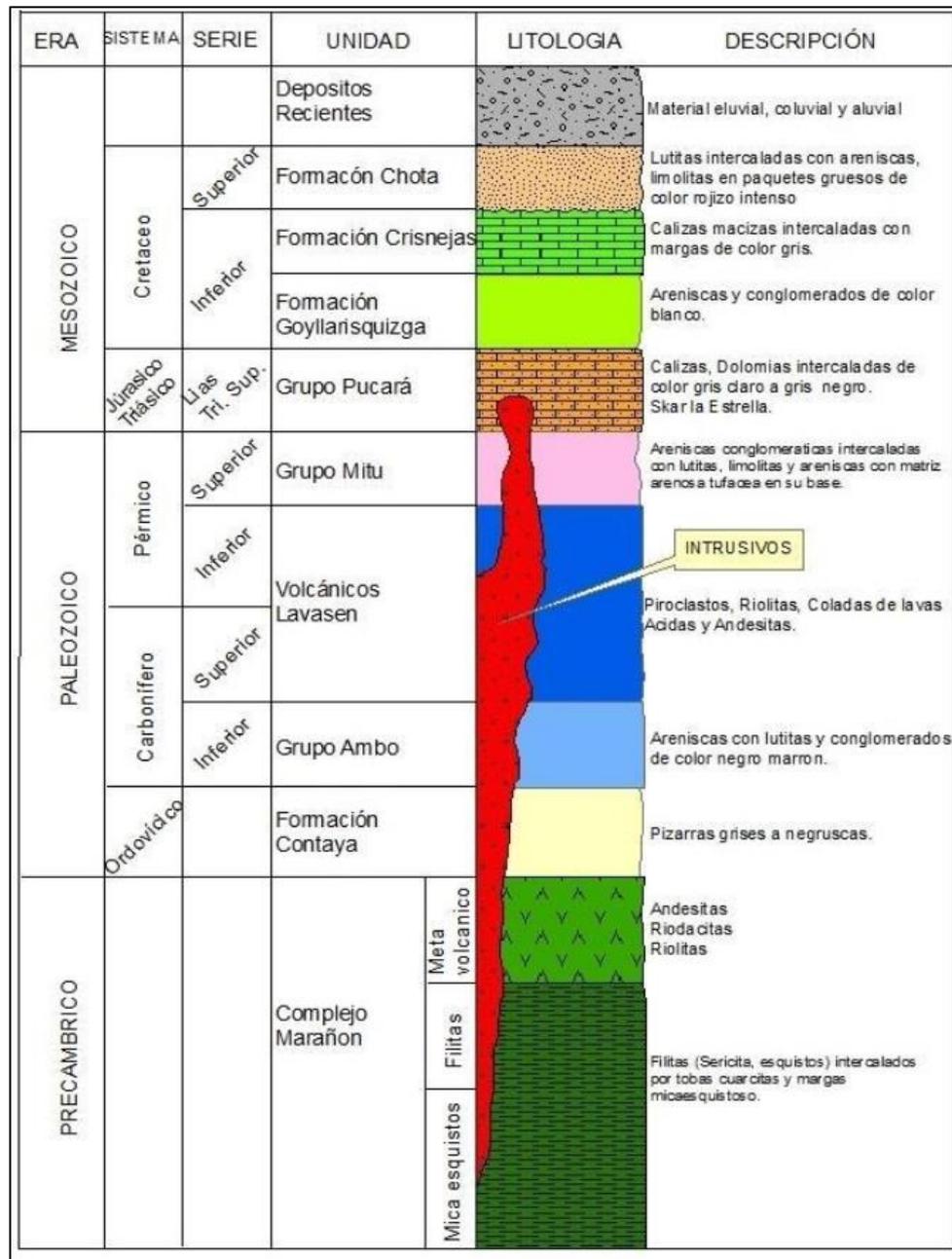


Figura 3.2 Columna Lito-Estratigráfica de la Región de Pataz, Fuente: Cuadrángulo de Pataz - Ingemmet, modificado por (Alvarez - 2010).

3.5.2 Geología local

Comprende las unidades litológicas que van del precámbrico hasta el cuaternario, desde la más antiguo hasta lo reciente. Esto nos indica que se da desde Precámbrico que es el complejo Marañón, al Cámbrico al Ordovícico, que esta conformadas por pizarras oscuras, y filitas grisáceas con intercalaciones de esquistos y meta volcánicas. (Coba, 2017)

Estas fallas transversales de este depósito son de corto desplazamiento a excepción de las fallas horizontales la cual llega a desplazar 60m horizontales a la veta.

Está constituido por rocas **Granodiorita** el mayor componente litológico del batolito de Pataz, de textura holocristalina de grano medio, color gris claro que no muestran cambios o contactos marcados. En las granodioritas y variantes monzograníticas se observa enclaves de microdioritas. El contenido es: Cuarzo 40%, Plagioclasas 35%, Hornblenda (Máficos) 15%, Ortosa < 10%.

En algunos sectores afloran rocas **Monzogranitos** que tienen una textura fanerítica, holocristalino, de grano medio a grueso, de color gris claro blanquesino, presenta una cloritización y silicificación moderadas, se encuentra cortando y englobando a la secuencia del complejo Marañón y a las secuencias volcánicas. Su composición alta en cuarzo y ortoclasa le confiere una mayor dureza y resistencia.

También se constituye el segundo componente litológico con **Tonalita**, importante del batolito, son rocas calcio-sódicas holocristalinos de grano medio de color gris claro a verde oscuro, contiene variantes de pórfido tonalítico, está compuesto principalmente de cuarzo, y plagioclasas, como minerales secundarios de hornblenda y biotita, tienen bastante hornablenda por eso tienen una coloración más oscura que las granodioritas y granitos.

Las fracturas preexistentes a su mineralización tienen un rumbo en dirección a las grandes fallas NS y con variados buzamientos al NE. La mineralización de estas estructuras ha sido llenada con cuarzo y pirita que posteriormente fue fracturado por fallas trasversales dando origen las vetas tipo rosario. Estas fallas trasversales son de corto desplazamiento a diferencia de las fallas horizontales que llegan a medir 60 m. El Batolito de Pataz del Carbonífero está constituido litológicamente en su mayoría por granodioritas, de textura holocristalina de grano medio, con color gris claro que no muestran cambios o contactos marcados. Las rocas sedimentarias afloran SO al del Batolito de Pataz que corresponde a la formación Crisnejas. (Castañeda, 2019).

Estas son las principales formaciones rocosas que se presentan en la zona de estudio, las cuales han dado origen y se relacionan con la mineralización.

Grupo Excelsior. Aflora en la parte central y oeste del área de estudio, se compone principalmente de filitas con bajo grado de fracturamiento en superficie, y venillas de cuarzo, de piritita y material arcilloso compacto, presenta poca oxidación y existen tramos con alto grado de fracturamiento.

Metavolcánicos. Esta unidad corresponde a una secuencia de transición entre el Grupo Excelsior y el Grupo Mitu, consiste en secuencias volcánicas que han sufrido metamorfismo de bajo grado, presentan textura brechosa, débil a moderado fracturamiento con una presencia intensa de venillas de calcita, y ligera mineralización de sulfuros.

Grupo Mitu. Localmente el grupo Mitu consiste de volcánicos andesíticos, presenta zonas de moderado a bajo grado de fracturamiento, en las zonas con fracturamiento moderado se puede observar venillas y cavidades mineralizadas con sulfuros además de una fuerte presencia de óxidos mientras que en los tramos con bajo grado de fracturamiento la andesita presenta zonas con una textura brechada, además se puede observar abundantes venillas mineralizadas con sulfuros, venillas de calcita y algunos niveles arcillosos pero con poca presencia de óxidos.

Grupo Pucará. El grupo Pucará está compuesto de calizas, con un fracturamiento de moderado a alto, las zonas donde el fracturamiento es moderado se encuentra relleno con venillas de calcita y escasa oxidación, mientras que en las zonas con alto grado de fracturamiento se puede observar parte de la alteración hidrotermal (argilización), la calcita muestra un color gris oscuro con venillas de calcita, alternan ocasionalmente con unidades de lutitas gris violáceas y rojizas así como margas y areniscas calcáreas. (Cuadros, 2015)

3.5.3 Geología estructural

A partir de la determinación de la cinemática y relación temporal de las fallas se puede decir que el Distrito minero ha sido afectado por los diferentes eventos tectónicos del pasado en los últimos 300 Ma, dando como resultado a un complejo de estructuras muy definidas. No presenta mucha foliación por la que se infiere instruyó la corteza superior en una zona extensional. Dicha zona extensional se habría reactivado como consecuencia de sistema de fallas oblicuas durante la mineralización también de nuevo otro fallamiento post mineralización. Está formado por el siguiente sistema de vetas y fallas. (Castañeda, 2019).

Sistema de vetas. - corresponde a un yacimiento gigante a un típico yacimiento Orogénico con mineralización de Au, y como subproducto Ag. Se ha explorado y de a explotado desde el nivel 4200 msnm (afloramiento) siendo el último nivel de desarrollo el 2370 msnm, con evidencias de mineralización económica hasta la cota 1800 msnm. Con profundidades de mineralización de 4.2 Km y de buzamiento (Bz 30°), además está conformado por las vetas: Esperanza, Daniela, Sistema Cabanas, Valeria de un alineamiento NO-SE buzando al NE. (Camino, 2015)

Sistema de Fallas (EO). - Fallas de rumbo EO a N70°E, con buzamientos mayores a 60° al NO con cinemática normal, sinextral son fallas post mineralización.

Sistema de Fallas (NO-NS). - Como un evento posterior a los dos anteriores, se tiene el sistema gravitacional de rumbo N30°O a NS con alto buzamiento al O, de cinemática inversa – dextral. (Coba, 2017)

3.6 Geomecánica

Las condiciones geomecánicas que presenta la chimenea (CH – 2226) y el crucero (Cx – 2226), en la Unidad Minera Parcoy CMH, están relacionadas con la inestabilidad y la deformación progresiva de la sección de las subterráneas, considerando los parámetros geomecánicos tales como: cohesión, resistencia a la compresión, ángulo de fricción para el procesamiento de datos, análisis e interpretación de resultados para utilizar el tipo de sostenimiento que será requiere estas labores subterráneas.

El espaciado es mayormente a 0,02 a 0,21, con familias de 3 y 4 de discontinuidades, con una resistencia de roca que oscila entre 40 a 80 MPa con alteración intensa, existe agua subterránea por goteo y por flujos en las galerías. Las labores primarias están emplazadas principalmente en granodioritas muy fracturadas y húmedo debido a la presencia de agua que existe en las discontinuidades esto genera una disminución de calidad de roca y cuñas que ocasionan un desprendimiento de rocas.

En labores secundarias que se desarrollan y están emplazadas por rocas granodioritas intensamente fracturado y muy húmedas, con vetas de potencia mu variable en forma de clavos oreshoots, con labores de explotación de hasta 15 m de potencia, 6.0 m de alto y 80 m de largo. (CMH, 2018).

Para realizar el análisis del macizo rocoso de la chimenea y galería adjunta se utilizan los softwares como: RocData, DIPS y Phase2. De esta forma se determinará el comportamiento

Geomecánico mediante los métodos RMR y Q de Barton, de esta forma emplear un tipo de sostenimiento adecuado.

Cálculo del RQD

El cálculo del Índice de calidad de la roca o RQD, nos permite identificar el grado de unión de la masa rocosa. donde se ha realizado el mapeo de línea de detalle o mapeo por celdas. Ya que en nuestra área de estudio no es necesario usar testigos ya que se puede obtener una mejor imagen del macizo rocoso a partir del mapeo, Se calcula con la siguiente ecuación:

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

$$\lambda = \frac{N^0 \text{ disc.}}{1m}$$

Tabla 3.3 Cálculo del RQD, de las estaciones P-01 hasta P - 05

Puntos de control	λ	Cálculo del RQD	RQD	Calidad de la Roca
P - 01	17	$RQD = 100 \cdot e^{-0.1(17)} \cdot (0.1(17) + 1)$	49	Regular
P - 02	18	$RQD = 100 \cdot e^{-0.1(18)} \cdot (0.1(18) + 1)$	46	Regular
P - 03	20	$RQD = 100 \cdot e^{-0.1(20)} \cdot (0.1(20) + 1)$	41	Mala
P - 04	21	$RQD = 100 \cdot e^{-0.1(21)} \cdot (0.1(21) + 1)$	38	Mala
P - 05	20	$RQD = 100 \cdot e^{-0.1(20)} \cdot (0.1(20) + 1)$	41	Mala

Este cálculo sirve para realizar la clasificación geomecánica RMR 89. Ya que es un parámetro de tal clasificación geomecánica.

3.6.1 Estación Geomecánica P-01

Está conformada litológicamente por Granodioritas fracturado con estimación de una resistencia R4, que está categorizado en términos de roca muy resistente, por tener una valoración de 78.204 MPa. el macizo rocoso con una calidad de roca según al RMR, de tipo IV-A, esto nos indica que es (Mala), siendo definido por tres familias de discontinuidades con espaciamiento, con valor de menor de 0.06 mm.

Presentado en su estructura de superficie ondulada, con rellenos de roca triturada, muy alterada, afectada por la humedad constante que presenta en el punto geomecánica P-01.



Foto 3. 1 Estación Geomecánica P – 01

Cálculo del RMR de la Punto Geomecánica P-01.

Tabla 3.4 Clasificación RMR89, punto Geomecánica P-01.

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10 – 4	4 – 2	2 – 1	Compresión Simple (Mpa)		
		compresión	> 250 R6	250 – 100 R5	100 – 50 R4	50 – 25 R3	25 – 5 R2	5 – 1 R1	< 1 R0
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m.	0.6 - 2 m.	0.2 - 0.6 m.	0.06 - 0.2 m.	< 0.06 m.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m.		
		Puntuación	6	5	3	2	0		
		Abertura	Nada	< 0.1	0.1 - 1.0 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugoso	Ligeramente Rug.	Ondulada	Suave		

		Puntuación	6	5	3	1	0
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm.	Relleno duro > 5 mm.	Relleno blando < 5 mm.	Relleno blando > 5 mm.
		Puntuación	6	4	2	2	0
		Alteración	Alterada	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta
		Puntuación	6	5	3	1	0
5	Agua freática	Caudal por 100 m de túnel	Nula	< 10 litros/min.	10 – 25 litros/min.	25 – 125 litros/min.	> 125 litros/min.
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
		Estado general	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo
		Puntuación	15	10	7	4	0

$$\text{RMR}_{\text{Básico}} = 7 + 6 + 5 + 5 + 1 + 1 + 4 + 3 + 10 = 42$$

Corrección con las curvas de correlación:

$$\text{RMR}_{\text{Básico Corregido}} = 7.8 + 7.6 + 5.6 + 5 + 1 + 1 + 4 + 3 + 10 = 45$$

Tabla 3.5 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P-01.

Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentación	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

$$\text{RMR}_{\text{Corregido}} = 7.8 + 7.6 + 5.6 + 5 + 1 + 1 + 4 + 3 + 10 - 5 = 40$$

– Análisis por software DIPS de la estación Geomecánica P-01

En el análisis cinemático de la estación Geomecánica P-01, que se muestra en la Figura 3.3 que la intersección de las tres familias de discontinuidad están formando un prisma de base triangular, con planos de intersección de estas diaclasas: D-1 y D-2: 60°/126° (D/DD) ; D y D-2: 83°/036° (D/DD); D y D-1: 41°/019° (D/DD), si analizamos a las familias de las discontinuidades, se muestran cuñas de diferentes tamaños que relativamente no son cortados por el ángulo de fricción de 23°, determinando caída de bloques por gravedad.

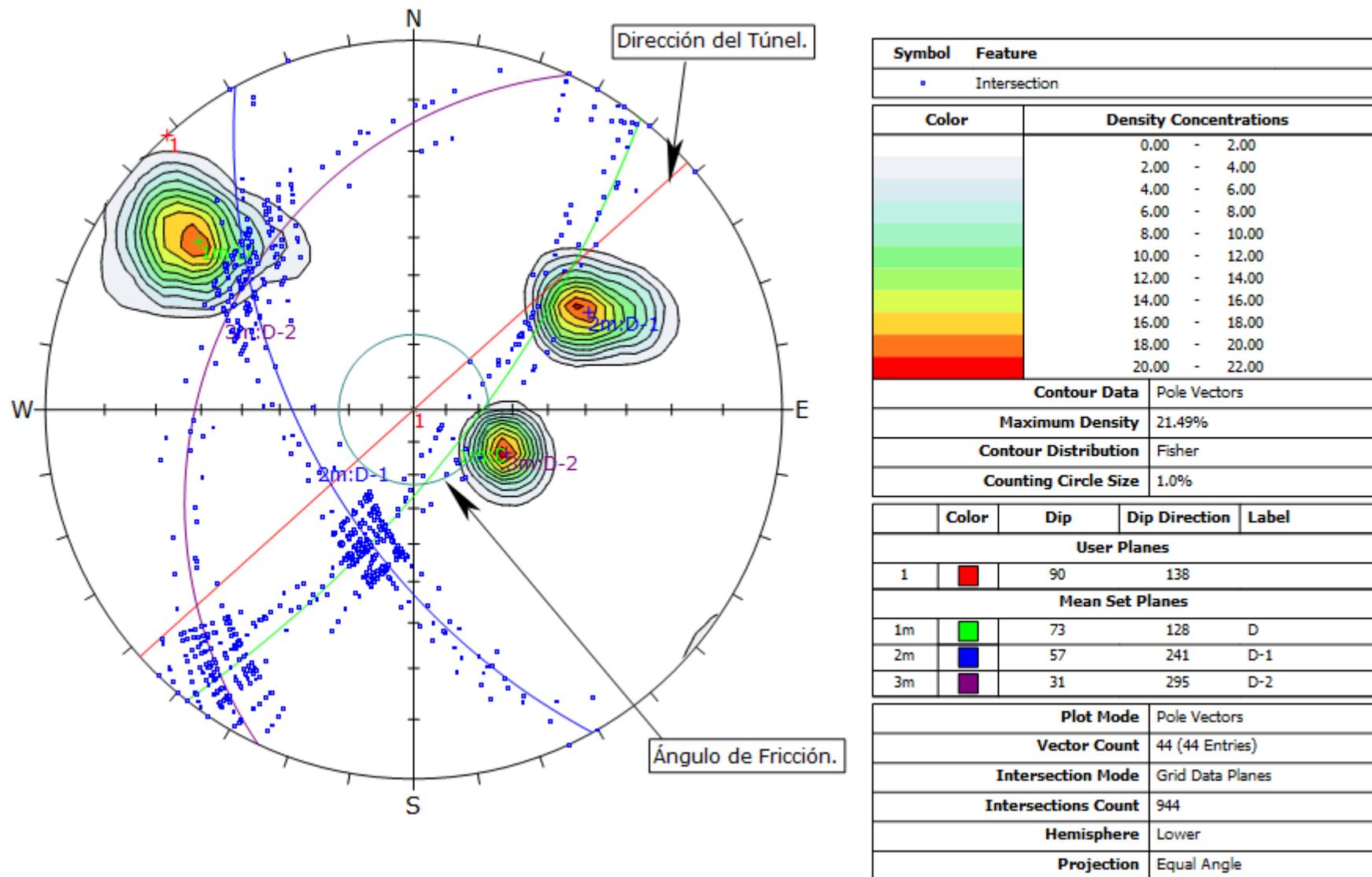


Figura 3.3 Proyección estereográfica la de estación P-01 genera caída de rocas por gravedad.

3.6.2 Estación Geomecánica P-02

En esta estación lo conforman rocas granodioritas alteradas por flujos de mineralización hidrotermal que cambiaron la composición mineralógica por ende la textura de las rocas cajas determinando laminaciones consecutivas, que cortan a las sección subterránea transversalmente y esto ocasiona el desprendimiento, por lo tanto no genera seguridad en las cajas de las roca competentes para las actividades subterráneas por su baja resistencia de 73.416 MPa., y por las condiciones que presenta las secciones geométricas categorizándose como una roca tipo R4, Según el RMR, mostrando cuatro familias de discontinuidades con apertura de 0.3 a 0.5 mm. Y espaciados menores a 0.006 m. con superficie ondulada, con rellenos de roca triturada, muy alterada, afectada por la humedad constante que presenta en el punto geomecánica P – 02. La familia de discontinuidades está formada por S1, con orientación NE – SW y se representa como D/DD (70/201°), el segundo S2 con orientación NW – SE y está representada por el D/DD (21°/277°), por su parte el S3 tiene una orientación NW – SE y se representa con un /DD de (77°/347°). Estas tres familias de discontinuidades se encuentran sub paralelos a las labores subterráneas.



Foto 3. 2 Estación Geomecánica P – 02

Tabla 3.6 Sistema de discontinuidades del tramo P-02

SET	DIP	DIP DIRECTION
S1	70°	201
S2	21°	277°
S3	77°	347°

Tabla 3.7 Clasificación RMR89, punto Geomecánica P-02.

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión Simple (Mpa)		
		compresión Simple	> 250 R6	250 - 100 R5	100 - 50 R4	50 - 25 R3	25 - 5 R2	5 - 1 R1	< 1 R0
Puntuación			15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m.	0.6 - 2 m.	0.2 - 0.6 m.	0.06 - 0.2 m.	< 0.06 m.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m.		
		Puntuación	6	5	3	2	0		
		Abertura	Nada	< 0.1	0.1 - 1.0 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugoso	Ligeramente Rug.	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm.	Relleno duro > 5 mm.	Relleno blando < 5 mm.	Relleno blando > 5 mm.		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Alterada	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 100 m de túnel	Nula	< 10 litros/min.	10 - 25 litros/min.	25 - 125 litros/min.	> 125 litros/min.		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		

$$\text{RMR}_{\text{Básico}} = 7 + 6 + 5 + 5 + 1 + 1 + 4 + 3 + 10 = 42$$

Corrección con las curvas de correlación:

$$\text{RMR}_{\text{Básico Corregido}} = 7.6 + 6.8 + 5.6 + 5 + 1 + 1 + 4 + 3 + 10 = 44$$

Tabla 3.8 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P2.

Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentación	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

$$\text{RMR}_{\text{Básico Corregido}} = 7.6 + 6.8 + 5.6 + 5 + 1 + 1 + 4 + 3 + 10 - 5 = 39$$

– **Análisis por software DIPS de la estación Geomecánica P-02**

Cinemáticamente la estación Geomecánica P-02, que muestra en la Figura 3.4 se tiene la intersección de las tres familias de discontinuidades forman cuñas definidas: y están formando un prisma de base triangular, con planos de intersección de estas diaclasas: D-1 y D-2: 70°/083° (D/DD); D y D-1: 69°/103° (D/DD); D y D-2: 44°/91° (D/DD), determinados bloques se desprenden por gravedad a favor de las diaclasas D-1 y D-2 de los hastiales del túnel, realizado todo este del túnel en esta estación con un ángulo de fricción de 31°.

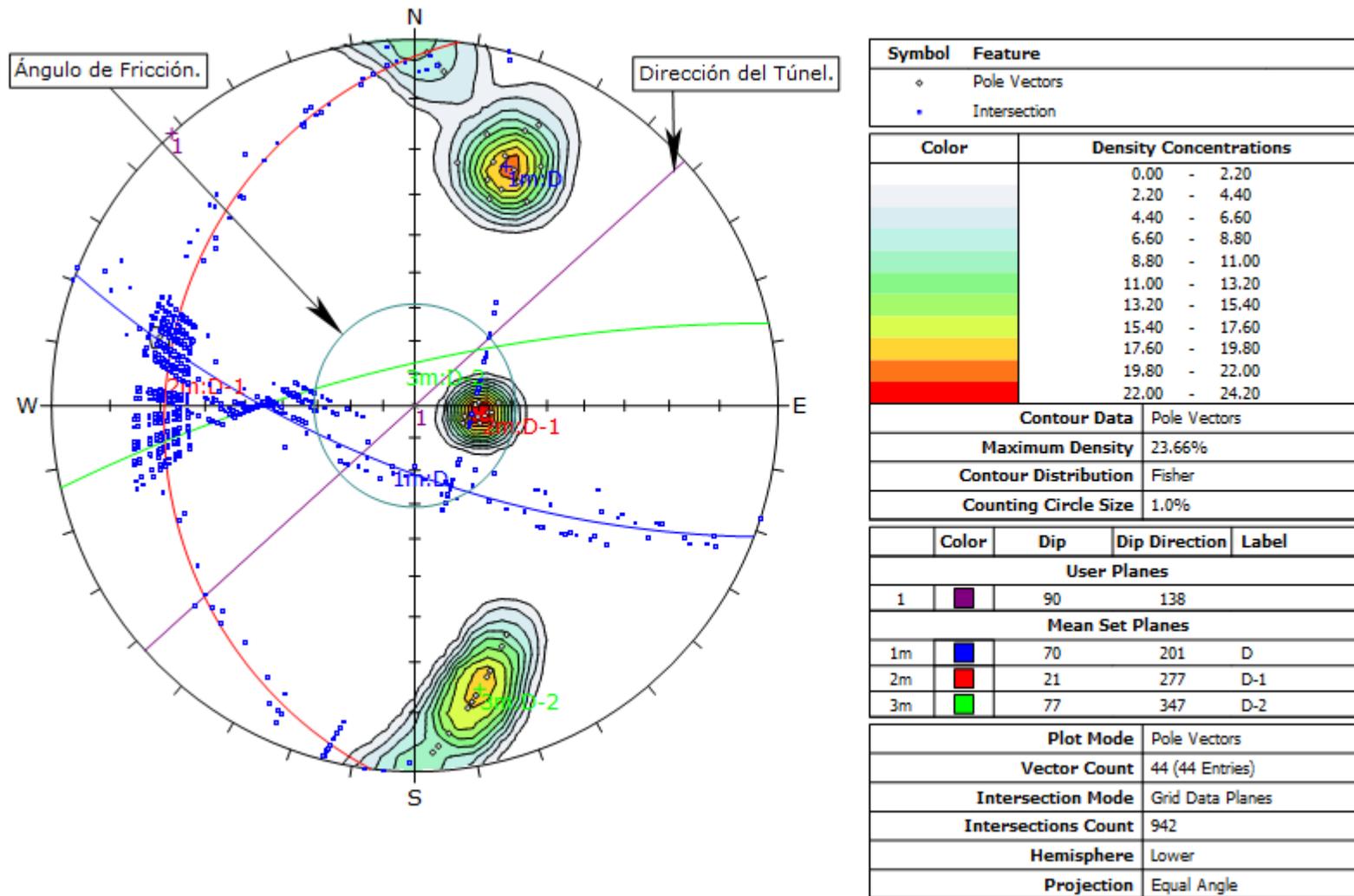


Figura 3.4 Proyección estereográfica la de estación P-02 genera caída de rocas por gravedad.

3.6.3 Estación Geomecánica P-03

Esta estación se localizó en la chimenea (CH-2226), con longitud 210 m. de sección 2.5 m X 2.5 m con una azimuth de 228.42°, inclinación de 90°, esta labor subterránea se ubica entre los niveles en el crucero (Cx2226) y el nivel (Cx2245), cuyo macizo rocoso de calidad regular tipo IV – B, mala y tienen una orientación, dentro de los estratos rocosos está conformado litológicamente por granodioritas alteradas, esto ocasiona el desprendimiento de rocas, por tal motivo no genera seguridad en las paredes de la chimenea por ser de roca incompetente para las actividades subterráneas por su baja resistencia de 51.284 MPa, y por las condiciones que presenta las secciones geométricas categorizándose como una roca tipo R4, Según el RMR, mostrando cuatro familias de discontinuidades con apertura de 3 a 5 mm. Y espaciados menores a 0.06 m. con superficie ondulada, con rellenos de roca triturada, muy alterada, afectada por la humedad constante que presenta en el punto geomecánica P-03.



Foto 3. 3 Estación Geomecánica P – 03, con sostenimiento.

Tabla 3.9 Clasificación RMR89, punto Geomecánica P-03.

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión Simple (Mpa)		
		compresión Simple	> 250 R6	250 - 100 R5	100 - 50 R4	50 - 25 R3	25 - 5 R2	5 - 1 R1	< 1 R0
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m.	0.6 - 2 m.	0.2 - 0.6 m.	0.06 - 0.2 m.	< 0.06 m.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m.		
		Puntuación	6	5	3	2	0		
		Abertura	Nada	< 0.1	0.1 - 1.0 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugoso	Ligeramente Rug.	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm.	Relleno duro > 5 mm.	Relleno blando < 5 mm.	Relleno blando > 5 mm.		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Alterada	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 100 m de túnel	Nula	< 10 litros/min.	10 - 25 litros/min.	25 - 125 litros/min.	> 125 litros/min.		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		

$$RMR_{\text{Básico}} = 7 + 6 + 5 + 5 + 1 + 1 + 2 + 3 + 7 = 37$$

Corrección con las curvas de correlación:

$$RMR_{\text{Básico Corregido}} = 7.8 + 6.6 + 5.6 + 5 + 1 + 1 + 2 + 3 + 7 = 39$$

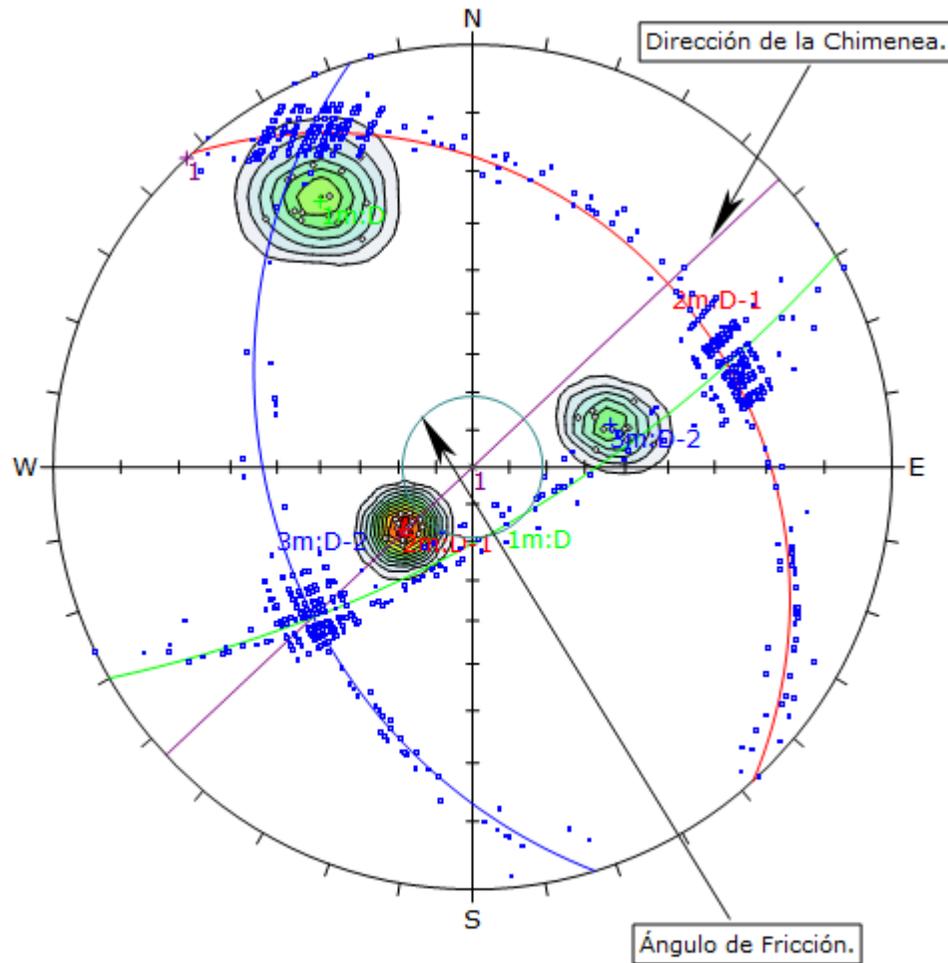
Tabla 3.10 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P-03.

Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentación	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

$$\text{RMR}_{\text{Básico Corregido}} = 7.8 + 6.6 + 5.6 + 2 + 1 + 1 + 2 + 3 + 7 - 5 = 34$$

– **Análisis por software DIPS de la estación Geomecánica P-03**

En la estación Geomecánica N° 3, el análisis Cinemático, que muestra en la Figura 3.5 se presenta las intersección de las tres set de familias de discontinuidades estas forman cuñas biplanares con bases regulares de forma triangulares que tienen intersección de diaclasas (D/DD): D-1 y D-2: 83°/153°; D y D-1: 62°/247°; D y D-2: 54°/048°, cada familia de discontinuidades de estas diaclasas, cortan transversalmente la azimuth 228.42° de la chimenea determinados cuñas que son cortados por un ángulo de fricción de 22° se desprenden por gravedad a favor de las diaclasas D-1 y D-2 de los hastiales del túnel, realizado todo este del túnel en esta estación con un ángulo de fricción de 19°. Esta caída de bloques se realiza por desprendimiento en función de la familia de diaclasas de las discontinuidades D-1, con orientaciones de SE.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
•	Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.30
	3.30 - 6.60
	6.60 - 9.90
	9.90 - 13.20
	13.20 - 16.50
	16.50 - 19.80
	19.80 - 23.10
	23.10 - 26.40
	26.40 - 29.70
	29.70 - 33.00
	33.00 - 36.30

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	35.90%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	■	90	137	
Mean Set Planes				
1m	■	72	150	D
2m	■	25	48	D-1
3m	■	38	253	D-2

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	44 (44 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	944
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figura 3.5 Proyección estereográfica la de estación P-03 genera caída de rocas por gravedad.

3.6.4 Estación Geomecánica P-04

Esta estación geomecánica se ubica también en la chimenea de sección de 2.5 m X 2.5 m, pero en la parte superior y continua de la estación N° 3. Constituido por roca granodiorita regular esta labor se ubica en zona estéril, el macizo rocoso en este punto es de calidad regular tipo IV – A mala, con sistemas de discontinuidades de cuatro familias, con dimensiones, por el fracturamiento del macizo roco que se genera el desprendimiento de rocas, por lo tanto no genera seguridad en las paredes de esta labor subterránea, y por las condiciones que presenta las secciones geométricas categorizándose como una roca incompetente para las actividades subterráneas por su baja resistencia de 50.684 MPa, con un tipo de roca R4, Según el RMR, mostrando tres familias de discontinuidades con apertura de 3 a 5 mm. Y espaciados menores a 0.006 m. con superficie ondulada, con rellenos de roca triturada, muy alterada, afectada por la humedad constante que presenta en el punto geomecánica P-04

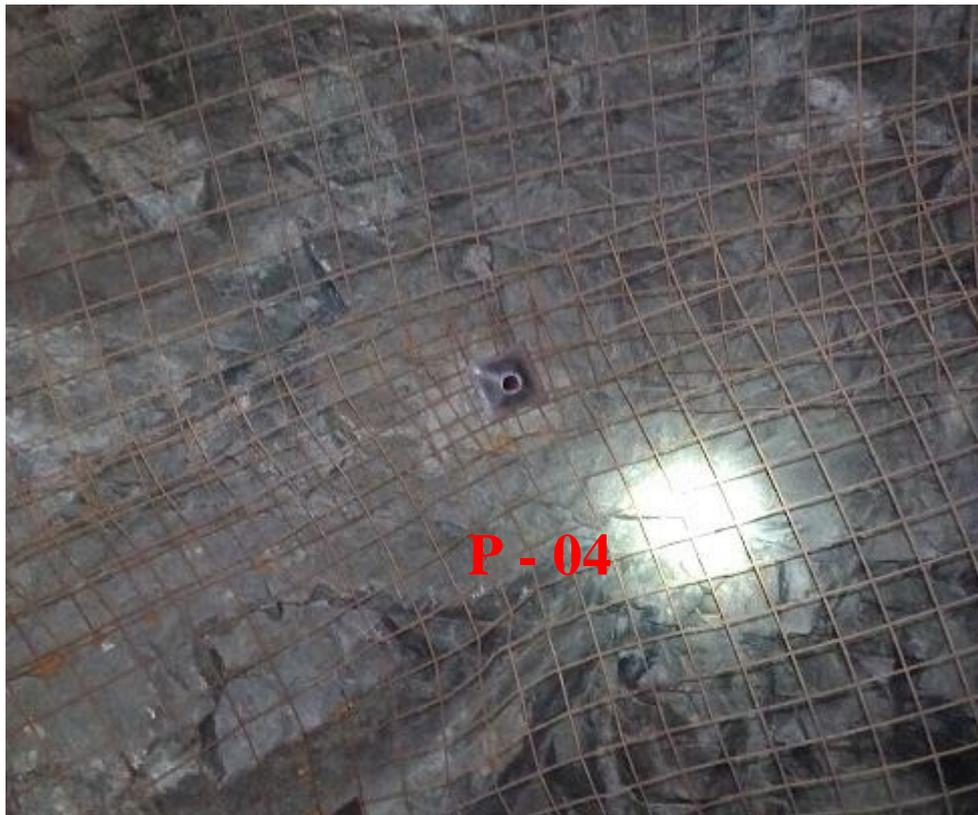


Foto 3. 4 Estación Geomecánica P – 04, Sostenimiento con Split Set y Malla.

Tabla 3.11 Clasificación RMR89, punto Geomecánica P-04.

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión Simple (Mpa)		
		compresión Simple	> 250 R6	250 - 100 R5	100 - 50 R4	50 - 25 R3	25 - 5 R2	5 - 1 R1	< 1 R0
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m.	0.6 - 2 m.	0.2 - 0.6 m.	0.06 - 0.2 m.	< 0.06 m.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m.		
		Puntuación	6	5	3	2	0		
		Abertura	Nada	< 0.1	0.1 - 1.0 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugoso	Ligeramente Rug.	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm.	Relleno duro > 5 mm.	Relleno blando < 5 mm.	Relleno blando > 5 mm.		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Alterada	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 100 m de túnel	Nula	< 10 litros/min.	10 - 25 litros/min.	25 - 125 litros/min.	> 125 litros/min.		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		

$$RMR_{\text{Básico}} = 7 + 6 + 5 + 5 + 3 + 1 + 2 + 3 + 7 = 39$$

Corrección con las curvas de correlación:

$$RMR_{\text{Básico Corregido}} = 7.3 + 6.4 + 5.3 + 5 + 3 + 1 + 2 + 3 + 7 = 40$$

Tabla 3.12 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P-04.

Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentación	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

$$\text{RMR}_{\text{Básico Corregido}} = 7.3 + 6.4 + 5.3 + 5 + 3 + 1 + 2 + 3 + 7 - 5 = 35$$

– **Análisis por software DIPS de la estación Geomecánica P-04**

La proyección estereográfica y su análisis cinemático de la Figura 3.6, Se muestran cinco cuñas en forma triangulares, en la parte derecha de la chimenea que están definidas por planos de intersección y orientación con deslizamiento de las diaclasas D, D-1 y D-2. Cuyos planos de intersección de las familias de las diaclasas (D/DD): D y D-1: 47/328; D y D-2: 57°/283; D-1 y D-2: 35°/267°, sufren el desprendimiento de bloques de rocas formando estas cuñas, que afectan la estabilidad de la labor subterránea, que presenta un ángulo de fricción de 22°.

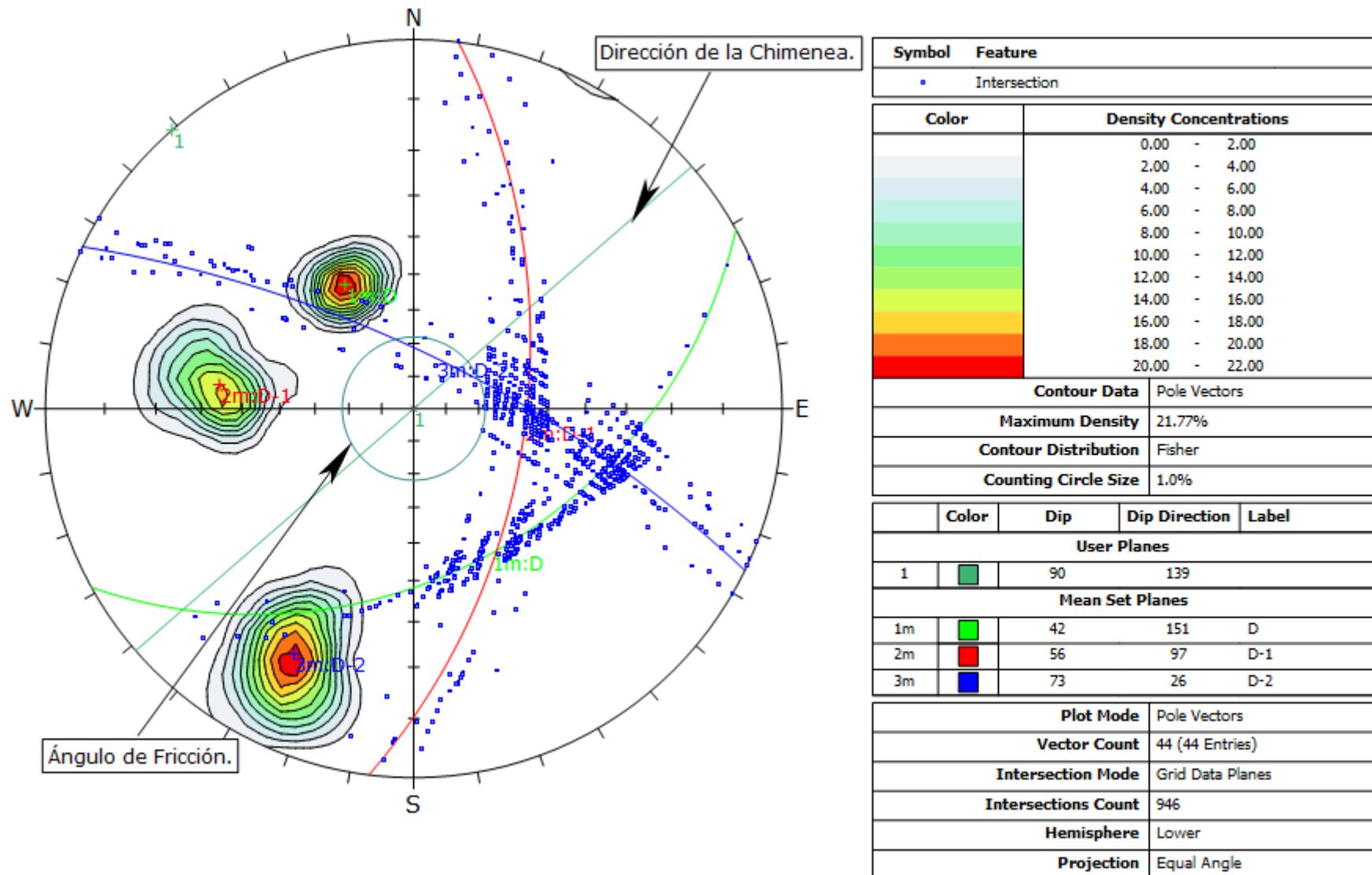


Figura 3.6 Proyección estereográfica la de estación P-04 genera caída de rocas por gravedad.

3.6.5 Estación Geomecánica P-05

En esta última estación se localiza en labor vertical con inclinación de 90° , con una de Azimut 228.42°N , la chimenea está conformada por rocas granodioritas regular a competente, se ubica en una zona estéril con textura de las rocas cajas determinando laminaciones consecutivas, que cortan a las sección subterránea transversalmente y esto ocasiona el desprendimiento en algunas partes, por lo tanto no genera seguridad en las cajas de las roca competentes para las actividades subterráneas por su baja resistencia de 50.034 MPa., y por las condiciones que presenta las secciones geométricas categorizándose como una roca tipo R4, Según el RMR, mostrando cuatro familias de discontinuidades con apertura de 3 a 5 mm. Y espaciados menores a 0.06 m. con superficie ondulada, con rellenos de roca triturada, muy alterada, afectada por la humedad constante que presenta en el punto geomecánica P-05.



Foto 3. 5 Estación Geomecánica P – 05

Tabla 3.13 Clasificación RMR89, punto Geomecánica P-05.

1	Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)	Ensayo de carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	Compresión Simple (Mpa)		
		compresión Simple	> 250 R6	250 - 100 R5	100 - 50 R4	50 - 25 R3	25 - 5 R2	5 - 1 R1	< 1 R0
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m.	0.6 - 2 m.	0.2 - 0.6 m.	0.06 - 0.2 m.	< 0.06 m.		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m.	1 - 3 m.	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m.		
		Puntuación	6	5	3	2	0		
		Abertura	Nada	< 0.1	0.1 - 1.0 mm.	1 - 5 mm.	> 5 mm.		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugoso	Rugoso	Ligeramente Rug.	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm.	Relleno duro > 5 mm.	Relleno blando < 5 mm.	Relleno blando > 5 mm.		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Alterada	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 100 m de túnel	Nula	< 10 litros/min.	10 - 25 litros/min.	25 - 125 litros/min.	> 125 litros/min.		
		Relación: Presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		

$$RMR_{\text{Básico}} = 4 + 6 + 8 + 5 + 1 + 1 + 2 + 3 + 7 = 37$$

Corrección con las curvas de correlación:

$$RMR_{\text{Básico Corregido}} = 4.3 + 6.4 + 8.3 + 5 + 1 + 1 + 2 + 5 + 7 = 38$$

Tabla 3.14 Corrección por orientación de discontinuidades, Punto Geomecánica P-05.

Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentación	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

$$RMR_{\text{Básico Corregido}} = 4.3 + 6.4 + 8.3 + 5 + 1 + 1 + 2 + 5 + 7 - 5 = 33$$

– **Análisis por software DIPS de la estación Geomecánica P-05**

En la Figura 3.7, se muestra en la proyección estereográfica y el movimiento cinemático, presenta una serie de cuñas definidas: una de estas cuñas tiene la forma prismática, ubicado en lateral derecho de la chimenea, y están formados por planos de intersección de las diaclasas con dirección (D/DD): D-1 y D: (16°/279°); D-2 y D: (64°/305°) D y D-1: (40°/010°), generando cuñas por caída de bloques por deslizamiento en función de la discontinuidad D-2 que afectan la estabilidad de la labor subterránea, que presenta un ángulo de fricción de 23°.

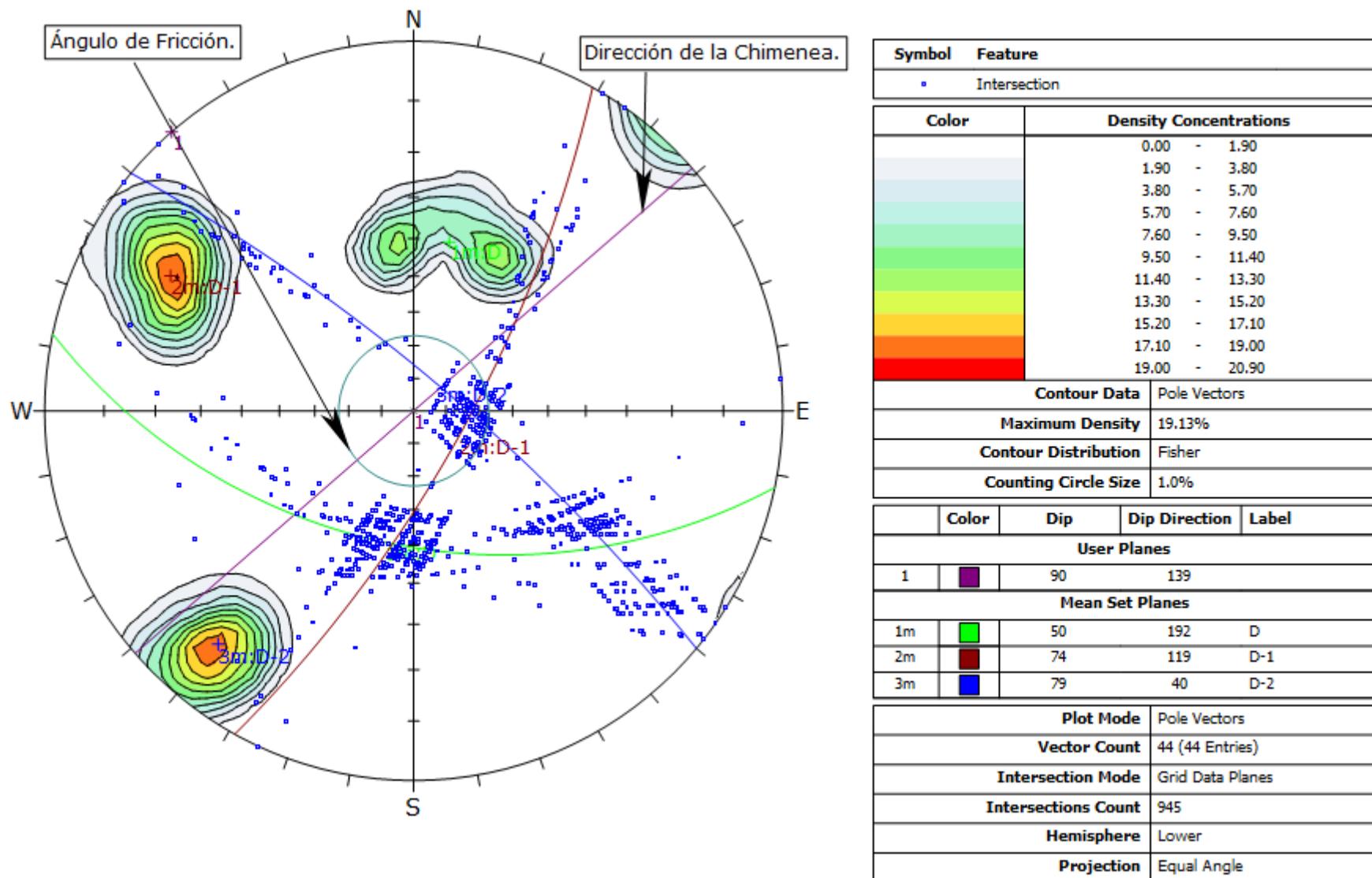


Figura 3. 7 Proyección estereográfica la de estación P-05 genera caída de rocas por gravedad.

Tabla 3.15 Resumen de calidad de macizos rocosos, RMR89. P-01 al P-05

Estación	Clase	Calidad	RMR89	Cohesión Kg/cm ²	Ángulo de rozamiento
P-01	IV	Mala A	40	1 – 2	15° - 25°
P-02	IV	Mala A	39	1 – 2	15° - 25°
P-03	IV	Mala A	34	1 – 2	15° - 25°
P-04	IV	Mala A	35	1 – 2	15° - 25°
P-05	IV	Mala A	33	1 – 2	15° - 25°

– **ANÁLISIS MEDIANTE EL SOFTWARE ROCDATA.**

Para realizar este análisis se recolectaron datos de campo para procesarlos en el software RocData 4.0 a fin de obtener los parámetros de resistencia del macizo rocoso, y estos mismos datos servirán para utilizarlo en el software Phase². En este análisis es necesario calcular en GSI, para esto se utiliza la formula GSI modificado, $GSI = 1.5JCond_{89} + RQD/2$. (Hoek et al. 2013). En las Tabla 3.16 presenta los datos que se emplea para analizar mediante el software Roc Data.

Tabla 3.16 Resumen de datos RMR₈₉ y GSI

Estación	RQD	JCond ₈₉	RMR89	GSI
P-01	49	12	40	43
P-02	46	14	39	44
P-03	41	12	34	39
P-04	38	14	35	40
P-05	41	12	33	39

Análisis de la estación P-01

La figura 3.8, muestra las curvas de color rojo y azul que representan la envolvente de rotura Hoek – Brown y de Morh – Coulomb respectivamente, estos gráficos presentan las tenciones principales, tenciones normales y de corte, utilizando el método de áreas equivalentes obteniéndose los datos geotécnicos y la línea de color verde, representa la denominada Línea de Mogi, estos datos se obtienen del aplicar el software RocData de la estación P-01.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA P-01

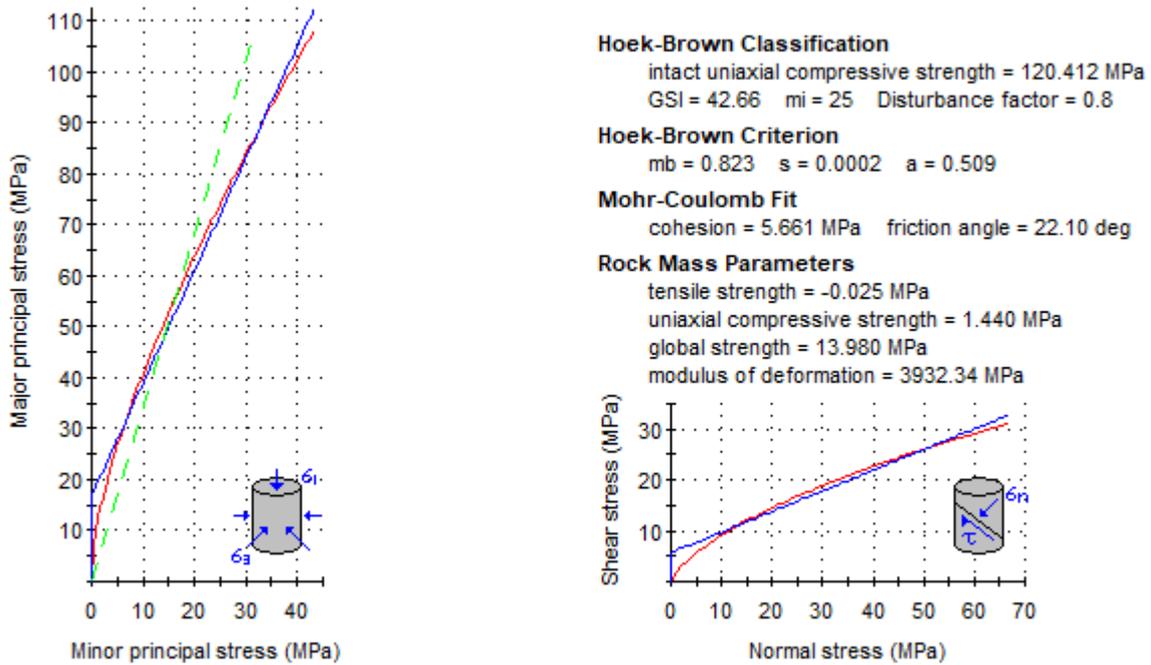
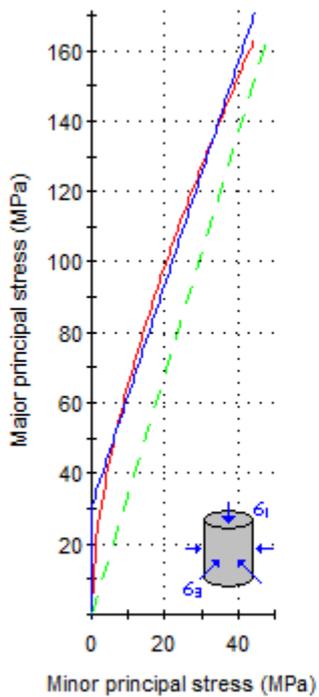


Figura 3.8 Envolvente curva de Hoek-Brown y lineal de Morh-Coulomb en la Estación P-01

Análisis de la estación P-02

El análisis de la figura 3.9, que muestra las curvas de color rojo y azul que representan la envolvente de rotura Hoek – Brown y de Morh – Coulomb respectivamente, estos gráficos presentan las tenciones principales, tenciones normales y de corte, utilizando el método de áreas equivalentes obteniéndose los datos geotécnicos y la línea de color verde, representa la denominada Línea de Mogi, estos datos se obtienen del aplicar el software RocData de la estación P-02.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA P-02



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 98.456 MPa
 GSI = 41.142 $m_i = 26$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion

$m_b = 3.177$ $s = 0.0014$ $a = 0.511$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 8.662 MPa friction angle = 31.17 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.045 MPa
 uniaxial compressive strength = 3.494 MPa
 global strength = 22.747 MPa
 modulus of deformation = 5958.97 MPa

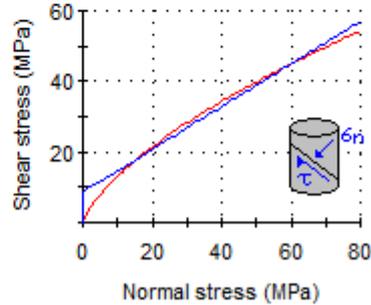


Figura 3.9 Envolvente curva de Hoek-Brown y lineal de Morh-Coulomb en la Estación P-02

Análisis de la estación P-03

La figura 3.10, muestra las curvas de color rojo y azul que representan la envolvente de rotura Hoek – Brown y de Morh – Coulomb respectivamente, estos gráficos presentan las tenciones principales, tenciones normales y de corte, utilizando el método de áreas equivalentes obteniéndose los datos geotécnicos y la línea de color verde, representa la denominada Línea de Mogi, estos datos se obtienen del aplicar el software RocData de la estación P-03.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA P-03

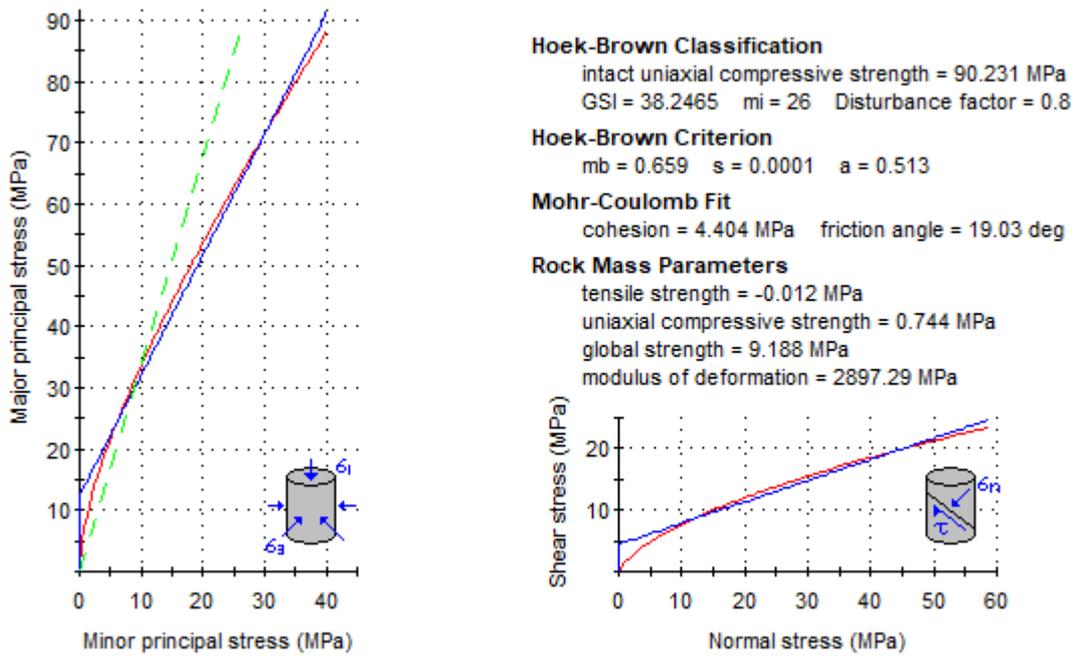


Figura 3.10 Envolvente curva de Hoek-Brown y línea de Morh-Coulomb en la Estación P-03

Análisis de la estación P-04

La figura 3.11, muestra las curvas de color rojo y azul que representan la envolvente de rotura Hoek – Brown y de Morh – Coulomb respectivamente, estos gráficos presentan las tenciones principales, tenciones normales y de corte, utilizando el método de áreas equivalentes obteniéndose los datos geotécnicos y la línea de color verde, representa la denominada Línea de Mogi, estos datos se obtienen del aplicar el software RocData de la estación P-04.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA P-04

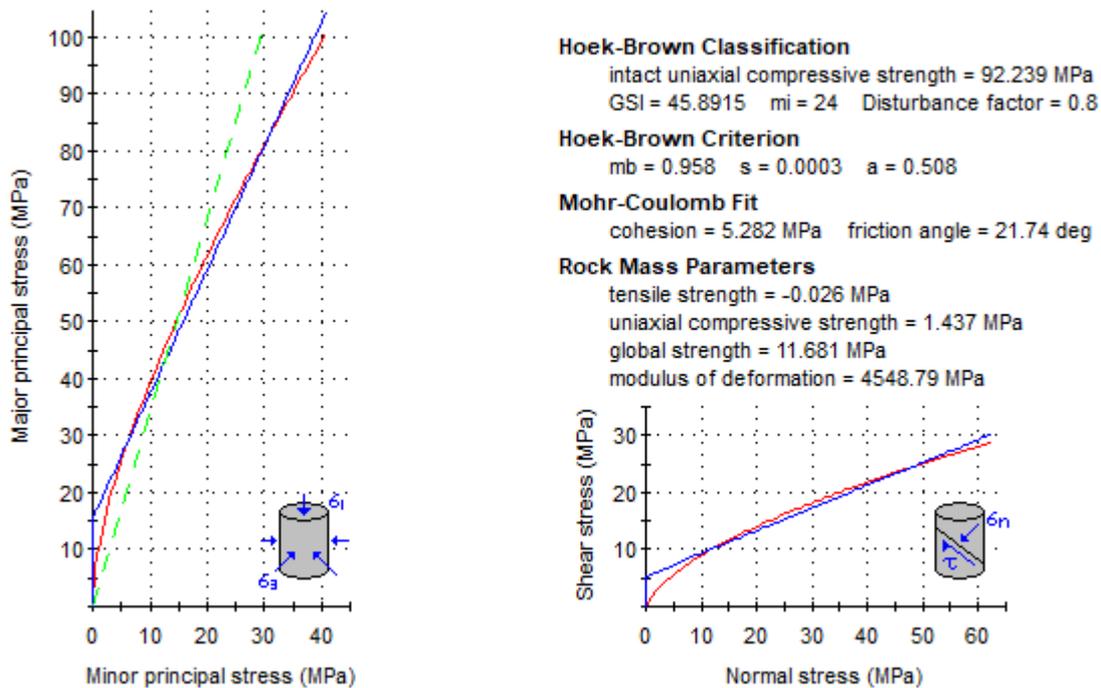


Figura 3.11 Envolvente curva de Hoek-Brown y lineal de Morh-Coulomb en la Estación P-04

Análisis de la estación P-05

La figura 3.12, muestra las curvas de color rojo y azul que representan la envolvente de rotura Hoek – Brown y de Morh – Coulomb respectivamente, estos gráficos presentan las tenciones principales, tenciones normales y de corte, utilizando el método de áreas equivalentes obteniéndose los datos geotécnicos y la línea de color verde, representa la denominada Línea de Mogi, estos datos se obtienen del aplicar el software RocData de la estación P-05.

ESTACIÓN GEOMECÁNICA P-05

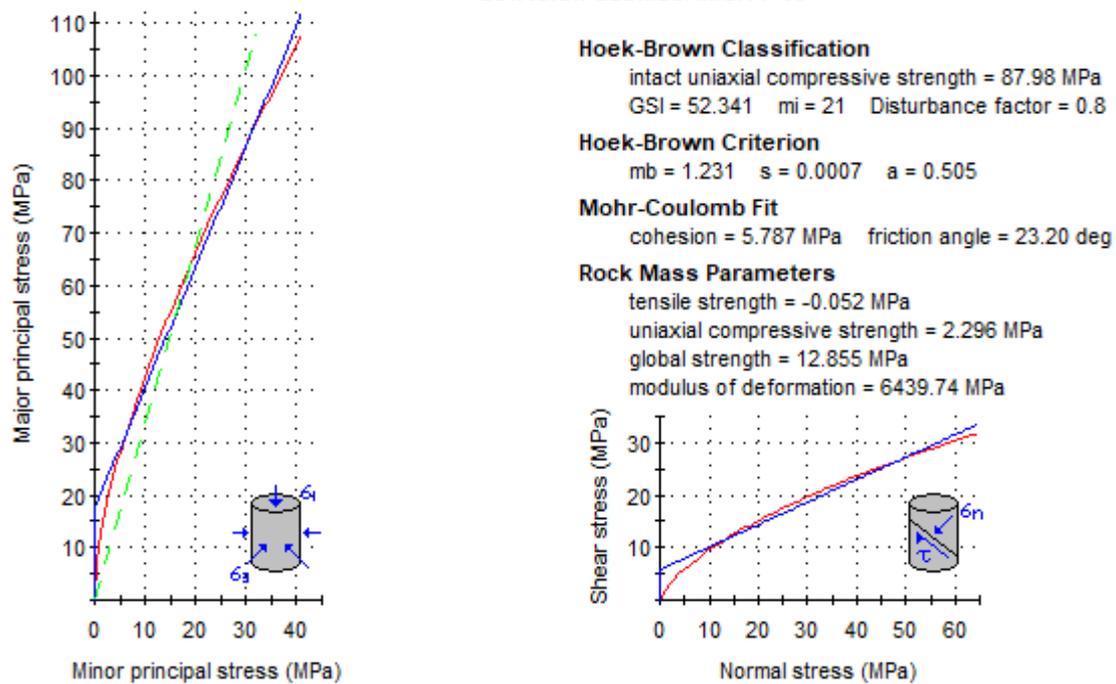


Figura 3.12 Envoltente curva de Hoek-Brown y lineal de Morh-Coulomb en la Estación P-05

- ANÁLISIS MEDIANTE EL SOFTWARE PHASE²

El análisis Geomecánica mediante el software Phase² realiza la concentración de los esfuerzos o tenciones, Factor de seguridad y desplazamientos totales alrededor de la sección trasversal originando en los hastiales vector y la clave de alineamiento deformacional.

Análisis por software Phase² de la estación Geomecánica P-01

En el análisis geotécnico mediante el software Phase2, que muestra la Figura 3.13, que define el estado tenso deformacional de la excavación subterránea, alrededor de la sección transversal, originando en los hastiales vectores y la clave de alineamiento deformacional, llegando a afectar hasta 0.433 mm. hasta la proyección de la aureola vectorial. También, muestra el escenario sin sismicidad, los desplazamientos totales en el contorno de la excavación, llegando a un valor mayor de 0.6513 mm.

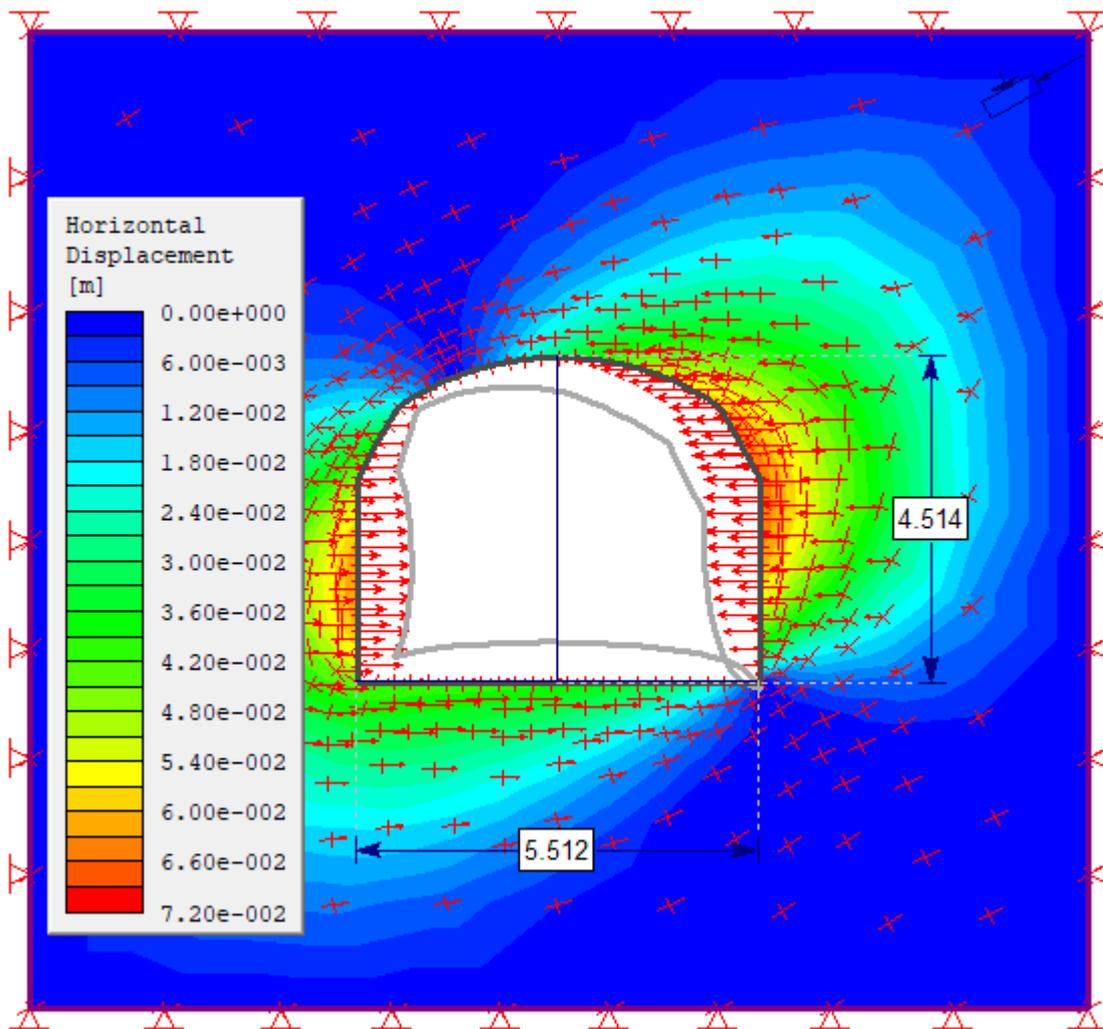


Figura 3.13 Estado tenso-deformacional del nivel Cx-2226 en Estación P-01.

En la Figura 3.14, se muestra el factor de seguridad (FS) que presentan una serie de colores en la sección transversal y su distribución en el contorno de la labor como valor máximo de 2.24 y un valor mínimo 0.52 en los hastiales, en el techo de la sección se tiene un factor de seguridad 0.78. se nota que en los hastiales y el techo se nota una zona plástica, por la interacción de las tensiones van a continuar deformándose si continúan las mismas condiciones de las labores, por tal motivo es necesario aplicar sostenimiento.

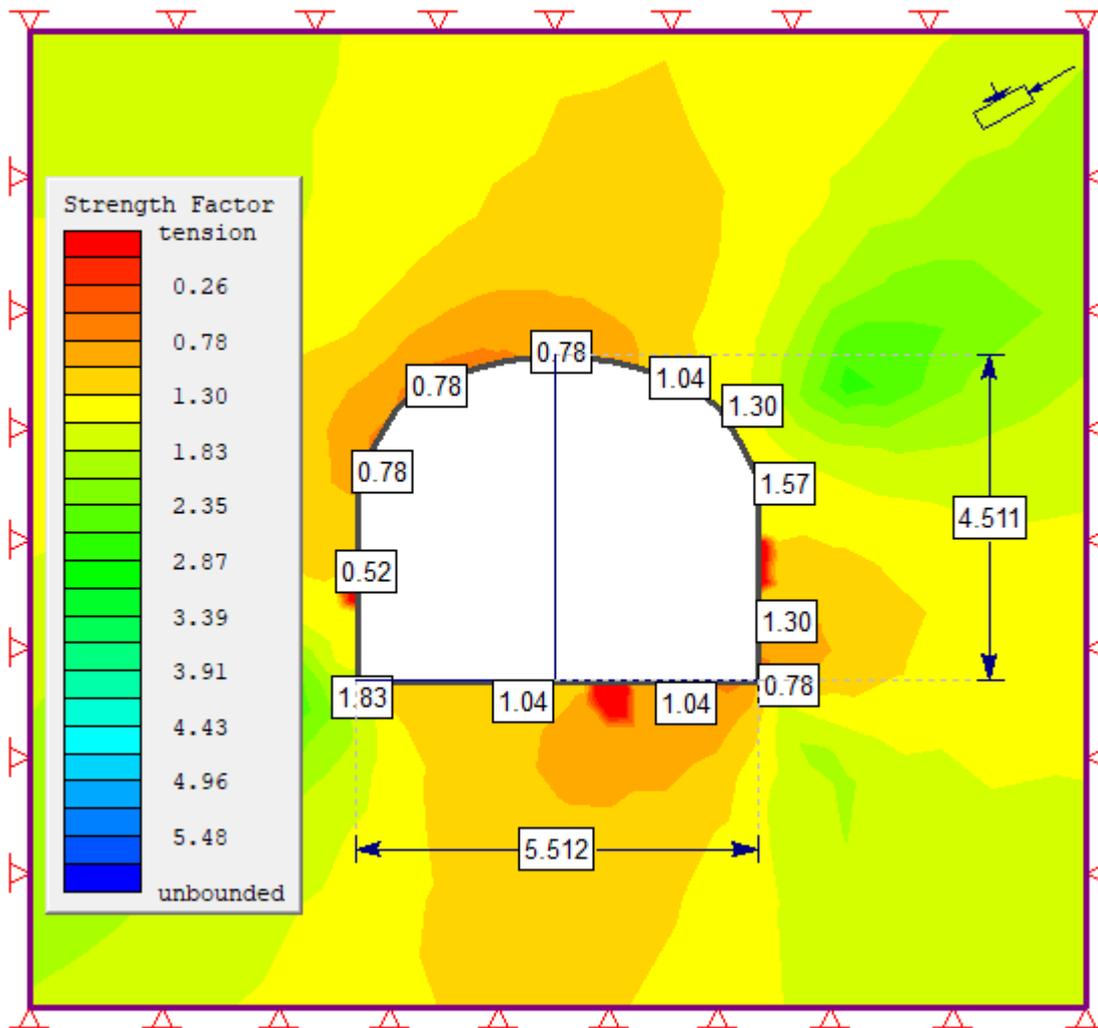


Figura 3.14 Factor de seguridad del Nivel Cx-2226 en Estación P-01.

Análisis por software Phase² de la estación Geomecánica P-02

En el análisis geotécnico mediante el software Phase2, que muestra la Figura 3.15, que define el estado tenso deformacional de la excavación subterránea, alrededor de la sección transversal, originando en los hastiales vectores y la clave de alineamiento deformacional, llegando a afectar hasta 0.6423 mm. hasta la proyección de la aureola vectorial. También en la Figura 3.15, muestra el escenario sin sismicidad, los desplazamientos totales en el contorno de la excavación, llegando a un valor mayor de 0.9213 mm.

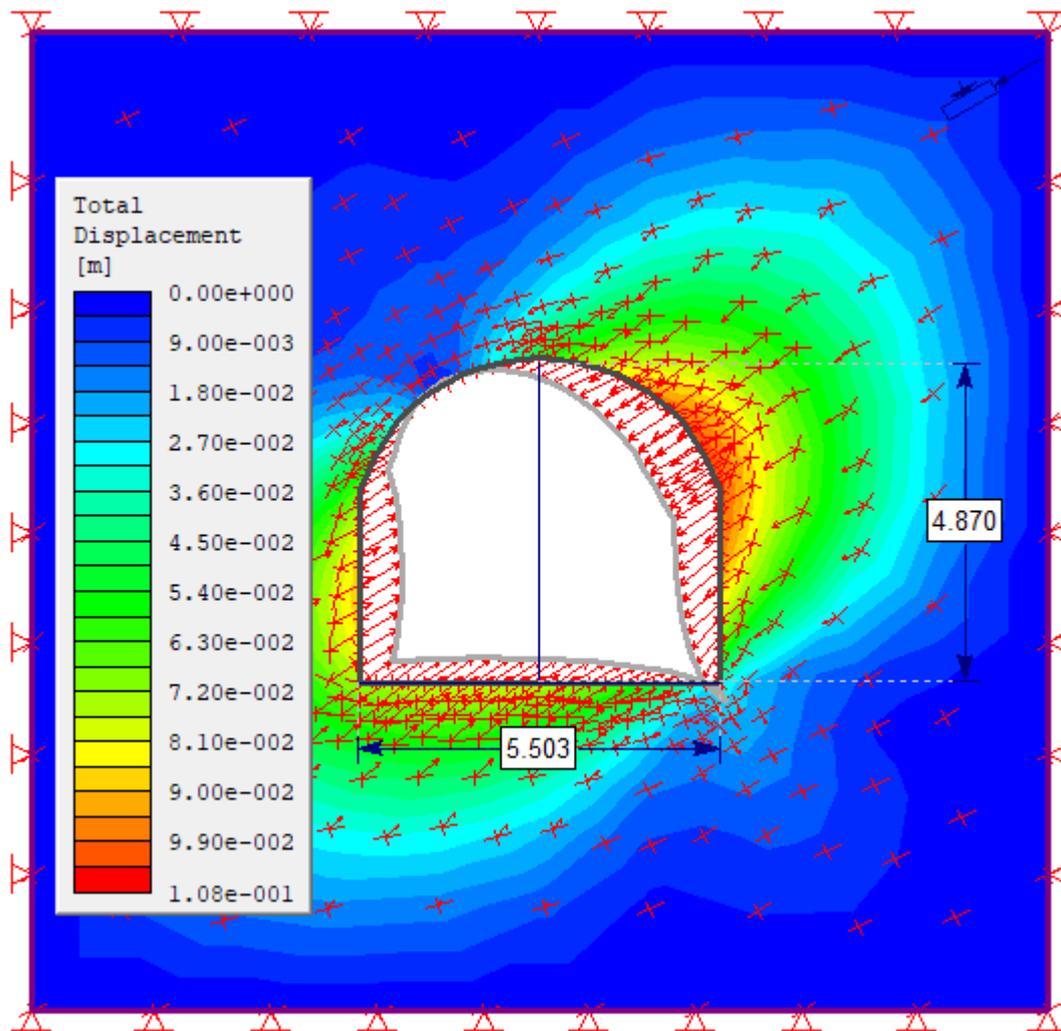


Figura 3.15 Estado tenso-deformacional del nivel Cx-2226 en Estación P-02.

En la Figura 3.16, se muestra la sección del nivel en estudio se tiene al factor de seguridad (FS) que presentan una serie de colores en la sección transversal y su distribución en el contorno de la labor como valor máximo de 2.87 y un valor mínimo 0.52 en los hastiales, en el techo de la sección se tiene un factor de seguridad 1.04. se nota que en los hastiales y el techo se nota una zona plástica, por la interacción de las tensiones van a continuar deformándose si continúan las mismas condiciones de las labores, por tal motivo es necesario aplicar sostenimiento.

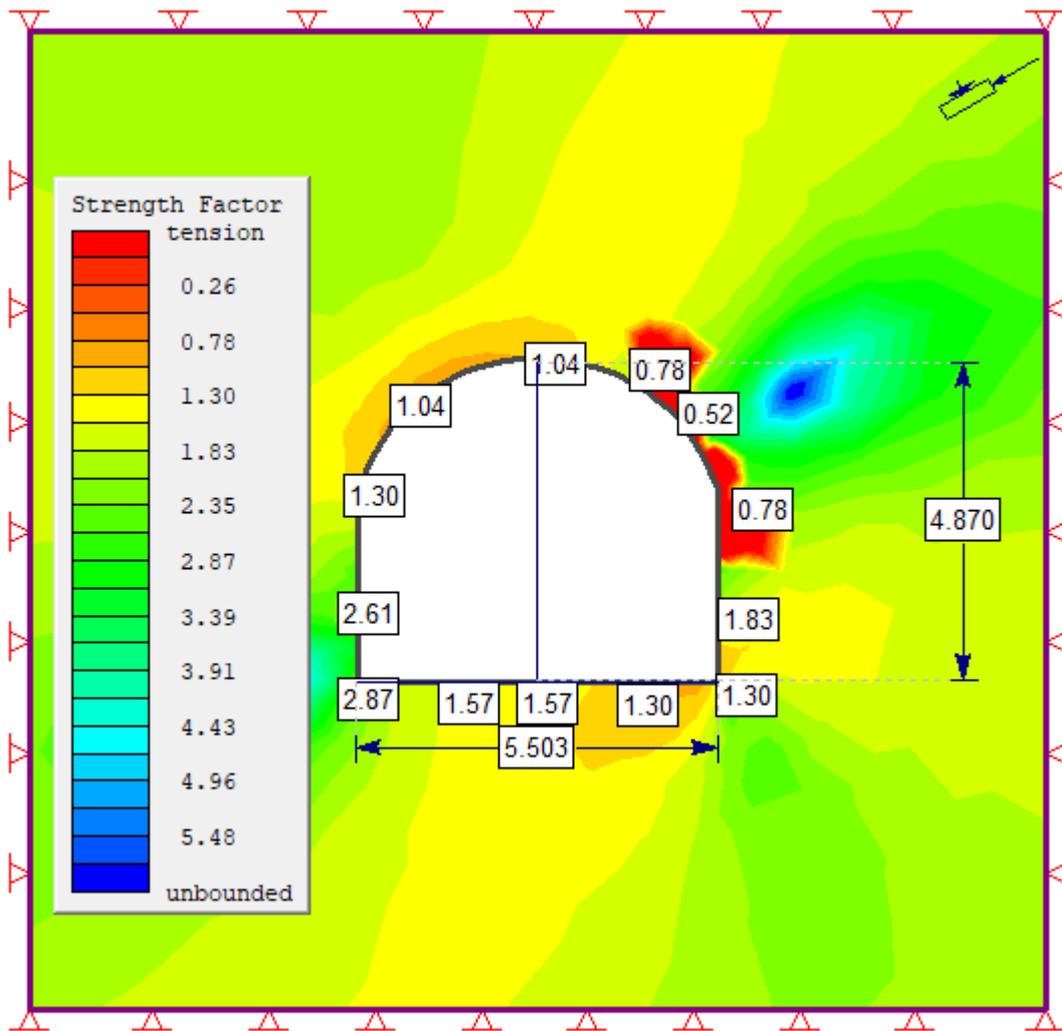


Figura 3.16 Factor de seguridad del Nivel Cx-2226 en Estación P-02.

Análisis por software Phase² de la estación Geomecánica P-03

En el análisis geotécnico mediante el software Phase2, que muestra la Figura 3.17, que define el estado tenso deformacional de la excavación subterránea, alrededor de la sección transversal, originando en los hastiales vectores de alineamiento deformacional, llegando a afectar hasta 0.4723 mm. hasta la proyección de la aureola vectorial. También en la Figura 3.17 muestra el escenario sin sismicidad, los desplazamientos totales en el contorno de la excavación, llegando a un valor mayor de 0.5045 mm.

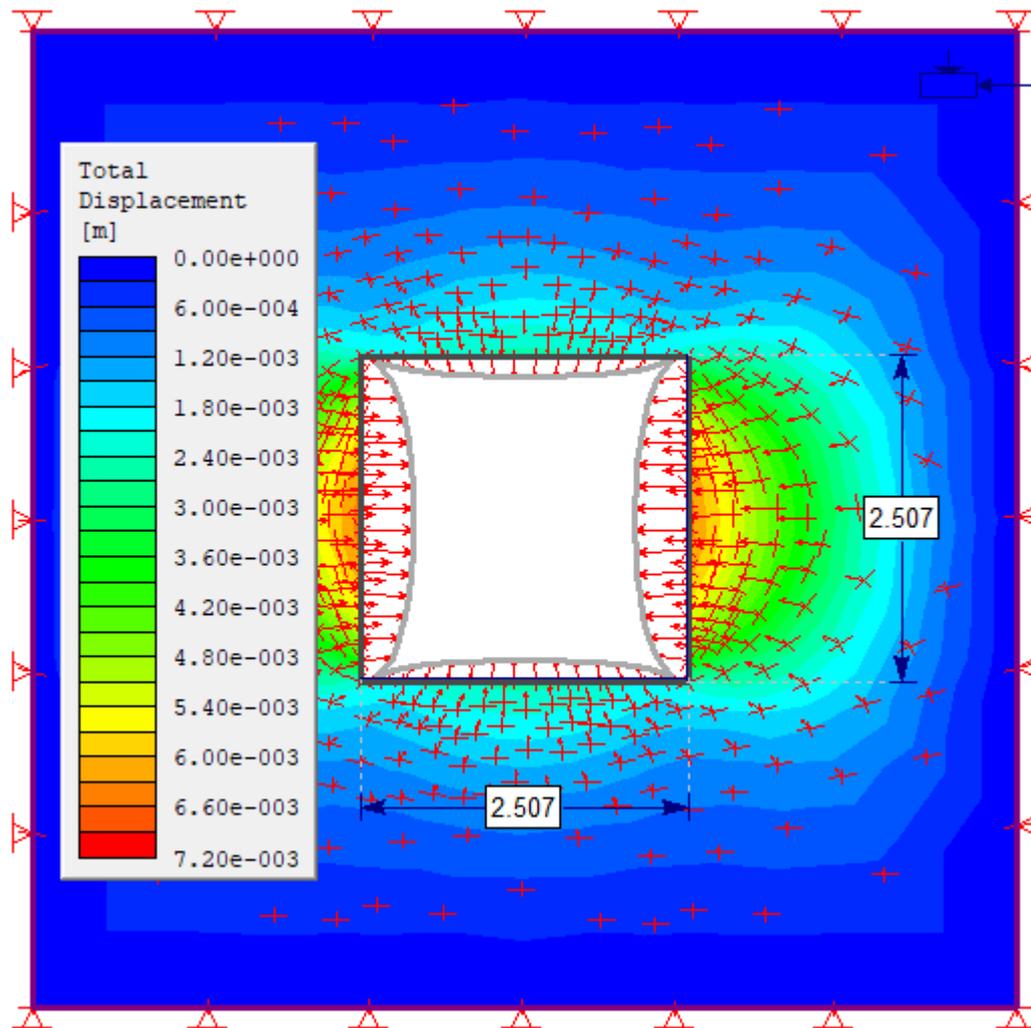


Figura 3.17 Estado tenso-deformacional de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-03.

En la Figura 3.18, se muestra la sección de la chimenea en estudio se tiene al factor de seguridad (FS) que presentan una serie de colores en la sección transversal y su distribución en el contorno de la labor como valor máximo de 1.30 y un valor mínimo 0.36 en los laterales. Se nota que en los laterales se nota una zona plástica, por la interacción de las tensiones van a continuar deformándose si continúan las mismas condiciones de las labores, por tal motivo es necesario aplicar sostenimiento.

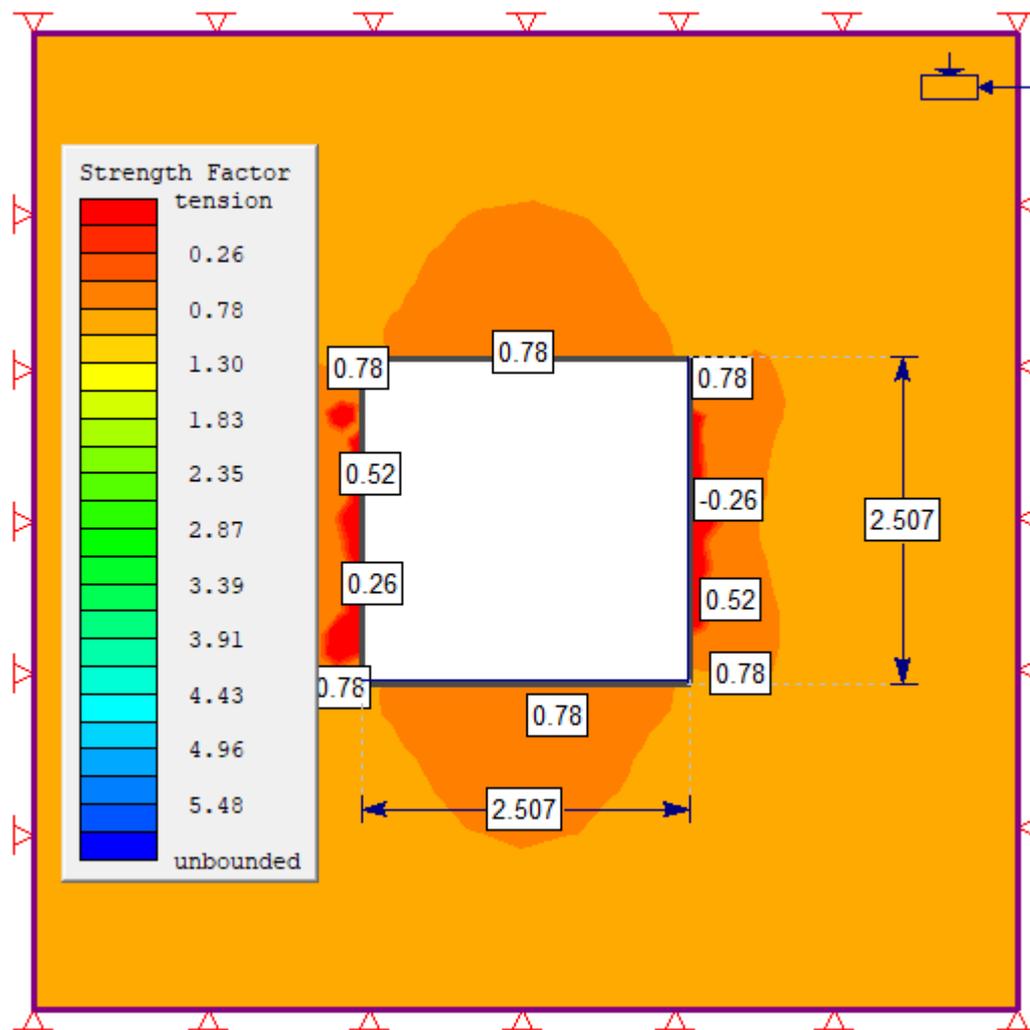


Figura 3.18 Factor de seguridad de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-03.

Análisis por software Phase² de la estación Geomecánica P-04

En el análisis geotécnico mediante el software Phase2, que muestra la Figura 3.19, que define el estado tenso deformacional de la excavación subterránea, alrededor de la sección transversal, originando en los hastiales vectores de alineamiento deformacional, llegando a afectar hasta 0.5023 mm. hasta la proyección de la aureola vectorial. También en la Figura 3.19 muestra el escenario sin sismicidad, los desplazamientos totales en el contorno de la excavación, llegando a un valor mayor de 0.7021 mm.

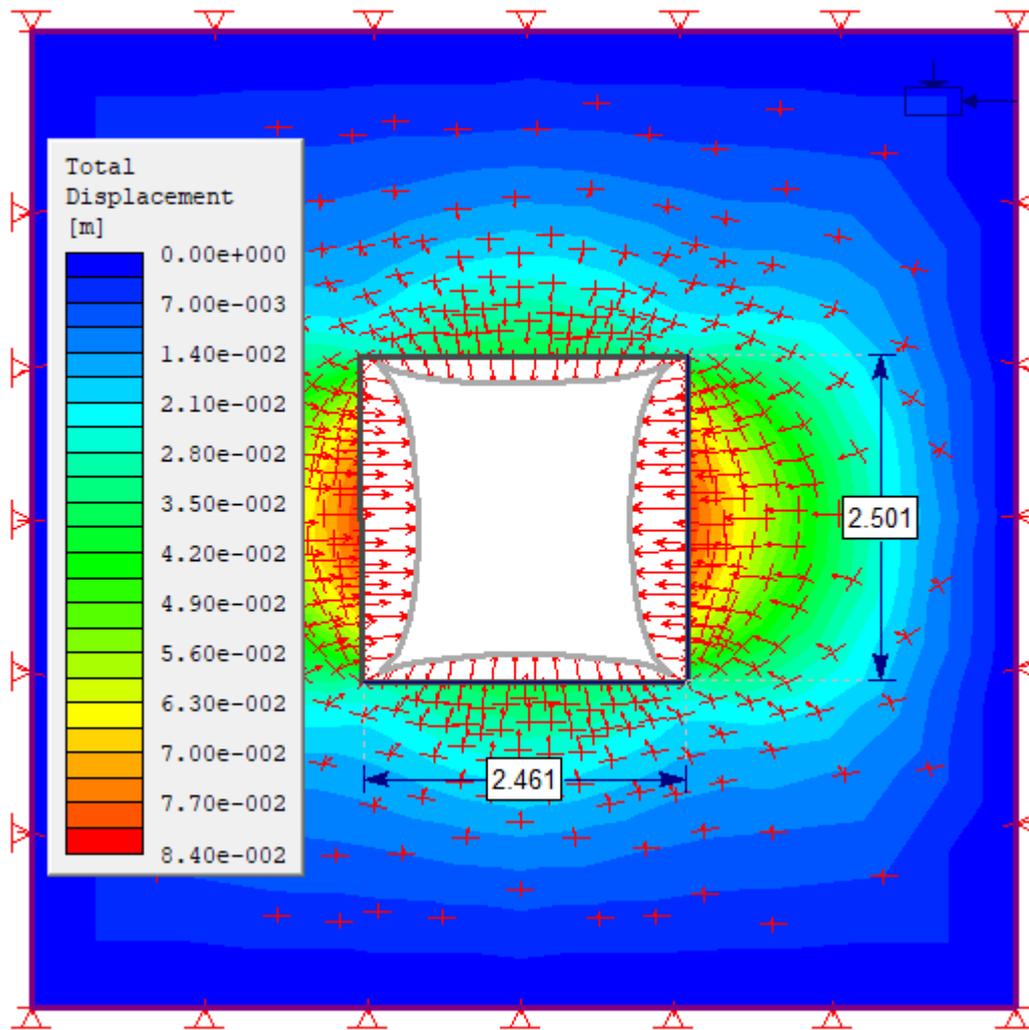


Figura 3.19 Estado tenso-deformacional de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-04.

En la Figura 3.20, se muestra la sección de la chimenea en estudio se tiene al factor de seguridad (FS) que presentan una serie de colores en la sección transversal y su distribución en el contorno de la labor como valor máximo de 1.25 y un valor mínimo 0.36 en los laterales. Se nota que en los laterales se nota una zona plástica, por la interacción de las tensiones van a continuar deformándose si continúan las mismas condiciones de las labores, por tal motivo es necesario aplicar sostenimiento.

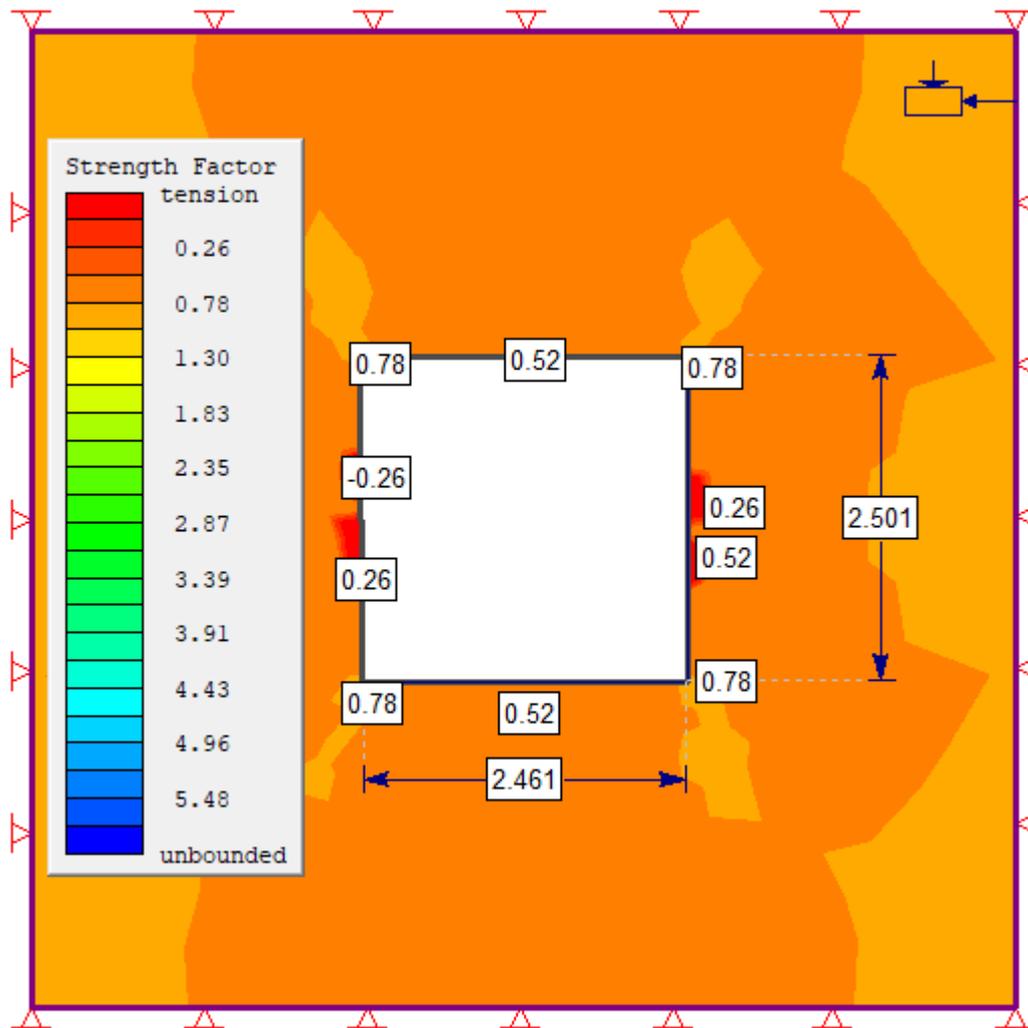


Figura 3.20 Factor de seguridad de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-04.

Análisis por software Phase² de la estación Geomecánica P-05

En el análisis geotécnico mediante el software Phase2, que muestra la Figura 3.21. que define el estado tenso deformacional de la excavación subterránea, alrededor de la sección transversal, originando en los hastiales vectores de alineamiento deformacional, llegando a afectar hasta 0.612 mm. hasta la proyección de los laterales de la chimenea. También en la Figura 3.21 muestra el escenario sin sismicidad, los desplazamientos totales en el contorno de la excavación, llegando a un valor mayor de 0.6213 mm.

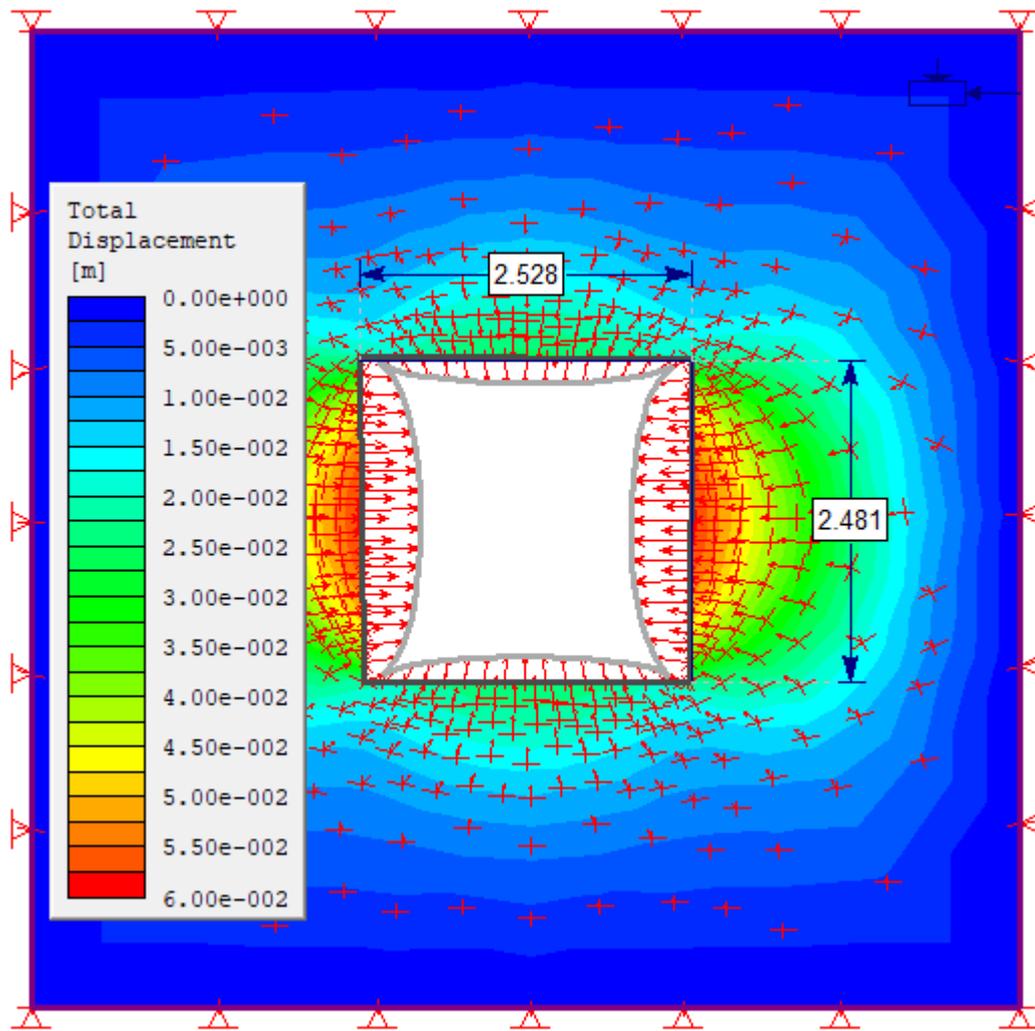


Figura 3.21 Estado tenso-deformacional de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-05.

En la Figura 3.22, se muestra la sección de la chimenea en estudio se tiene al factor de seguridad (FS) que presentan una serie de colores en la sección transversal y su distribución en el contorno de la labor como valor máximo de 2.05 y un valor mínimo 0.52 en los laterales. Se nota que en los laterales se nota una zona plástica, por la interacción de las tensiones van a continuar deformándose si continúan las mismas condiciones de las labores, por tal motivo es necesario aplicar sostenimiento.

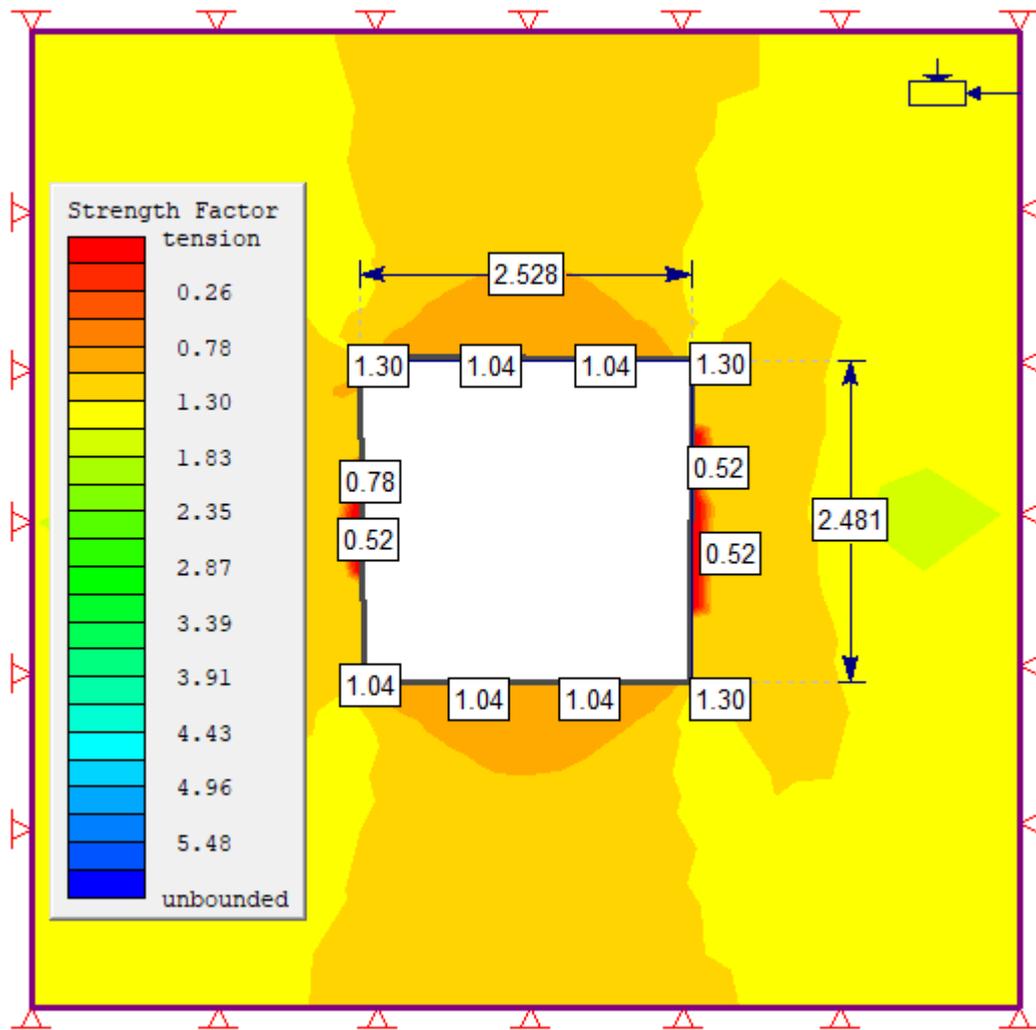


Figura 3.22 Factor de seguridad del de la Chimenea Ch-2226 en Estación P-05.

3.7 Sostenimiento

Para determinar el sostenimiento en estas labores subterráneas se usó el método gráfico como la Tabla de soporte práctico minero (SPM), el mismo que consiste en la intersección de la valoración del RMR89 y la equivalente de la dimensión, para presentar como resultado el sostenimiento de estas labores. Luego de la instalación de este sostenimiento, se realizará el control de calidad del material instalado, ensayos de resistencia tempranas y temporales y ensayos de resistencia a la compresión simple del material que sostiene, los cuales debe encontrarse dentro del diseño de la estabilidad de labores subterráneas.

– **Aplicación del índice RMR89 para el diseño del sostenimiento**

Según este sistema, el índice RMR89 da como resultado de la suma de los cinco parámetros del RMR89 básico más un parámetro del RMR89 corregido, esto van en función de la resistencia compresión simple del macizo rocoso, el RQD, espaciamiento de discontinuidades, la condición de las discontinuidades y condición del agua. Las características indicadas, conseguirán una puntuación total determinada al realizar la suma y conseguirán los valores que estarán entre 0 y 100. Luego de obtener el RMR89 básico, se realiza el ajustamiento de este valor en función de la relación entre la orientación de las discontinuidades del túnel.

– **Aplicación de la Tabla de Soporte Práctico Minero (SPM), para el sostenimiento**

Para aplicar este sostenimiento de labores subterráneas según el Soporte Práctico Minero (SPM), se toma los valores del RMR89 de cada uno de las estaciones geomecánicas nos servirán de datos de entrada para calcular el sostenimiento de cada punto estacionario según la Tabla de Soporte Práctico Minero (SPM).

Tabla 3.17 Resumen de datos de las estaciones Geomecánicas

Estación	RMR89	Altura (m)	Ancho (m)	$D_e = \frac{\text{Ancho o altura (m)}}{\text{ESR}}$
P-01	40	4.514	5.512	3.445
P-02	39	4.870	5.503	3.439
P-03	34	-	2.507	1.567
P-04	35	-	2.461	1.538
P-05	33	-	2.528	1.580

El cálculo de la dimensión equivalente (D_e), se utiliza los valores del ancho o altura (m) dividido con la relación de sostenimiento de las excavaciones (ESR) usando un valor igual a **1.6**, que se emplea en labores mineras permanentes se toma como valor para el numerador en la división del valor (D_e), esto se puede observar en la Tabla 3.17.

Sostenimiento en la estación Geomecánica P-01

De acuerdo al calculo obtenido el diametro equivalente tiene un valor de 3.445 como se muestra en la Tabla 3.17, por presenta una luz de altura 4.870 m. y ERS = 1.60 m. e interpretando con el RMR89 = 40. Observando la Figura 3.23, se ubica en la interseccion de dos zona, en una muestra con pernos 1.0 x1.0 m. con malla. Y otra zona 2: con pernos de 1.0 x 1.0 m. y shocrete de 5 cm.

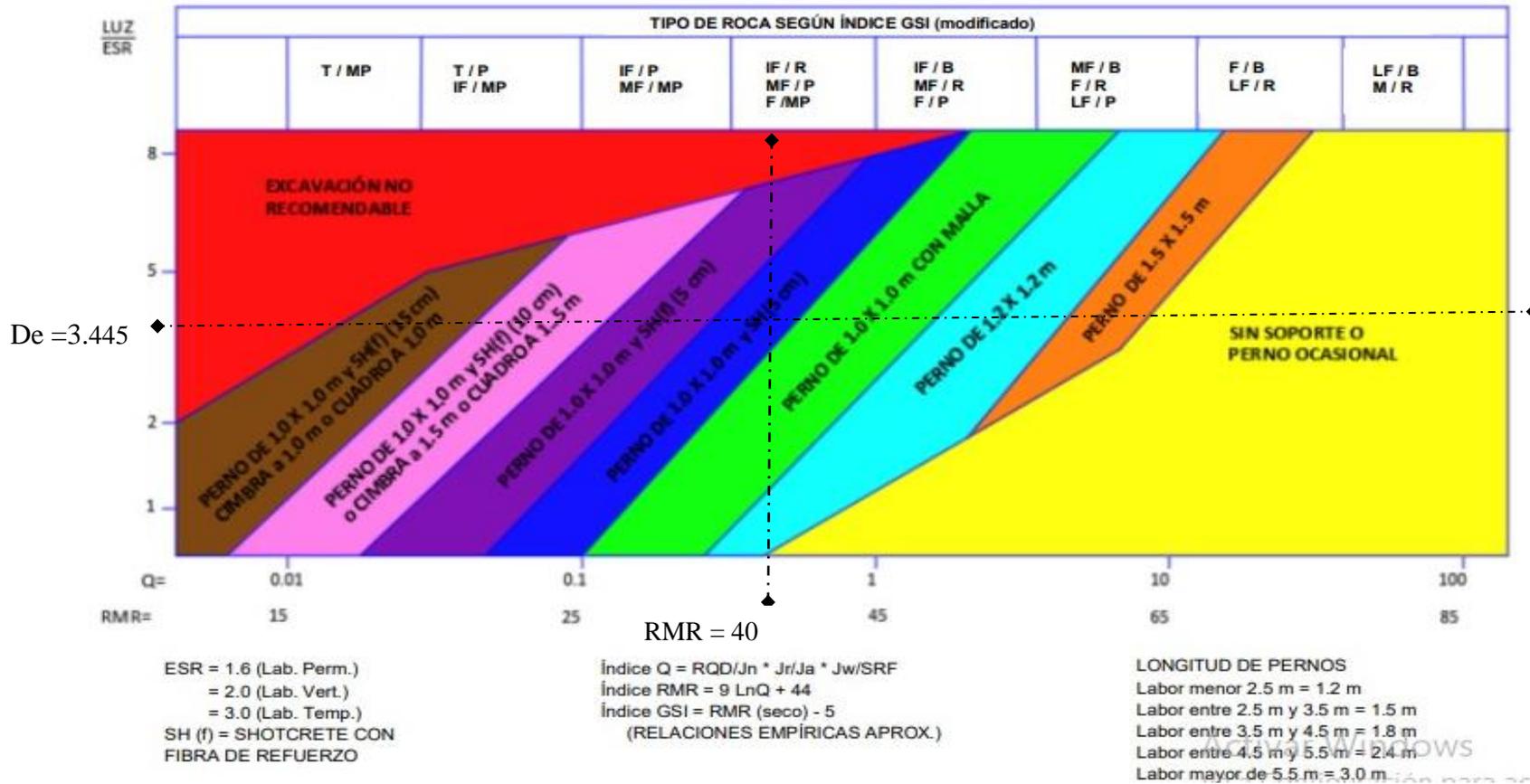


Figura 3.23 Sostenimiento según la Tabla SPM. Estación Geomecánica P-01.

Sostenimiento en la estación Geomecánica P-03

De acuerdo al calculo obtenido el diametro equivalente tiene un valor de 1.567 como se muestra en la Tabla 3.17, por presenta una luz de ancho de 2.507 m. y ERS = 1.60 m. e interpretando con el RMR89 = 34. La Figura 3.25, se observa la intersección de una zona, en donde muestra la utilización de pernos con longitud 2.4 m. y shocrete con fibra de refuerzo con (10 cm) de espesor o tambien la utilización cimbras metalicas

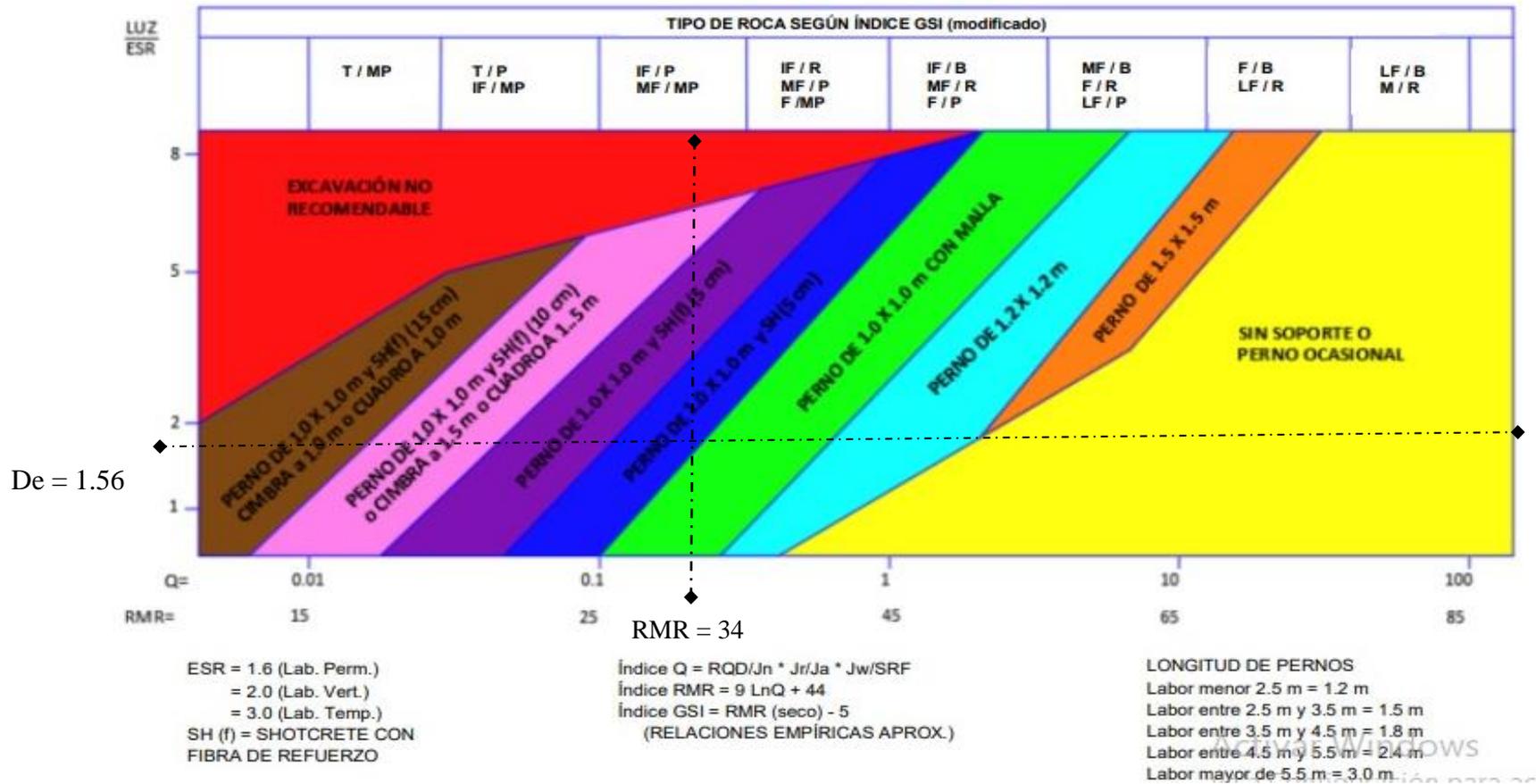


Figura 3.25 Sostenimiento según la Tabla SPM. Estación Geomecánica P-03.

Sostenimiento en la estación Geomecánica P-04

De acuerdo al calculo obtenido el diametro equivalente tiene un valor de 1.538 como se muestra en la Tabla 3.17, por presenta una luz de ancho de 2.461 m. y ERS = 1.60 m. e interpretando con el RMR89 = 35. La Figura 3.26, se observa la intersección de una zona, en donde muestra la utilización de pernos con longitud 2.4 m. y shocrete con fibra de refuerzo con (10 cm) de espesor o tambien la utilización cimbras metalicas.

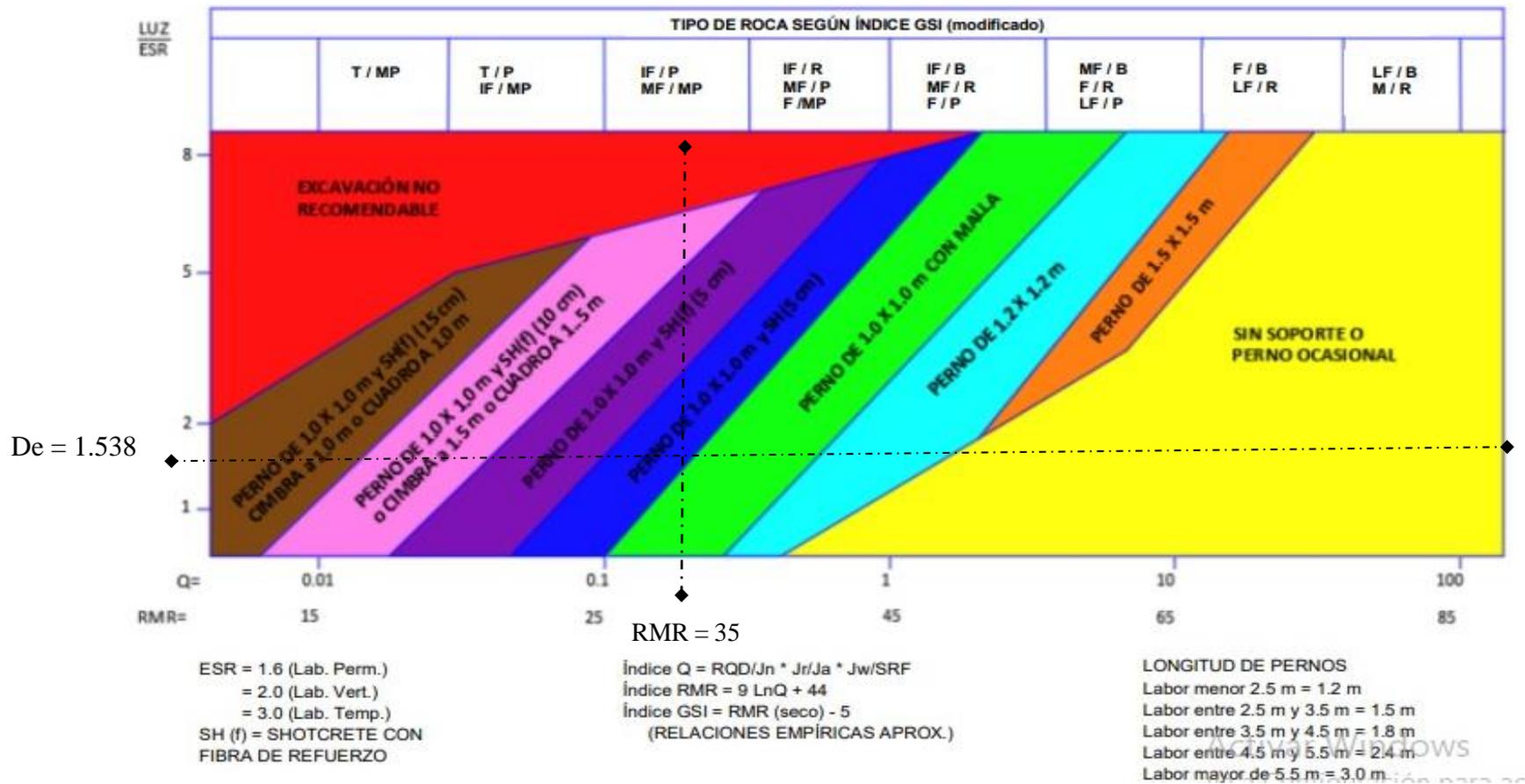


Figura 3.26 Sostenimiento según la Tabla SPM. Estación Geomecánica P-04

Sostenimiento en la estación Geomecánica P-05

De acuerdo al calculo obtenido el diametro equivalente tiene un valor de 1.580 como se muestra en la Tabla 3.17, por presenta una luz de ancho de 2.528 m. y ERS = 1.60 m. e interpretando con el RMR89 = 33. La Figura 3.27, se observa la intersección de una zona, en donde muestra la utilización de pernos con longitud 2.4 m. y shocrete con fibra de refuerzo con (10 cm) de espesor o tambien la utilización cimbras metalicas.

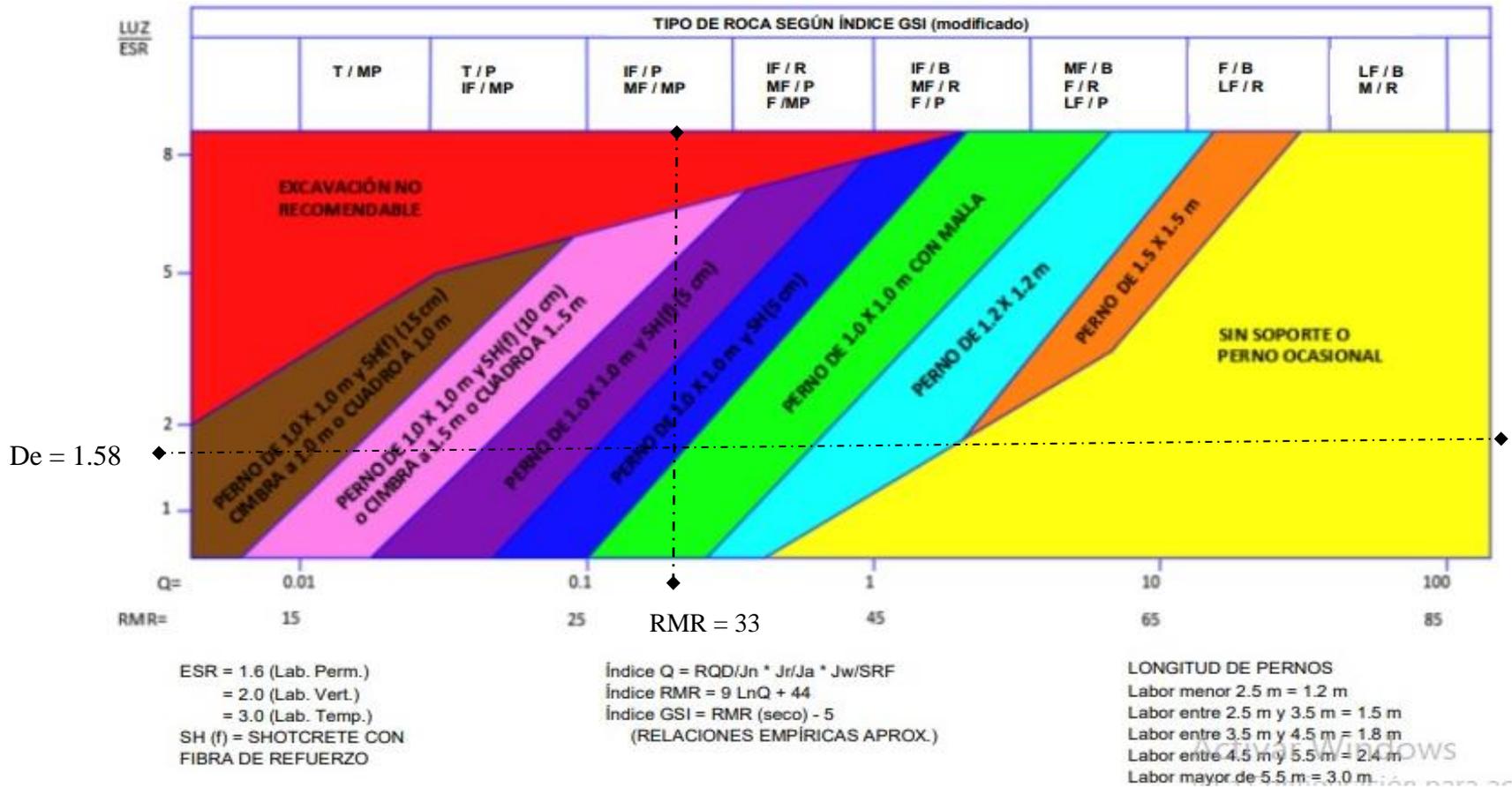


Figura 3.27 Sostenimiento según la Tabla SPM. Estación Geomecánica P-05.

Resumen del sostenimiento en base de los resultados

Resumiendo, los resultados en el empleo de sostenimiento, en base a la clasificación Geomecánica RMR₈₉, en los puntos de estación definidos en este estudio, y son determinados según la tabla Soporte Práctico Minero (SPM).

Tabla 3.18 Resumen del sostenimiento en base a resultados

Estación	RMR ₈₉	Clases de calidad de roca	Sostenimiento
P-01	40	IV- Mala A	Shotcrete 2" más pernos de anclaje de 7' a 10', espaciados de 1.0 a 1.2 m. y reforzados con pernos expansivos por ser labores de 5m.
P-02	39	IV- Mala A	
P-03	34	IV- Mala A	colocar cimbras metálicas galvanizadas espaciadas de 0.8 m a 1.0 m con planchas acanaladas topeadas con bolsacrets
P-04	35	IV- Mala A	
P-05	33	IV- Mala A	

3.8 Proceso Constructivo Con Equipo Alimak

En la construcción de chimeneas se utilizó los equipos Alimak, para esto fue necesario que se haya realizado los primeros 5.0 m. lineales de avance, para dar altura y espacio del desplazamiento al equipo Alimak, ya que este equipo más apropiado para construcción de chimeneas. Para ejecutarlo esta construcción se requirió de personal, equipos, herramientas y materiales en las siguientes cantidades:



Foto 3. 6 Equipos de construcción de chimeneas Alimak



Foto 3. 7 Equipos de construcción de chimeneas Alimak (Jaula)

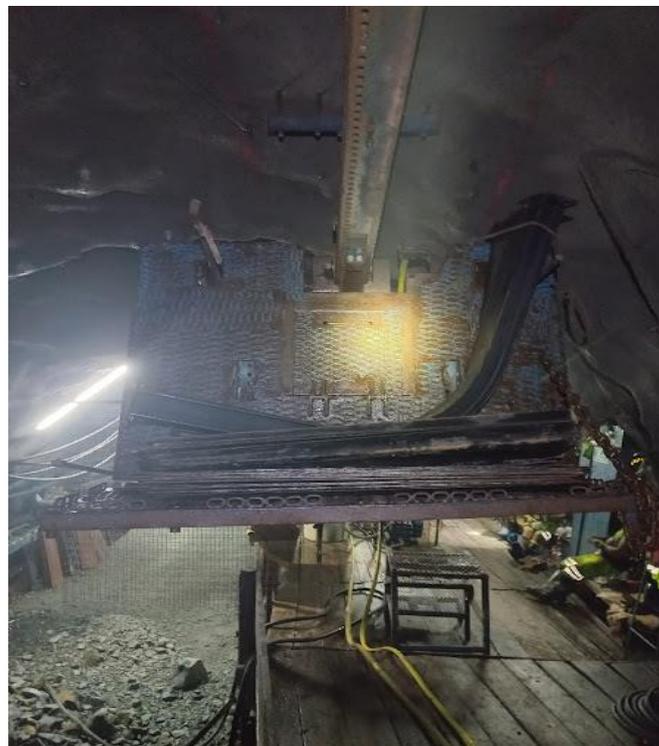


Foto 3. 8 Equipos Alimak (Transportando Cimbras)

a. Personal

Residente	01
Ingeniero jefe de Guardia	01
Maestro Perforista	02
Ayudante Perforista	02
Valvulero	01
Electricista	01
Mecánico	01
Soldador	01

b. Equipo de Perforación

Máquina de Perforación Jack Leg	01 Unid.
Máquina de Perforación Stoper	02 Unid.
Máquina para bombeo de agua	01 Unid.
Aceite de perforación	¼ Gal.
Juego de barreno cónico de 2 pies	02 Unid.
Juego de barreno cónico de 4 pies	02 Unid.
Juego de barreno cónico de 6 pies	02 Unid.
Juego de barreno cónico de 8 pies	02 Unid.
Brocas de 34 mm	02 Unid.
Brocas de 36 mm	02 Unid.
Brocas de 38 mm	02 Unid.
Brocas de 40 mm	02 Unid.

c. herramientas y Materiales

Comba de 18 lbs.	01 Unid.
Comba de 6 lbs.	01 Unid.
Llave Stilson N° 18	01 Unid.
Juego de Llaves del 01 al 24	01 Juego
Abrazaderas para manguera de ½” y 01”	04 Unid.
Barretillas de 2, 4, y 6 pies.	01 Juego
Pintura	1/8 Galón

Manguera para agua	15 Mts.
Manguera para aire	15 Mts.
Carril de 2.0 mts.	01 Unid.
Perno con tuerca de 2 ¼” de Φ	06 Unid.
Perno con tuerca de 5 ¼” de Φ	02 Unid.
Perno de anclaje de 5’ de 01” de Φ y tuerca	02 Unid.
Perno de sostenimiento de 5’ de 01” de Φ	08 Unid.
Resina	16 Unid.
Cartucho con cemento (Cencom)	24 Unid.
Tecla de 02 Ton.	01 Unid.
Explosor	01 Unid.
Radio de comunicación	02 Unid.
d. Para Cuadro Metálico:	
Cimbra tipo “H” dobladas en “L”	04 Unid.
Perno y tuerca de 2¼”	16 Unid.
Perno de anclaje de 5 pies y 01” de Φ	08 Unid.
Plancha metálica de 1.5 mts de altura	20 Unid.
e. Equipo y Materiales de soldar	
Equipo de soldar	01 Unid.
Supercito	01 Kg.
Supercorte	01 Kg.
f. Equipo Auxiliar de Ventilación de Compañía	
Ventiladora de 5000 cfm	01 Unid.
Manga de Ventilación	a solicitud
g. Vehículo de Transporte	
Camioneta con tolva o similar	01Unid.
h. Servicios de Compañía	
Agua a 0.5 lts/min.	10 Hrs.
Aire a 75 psi	10 Hrs.

i. Equipo de Protección Personal

Mameluco	8 Unid.
Botas de jebe con punta de acero.	8 Pares
Lentes de Seguridad	8 Pares
Protector de cabeza	8 Unid.
Guantes de cuero	8 Pares
Tapón de oídos	8 Pares
Lámpara Minera	8 Unid.
Correa de portálamparas	8 Unid.
Guantes de cuero de caña alta	01 Par
Mandil de cuero	01 Unid.
Mascareta de soldar	01 Unid.
Ropa de jebe para agua	03 Jgos.
Respirador	08 Unid.

3.9 Trabajo de Operación

a. Perforación

En la perforación se aplicó el método de Corte Quemado con 28 taladros de 8 pies cada taladro de 01” de Φ , utilizando 02 máquinas stoper, 02 barrenos de 02 pies cada uno, 02 barrenos de 4 pies cada uno, 02 barrenos de 06 pies cada uno, 02 barrenos de 08 pies cada uno. Así mismo 02 brocas de 34 mm, 02 brocas de 36 mm, 02 brocas de 38 mm, 02 brocas de 40 mm. Por disparo se realizaba 228 pies perforados. El tiempo utilizado de perforación fue de 3.5 Hrs.

En toda la columna de la chimenea se realizó perforación, se usó galones de aceite de perforación.

b. Carguío de Taladros

Los taladros fueron cargados por cartuchos de dinamita de 1 1/8” * 12” de Φ de 45 %, Exsaneles de 9 pies, 01 fulminante eléctrico, 15.0 m. de pentacord, 0.5 m. de ignaiter (mecha rápida).

En toda la columna de la chimenea se utilizaron cartuchos de dinamita, de Exsaneles, fulminantes eléctricos, m. de pentacord, mts de ignaiter. Se utilizó 02 máquinas stoper, 02 barrenos cónicos de 2 pies, 02 barrenos conicos de 04 pies, 02 barrenos cónicos de 06 pies, 02 barrenos conicos de 08 pies; 02 brocas de 34 mm, 02 brocas de 36 mm, 02 brocas de 38 mm, 02 brocas de 40 mm.

c. Voladura

Una vez realizado el carguío de taladros, se realizaba la coordinación con el personal de las labores cercanas y se ubicaba vigías necesarios para cerrar el tránsito en todos los accesos de la zona de influencia, seguidamente se presiona el botón del explosor para el envío de energía eléctrica al fulminante eléctrico.

d. Ventilación

Abrir la válvula de aire para ventilar la chimenea durante 1.0 Hr, a esto se le suma la ventilación con la ventiladora de 5000 cfm de manera constante durante las 24 horas del día.

e. Desatado de Rocas

El personal ascenderá con las herramientas con calidad estandarizadas como Barretillas de 04 pies, 06 pies; hacia el tope de la chimenea y proceder a cumplir con el desate de rocas fracturadas, durante el ascenso el personal verificará el estado de los carriles y eliminará las fallas encontradas. Se instalará un nuevo carril de 2.0 m. de longitud. En toda la columna se instaló carriles, pernos con tuerca cada uno de 2 ¾” de Φ , pernos con tuerca cada uno de 5 ¾” de Φ , 1 ángulos, espaciadores de 0.10 mt, 0.2 m. pernos de anclaje con tuerca y arandela de 5 pies por 01” de Φ de fierro corrugado, cartuchos de resina, cartuchos de cemento; se perforo pies, se utilizó una máquina de perforación Jack Leg, Stoper.

f. Limpieza

Solicitará el uso del equipo Scoop de 4 Yd³ para el retiro del desmonte y así evitar la acumulación innecesaria del material, además que dejará espacio libre para el tránsito del equipo Alimak.

g. Sostenimiento

El personal ascenderá con el equipo de perforación y realizará 8 taladros de 6 pies cada uno y 01” de Φ (2 taladros en cada lado de la chimenea) con una malla de 2.20 m. x 2.40 m., colocará 02 cartuchos resinas y 03 cartuchos de cemento en cada taladro e instalará 01 pernos de 6 pies de 01” de Φ a cada taladro con su tuerca y arandela. En toda la columna se instaló pernos de 6 pies y 01” de Φ cada uno con tuerca y arandela, cartuchos de resina, cartuchos de cemento, el tiempo requerido es de 01 Hr.; se realizó pies perforados.

Debido al cambio del tipo de terreno el departamento de Geomecánica recomendó la instalación de cuadros metálicos a 1.50 m. de altura, a partir de la boca de la chimenea con una base metálica con 04 rieles de 35 lb/Yd de 1.50 m. cada uno

En la chimenea se instaló planchas acanaladas de 1.5 m. de altura, cimbra tipo “H”, bolsa creto, alcayatas de 5 pies 01” de Φ , de supercito, sellocort; se perforo pies perforados. El equipo que se utilizo fue de 01 maquina Jack Leg, maquina stopper con su barreno de 6 pies, una broca de 34 mm. El tiempo utilizado en la instalación fue de 9.0 Hrs.

a. Supervisión del Sistema Eléctrico

El técnico electricista revisará y solucionará los problemas detectados en el cableado del sistema eléctrico, caja eléctrica principal, cajas eléctricas de las jaulas. Prueba en vacío del equipo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de Resultados

4.1.1 Evaluación Geotécnica

La evaluación geotécnica de la chimenea de ventilación CH 2226 y del nivel CX 2226, se empleó el levantamiento geotécnico y su caracterización Geomecánica. Para análisis, se realizó un mapeo Geoestructural de discontinuidades (diaclasas y fallas) que se emplearon para determinar de las principales familias de estructuras y el comportamiento de las cuñas. De esta forma se determina la calidad del macizo rocoso excavados, en las labores subterráneas que sirve como herramienta para utilizar el tipo de sostenimiento en las labores subterráneas.

El mapeo geotécnico se realiza en labores subterráneas se realiza por un especialista acompañado con ayudante, como en este caso la tesis, después que las condiciones de seguridad lo permitan. El levantamiento geotécnico se realizará para la clasificación mediante el llamado mapeo geotécnico de celdas y líneas de detalle, realizado con brújula bruntun la más apropiada para tomar el buzamiento y la orientación del buzamiento (D/DD), con flexómetro (wincha) para medir.

4.1.2 Determinación de los parámetros Geomecánicos

Para el análisis Geomecánico del macizo roco en las labores subterráneas y sus condiciones que presenta a lo largo de la chimenea (CH – 2226) y el Nivel (Cx – 2226), en la Unidad Minera Parcoy (CMH), la labor que se está evaluando se definen con la información disponible, incluyendo a RQD, la estimación RMR89 y GSI vigente (CMH).

4.1.3 Análisis de la evaluación Geomecánica

La caracterización geomecánica de las labores del nivel CX – 2226 y de la chimenea CH – 2226 usando la clasificación Geomecánica RMR89, realizando un mapeo Geomecánico, con el apoyo de ábacos como instrumento de recolección de datos en cada tramo de la estación, que nos permitió obtener los datos de entrada para el análisis para emplear los softwares Dips, RocData y Phase²; además de obtener la clasificación del macizo rocoso, estimar la cohesión y el ángulo interno de fricción.

También en la investigación se ha necesitado obtener la valoración del GSI, que provenga la data cuantitativa, para esto se usó la fórmula de GSI modificado (Hoek et al. 2013), ya que se contaba con los valores numéricos del RMR_{89} y RQD.

Al realizar la evaluación geomecánica nos muestra que está conformado por roca granodiorita de calidades mala A, de clase IV, se tiene un RMR_{89} : (P-01= 40); (P-02 = 39); (P-03 = 34); (P-04 = 35) y (P-05 = 33), y se tiene a los valores del RQD como son: (P-01): 49 regular; (P-02): 46 regular; (P-03): 41 mala; (P-04): 38 mala; (P-05): 41 mala. Conjuntamente con el valor del $JCond_{89}$; sirve para dar el valor numérico del GSI se son los siguientes resultados: en (P-01: 43); en (P-02: 44); en (P-03: 39); en (P-04: 40); y (P-05: 39) con este análisis se afirma que se necesita un sostenimiento en las labores subterráneas, además con la obtención de estos resultados se evalúa el tipo de sostenimiento a emplear en cada estación geomecánica.

4.1.4 Estabilidad de labores (Sostenimiento)

El sostenimiento se aplica de acuerdo al tipo de roca presente en la labor corresponde analizar la estabilidad de las excavaciones tanto en condiciones naturales y con instalación de sostenimiento. Este análisis se determinó usando la tabla de soporte Práctico Minero (SPM). Para el uso del SPM se usó la valoración de la clasificación Geomecánica RMR_{89} , la cual se define como la división del ancho, diámetro o altura de la excavación. (para el análisis se considera igual a 1.6 por ser excavaciones mineras permanentes).

La evaluación de sostenimiento del nivel y la chimenea fue determinada según la clasificación RMR_{89} , el sostenimiento se aplica según la calidad de la roca en la estación (P-01, P-02) la roca es de tipo mala – A, con clase (IV), el sostenimiento a emplearse es pernos de 1.0 m. con anclados en resina sistemáticos, espaciados 1.0 m X 1.0 m, mallas electrosoldadas y shotcrete de 5 cm de espesor, reforzada con fibra. Para las estaciones (P-03, P-04 y P-05) tipo mala – A, con clase (IV) en estas estaciones por estar en la chimenea de utiliza cimbras con planchas de acero para el sostenimiento.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La litología que presenta el nivel CX – 2226 y la chimenea CH – 2226 es una roca granodiorita, con estructuras fracturadas, muy fracturas, en algunas zonas muy húmedas y agua asociados a fallas brechadas que tiene efecto adverso en las condiciones de estabilidad de las excavaciones rocosas.

Para la valoración de la evaluación geomecánica de la chimenea CH – 2226, se emplearon seis parámetros RMR₈₉, de Bieniawski. según la clasificación geomecánica son: el Resistencia del material rocoso, Índice RQD, Espaciado, Orientación, Condiciones de las discontinuidades, Estructura geológica y fallas, Filtraciones y presencia de agua, Estado tensional. y los valores del RMR₈₉ en cada estación, se clasifico el macizo rocoso de tipo IV-mala A en las estaciones (P-01, P-02) estas dos estaciones se ubican en el nivel CX – 2226, también se tienen las estaciones ubicadas en la chimenea (P-03, P-04, P-05) muestra la clasificación del macizo rocoso de tipo IV – mala A, por tener la roca muy fracturada y presencia de agua que genera una inestabilidad, estas tres estaciones se ubican en la chimenea CH -2226.

El sostenimiento para las estaciones en estudio según la tabla de soporte Práctico Minero SPM, nos recomienda utilizar son pernos de anclaje de 2.40 m de longitud con resina, espaciados 1.0 m X 1.0 m. con malla electrosoldada y shotcreteada con un espesor de 5 cm. En las estaciones P-01 y P-02. En las estaciones (P-03, P-04 y P-05), por tener un tipo de roca mala y estar en chimenea se coloca cimbras metálicas galvanizadas espaciadas de 0.8 a 1.0 m. con planchas metálicas acanaladas. Para mayor seguridad de la chimenea.

RECOMENDACIONES

Unidad Minera Parcoy (CMH) debe realizar mediciones de convergencia en diferentes puntos, para medir las deformaciones que adquiere el túnel y la chimenea producto de los esfuerzos a los que está sometido y las zonas inestables que presenta.

Unidad Minera Parcoy (CMH) debe realizar voladuras controladas en la construcción de chimeneas, para evitar daño secundario al macizo rocoso y controlar la sobre excavación.

Al área de Geomecánica CMH, debe continuar con las capacitaciones al personal y controlar permanentemente las labores excavadas, para tener el diagnóstico oportuno del tipo de roca y aplicar de sostenimiento en forma inmediata y oportuna si es necesario, para evitar accidentes y demoras en el proceso de la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, JL., & Huincho, JA. 2022. Estimación geomecánica del macizo rocoso para el control de estabilidad zona profundización Unidad Minera Cobriza sector IV. Huancayo: Universidad Continental. Recuperado el 12 de Febrero de 2023, de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11541/4/IV_FIN_110_TE_Aliaga_Huincho_2022.pdf
- Barton, N. 2002. Some new Q-Value correlations to assist in site characterization and tunnel desing. Madrid, España.
- Camino, RM. 2015. El gigante, un yacimiento orogenico: Nuevos datos, logros y perspectivas de la wxploracion. Minera Aurífera Retamas S.A MARS.A., 5. Recuperado el 11 de marzo de 2023
- Castañeda, RN. 2019. Reducción de la sobrerotura mediante la mejora de los parámetros de voladura en la profundización de la Rp2705, en la Unidad Minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S. A. – La Libertad. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Recuperado el 9 de Marzo de 2019, de http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4441/253T20190474_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Champi, QJ. 2019. Ampliación de la producción en la Unidad Minera Parcoy del consorcio Minero Horizonte S.A - Pataz, La Libertad. Cusco - Perú.: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- CMH.S.A. 2018. Estudio de zonificación Geomecánica Unidad Minera Parcoy N° 1 (libro electrónico). Porcoy, Perú.: Superintendencia de Geomecánica.
- Coba, TR. 2017. Modelo geométrico y características estructurales del sistema de vetas de alto ángulo al Norte del Batolito de Patz Mina Poderosa, La Libertad - Perú. Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca .
- Gonzáles de Vallejo, LI. 2004. Ingeniería Geologica. Madrid: Person Educación S.A.
- Hoek, E. 1994. Strength of rock and rock masses. . Canada.: ISRM News Journal.
- Ortiz, SO., & Canchari, SG. 2016. Espaciamiento óptimo de niveles y chimeneas en la explotación minera subterránea. 10. Obtenido de <file:///C:/Users/Core%20i3%20ingenieria/Downloads/45168.pdf>
- OSINERGMIN. 2017. Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre delabores subterráneas. Lima. Obtenido de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf

Rockscience. 2013. Geological Strength Index GSI estimation based on geological descriptions.
Canada: Toronto .

Sheorey, P. 1994. Teoría de tensiones in situ en rocas isotrópicas y transversalmente isotrópicas.
Revista internacional de mecánica de rocas y ciencia en minería y geomecánica abstracta.
Obtenido de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0148906294923124?via%3Dihub>

ANEXOS

A. AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA.

B. FOTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

C. DATOS GEOMECÁNICOS DEL ESTUDIO EN CAMPO.

D. PLANOS.



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Yo, **WILFREDO NIETO CARHUAMACA**, Residente de obra de CMH, identificado con DNI:43030240, en mi calidad de Residente de Operaciones Seprocal S.A.C con R.U.C 20508009977.

Mediante el presente documento se le brinda al Señor **MENDOZA SÁNCHEZ JUAN CARLOS**, identificado con DNI:45437350 ,AUTORIZACION POR PARTE DEL ÁREA DE GEOMECÁNICA DE LA EMPRESA OPERACIONES SEPORCAL S.A.C para utilizar los datos recolectados en el periodo de pruebas realizadas en Consorcio Minero Horizonte para la ejecución de su Tesis profesional denominada “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA-2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES EN LA U.E.A PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A).”

Con el fin de aportar con la educación y la formación de nuevos profesionales en el rubro minero.

ATENTAMENTE:



Ing. Wilfredo Nieto Carhuamaca
Residente de Obra - CMH
CIP - 118679

A. Anexo: de fotos de la zona de estudio.



Foto 5. 1 Plataforma del equipo Alimak en labor – 2226

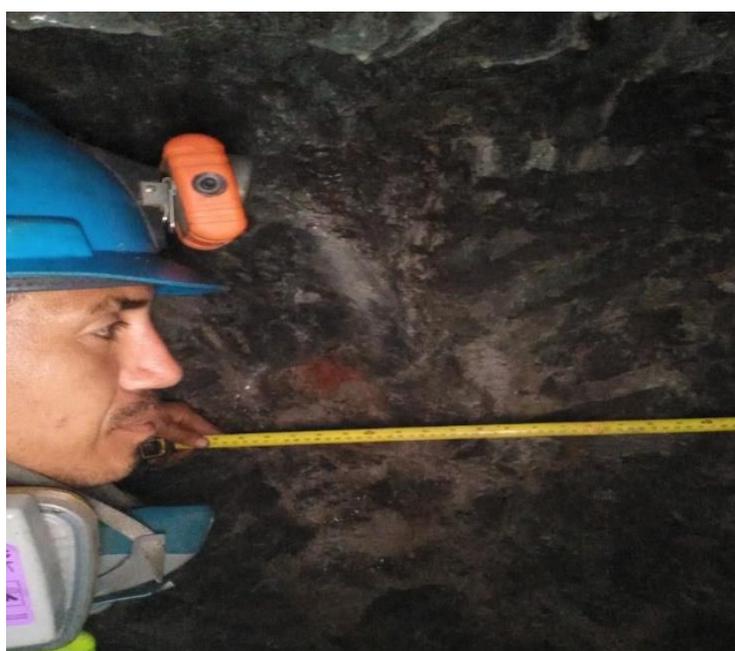


Foto 5. 2 Toma de datos en la Chimenea CH - 2226

ANHEMO HUAYZARTE		TABLA GEOMECÁNICA Y TIPO DE SOSTENIMIENTO UNIDAD PARCOY-CMH				ANEX-02-E001	
TEMPORALES							
Calidad de macizo rocoso	Clasificación RMR		Valoración Índice Q			Descripción	SOSTENIMIENTO
	RMR	Tipo de Roca	De	A	Tipo		
Muy Buena	81-100	I Muy Buena	50	1000	I-III	Muy Buena - Excep. Buena	Según Sección de Excavación
Buena	61-80	II Buena	10	50	IV	Buena	Según Sección de Excavación
Regular A	51-60	III Regular A	5	10	V	Regular	Según Sección de Excavación
Regular B	41-50	III Regular B	1	5	VI	Mal	Según Sección de Excavación
Mala A	31-40	IV Mala A	0.1	1	VII	Muy Mala	Según Sección de Excavación
Mala B	21-30	IV Mala B	0.1	0.01	VIII	Extremadamente Mala	Según Sección de Excavación
Muy Mala	0-20	V Muy Mala	0.01	0.001	IX	Excepcionalmente Mala	Según Sección de Excavación

LABORES TEMPORALES SECCIÓN ENTRE 1.5 A 3.0 m.	
Calidad de macizo rocoso	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Muy Buena	Pernos de 5" sistemático, espaciados a 2.1m.
Buena	Pernos de 5" sistemático, espaciados de 1.7 a 2.1m.
Regular A	Pernos expansivos o fricción de 5" sistemático, espaciados de 1.5 a 1.7m.
Regular B	Pernos expansivos de 5" sistemático, espaciados de 1.5 a 1.7m, con malla electrosoldada.
Mala A	Shotcrete 2" (F/25-30kg) + pernos expansivos o fricción de 5" sistemático, espaciados de 1.3 a 1.5m ó cuadros de madera de Ø=8".
Mala B	Shotcrete 2" o 3" (F/30-35kg) + pernos expansivos o fricción de 5" sistemático, espaciados de 1.2 a 1.3m ó cuadros de madera de Ø=8".
Muy Mala	Cuadros de madera de Ø=8".

LABORES TEMPORALES SECCIÓN ENTRE 3.0 A 5.0 m.	
Calidad de macizo rocoso	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Muy Buena	Pernos de 5" sistemático, espaciados a 2.1m.
Buena	Pernos de 7" sistemático, espaciados de 1.7 a 2.1m.
Regular A	Pernos expansivos o fricción de 7" sistemático, espaciados de 1.5 a 1.7m.
Regular B	Shotcrete 2" (F/25kg) + pernos expansivos o fricción de 7"-8" sistemático, espaciados de 1.3 a 1.5m ó malla electrosoldada.
Mala A	Shotcrete 2" (F/25-30kg) + pernos expansivos o fricción de 7"-8" sistemático, espaciados de 1.2 a 1.3m ó Cuadros de madera de Ø=8" y armado de wood pack en caso lo requiera.
Mala B	Shotcrete 2" o 3" (F/30-35kg) + pernos expansivos de 7"-10" sistemático, espaciados de 1.0 a 1.2m ó cuadros de madera mayor a Ø=8" y armado de wood pack en caso lo requiera.
Muy Mala	Cimbras metálicas ó cuadros de madera mayor a Ø=8".

INTERSECCIÓN TEMPORALES MAYORES A 5.0m.	
Calidad de macizo rocoso	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Muy Buena	Pernos de 5" sistemático, espaciados a 2.1m.
Buena	Pernos expansivos o fricción de 7"-8" sistemático, espaciados de 1.7 a 2.1m, con malla electrosoldada.
Regular A	Pernos expansivos o fricción de 7"-8" sistemático, espaciados de 1.2 a 1.5m, con malla electrosoldada.
Regular B	Shotcrete 2" (F/25kg) + expansivos o fricción de 7"-8" sistemático, espaciados de 1.2 a 1.5m.
Mala A	Shotcrete 2" (F/25-30kg) + pernos expansivos de 7"-10" sistemático, espaciados de 1.0 a 1.2m y reforzado con pernos de adhesión o expansivos de mayor longitud (intermediado) y/o armado de wood pack en caso lo requiera.
Mala B	Shotcrete 2" o 3" (F/30-35kg) + pernos expansivos de 7"-10" sistemático, espaciados a 1.0m y reforzado con pernos expansivos de mayor longitud (intermediado) y/o armado de wood pack en caso lo requiera.
Muy Mala	No aplica.

NOTA:

El shotcrete será lanzado en sección completa de piso a piso según procedimiento, dentro de las horas de autoaporte de la roca. De presentarse esfuerzos, con potencial de generar crujidos o "Seudo estallidos de roca", se realizará taladros de alivio y se empleará malla de estabones sobre el refuerzo recomendado en las opciones anteriores.

En terrenos de calidad muy mala (Tipo V) se hará uso de spiling bar para el avance y para todo tipo de roca el sostenimiento deberá ser inmediato y a tope, según la recomendación geomecánica, que varía de acuerdo a la calidad del macizo rocoso.

Al concluir o paralizar una labor, el tope deberá ser sostenida según recomendación geomecánica.

Al reformar una labor antigua, se deberá realizar una re-evaluación geomecánica.

El armado de cuadros o cimbras se realizará bajo lecto seguro y el espaciamiento de eje o eje podrá ser modificado por el Ingeniero Geomecánico de manera explícita en su recomendación.

Ante la presencia de factores influyentes como fallas, agua, entre otros, el sostenimiento será reforzado y descrito en la recomendación geomecánica.

LEYENDA

Pernos de fricción	Sigfit ext.
Pernos de expansivos	Swellex.
Pernos de adhesión	Pernos helicoidales, varillas de fc.
Inyecciones de consolidación	Con resinas ó lechada de cemento.
Puntales de seguridad	Puntales de madera de 8" a 10" de diámetro.
Shotcrete estructural	Shotcrete con fibra metálica dramax 65/35 entre 20 a 30 kg/m3 ó fibra 45/35 a 30 kg/m3.
Malla electrosoldada	Malla electro-soldada cocada 4"x4" ó 3"x3".
Malla de estabones	Malla de estabones de alambre galvanizado cocada 3"x3".
Cuadros metálicos	Cuadros de vigas "H" de 4"x4"x13 Libras/pie para chimeneas construidos con alimac, secciones 2.5 x 2.5 m y 3.0x3.0m espaciado cm.
Cimbras metálicas	Estructuras de vigas "H" de 6"x6"x20 Libras/pie para labores principales de secciones "A" a "D" y "E". Vigas "H" de 4"x4"x13 Libras/pie para secciones "1" a "3" y "4".
Jack pot	Para puntales de madera de 7", 8" a 10" de diámetro, son pilotes inflables a presión hidráulica.
Spiling bar	Paraguas de pernos con lechada de cemento entallados en la corona de la labor para proteger la estabilidad de la corona.
Fibra metálica	Fibra metálica dramax según dosificación por tipo de roca y sección.
Jack pat	Mantas metálicas inflables a presión hidráulica, para confinar wood pack.
Wood pack	Castillos de cuarterones en forma de pilar.

Foto 5. 3 Tabla geomecánica y tipo de sostenimiento Unida Minera – CMH.



Foto 5. 4 Roca GRANODIORITA.

Tabla 4.1B Información de campo de la estación geomecánica P-01.

REGISTRO GEOMECÁNICO.					TESIS	MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA-2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES EN LA U.E.A PARCOY (CONS)										TENSIONES		Subterráneo									
UBICACIÓN					CX - 2226										Parametros	Valores											
CÓDIGO	E-1				TRAMO	1	DE	A	Profundidad(m)	220																	
RESPONSABLE	Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez.				HOJA Nº	1	COORDENADAS	Emboquille	Este (m)	228050.00	NORTE (m)	9116800.00	COTA (msnm)	2250.00	σ_1 (Mpa.)	17.92											
SISTEMA	WGS	84	ZONA 18 S		REALIZADO POR:	Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez.										FECHA	23/10/2022	σ_3 (Mpa.)	1.403								
DIS. Nº	DIMENSIONES DE EXCAVACIÓN					MACIZO ROCOSO					PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS																
	FORMA DE EXCAVACIÓN					OPCIÓN	TIPOS	RESIST. COMP. UNIAAX.	RQD TRAMO	ORIENTACIÓN			ESPACIADO(m)	PERSIST. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC. METEOR.	AGUA	CALIDAD DE INFORMACIÓN						
	1 = Baul					5	E=Estratificada o Sequ	σ_{ci}	ND	DIRECCIÓN			1 => 2	1 =< 1	1 = Nada	1 = Muy Rug.	1=Arcilloso	1=Ninguna	1=Inalterada	1=Seco							
	2 = Circular						D=Diadasa	ND	DIRECCIÓN			2 = 2 - 0.6	2 = 1 - 3	2 =< 0.1	2 = Rugosa	2=Qz	2=Duro-<5mm	2=Lig. Alt.	2=Húmedo								
	3 = Herradura						GSI	L	DIRECCIÓN			3 = 0.6 - 0.2	3 = 3 - 10	3 = 0.1 - 1	3 = Lig. Rug.	3=Calcita	3=Duro-<5mm	3=Mod. Alt.	3=Mojado								
	4 = Cuadrada						1=Fresco	Prom. Golpes	λ	DIRECCIÓN			4 = 0.2 - 0.06	4 = 10 - 20	4 = 1 - 5	4 = Ondul.-lisa	4=Óxido	4=Suave-<5mm	4=Muy Alt.	4=Goteo							
	5 = Rectangular						2=Lev. Met	3 Golp.	Y _p	DIRECCIÓN			5 =< 0.06	5 => 20	5 => 5	5 = Suave	5=Roca Tritu.	5=Suave>5mm	5=Descomp.	5=Flujo							
	6 = Elíptica						3=Mod.	Agregor MB,B,M,P,MP	C=Contacto	DIRECCIÓN			Z/R	DIP	DD	6=Bx	7=Panizo	8=Veta	9=Epsonita								
	7 = Irregular						4=Alt. Met.	4=Fract-Intens	mf=Microfalla		DIRECCIÓN																
	HASTIAL DER. (m)					APICE MAYO R (m.)	HASTIAL L. IZQUI. (m.)	ANCHO DE CAMARA	CUNET A (m)	LITOLÓGIA FORMACIÓN	METEORIZACIÓN	GRADO FRACT.	GSI	E=Estratificada o Sequ	RESIST. COMP. UNIAAX.	RQD TRAMO	ORIENTACIÓN			ESPACIADO(m)	PERSIST. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC. METEOR.	AGUA
1 = Baul					1=Alto	1=Bloq-Regul.	Fn=F. Normal	3 Golp.	DIRECCIÓN																		
1	4.00	4.50	4.00	5.00	0.25	R. Granodiorita	3	2	2	D	78.204 Mpa	49	200	30	290	5	2	4	4	5	2	4	2	1			
2						Es una roca ígnea intrusiva se componen de cuarzo blanco y los feldespatos.					78.204 Mpa	49	205	27	295												
3											78.204 Mpa	49	208	25	298												
4											78.204 Mpa	49	199	35	289												
5											78.204 Mpa	49	195	32	285												
6											78.204 Mpa	49	190	28	280												
7											78.204 Mpa	49	205	25	295												
8											78.204 Mpa	49	200	30	290												
9											78.204 Mpa	49	207	35	297												
10											78.204 Mpa	49	215	34	305												
11											78.204 Mpa	49	220	30	310												
12										78.204 Mpa	49	210	38	300													
13									D - 1	78.204 Mpa	49	320	56	230	5	3	4	3	5	2	4	2	1				
14										78.204 Mpa	49	335	51	245													
15										78.204 Mpa	49	330	54	240													
16										78.204 Mpa	49	324	52	234													
17										78.204 Mpa	49	320	56	230													
18										78.204 Mpa	49	330	50	240													
19										78.204 Mpa	49	335	54	245													
20										78.204 Mpa	49	328	52	238													
21										78.204 Mpa	49	334	65	244													
22										78.204 Mpa	49	340	68	250													
23										78.204 Mpa	49	335	65	245													
24										78.204 Mpa	49	325	60	235													
25										78.204 Mpa	49	330	63	240													
26										78.204 Mpa	49	340	61	250													
27										78.204 Mpa	49	333	56	243													
28									D - 2	78.204 Mpa	49	34	80	124	5	3	2	3	5	2	4	2	1				
29										78.204 Mpa	49	38	85	128													
30										78.204 Mpa	49	25	80	115													
31										78.204 Mpa	49	34	76	124													
32										78.204 Mpa	49	40	79	130													
33										78.204 Mpa	49	44	80	134													
34										78.204 Mpa	49	38	75	128													
35										78.204 Mpa	49	44	70	134													
36										78.204 Mpa	49	36	75	126													
37										78.204 Mpa	49	30	71	120													
38										78.204 Mpa	49	37	65	127													
39										78.204 Mpa	49	42	69	132													
40										78.204 Mpa	49	50	64	140													
41										78.204 Mpa	49	30	70	120													
42										78.204 Mpa	49	35	65	125													
43										78.204 Mpa	49	40	78	130													
44										78.204 Mpa	49	50	56	140													

Túnel

Diseño Original: M.Sc. Victor Tolentino.

Diseño Modificado: Reinalda Rodriguez - 2017.

Tabla 4.2B Información de campo de la estación geomecánica P-02.

REGISTRO GEOMECAÁNICO						TESIS		EVALUACIÓN GEOMECAÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENA-2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINALOURDES EN LA U.E.A PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.)						TENSIONES			Subterráneo																	
UBICACIÓN						CX - 2226						Parametros			Valores																			
CÓDIGO	E-2					TRAMO	1	DE	A			Profundida(m)	221.0																					
RESPONSABLE	Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez.					HOJA Nº	1	OORDENADA	Emboquille	Este (m)	228050.00	NORTE (m)	9116800.00	COTA (msnm)	2250.00	σ_1 (Mpa.)		18.05																
SISTEMA	WGS		84 ZONA 18 S			REALIZADO POR:	Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez.						FECHA				σ_3 (Mpa.)	1.413																
DIS. Nrº	DIMENSIONES DE EXCAVACIÓN					MACIZO ROCOSO				PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS																								
	FORMA DE EXCAVACIÓN				OPCIÓN					TIPOS		RESIST. COMP. UNIAX.		ROD TRAMO		ORIENTACIÓN			ESPACIADO(m)		PERSIST. (m)		ABERTURA (mm)		RUGOS.		RELLENO		ALTERAC. METEOR.		AGUA		CALIDAD DE INFORMACIÓN	
	1 = Baúl				5					E=Estratificada		ND		DIRECCIÓN			1 => 2		1 =< 1		1 = Nada		1 = Muy Rug		1 = Arcilloso		1 = Ninguna		1 = Inalterada		1 = Seco			
	2 = Circular									D=Diadclasa		36.00					2 = 2 - 0.6		2 = 1 - 3		2 = < 0.1		2 = Rugosa		2 = Oz		2 = Duro-<5mm		2 = Lig. Alt.		2 = Húmedo			
	3 = Herradura									F=Normal		L					3 = 0.6 - 0.2		3 = 3 - 10		3 = 0.1 - 1		3 = Lig. Rug.		3 = Calcita		3 = Duro->5mm		3 = Mod. Alt.		3 = Mojado			
	4 = Cuadrada									Fi=Inversa		18					4 = 0.2 - 0.06		4 = 10 - 20		4 = 1 - 5		4 = Ondul.-li		4 = Óxido		4 = Suave-<5mm		4 = Muy Alt.		4 = Goteo			
	5 = Rectangular									Fd=Directa		Prom. Golpes					5 = < 0.06		5 = > 20		5 = > 5		5 = Suave		5 = Roca Tritu		5 = Suave->5mm		5 = Descomp.		5 = Flujo			
	6 = Elíptica									Inf=Microfalla		λ																						
	7 = Irregular									Agresor MB,B,M,P,MP		3 Golp.																						
	HASTIAL DER. (m)	APICE MAYO R (m.)	HASTIAL L. IZQUI. (m.)	ANCHO DE CAMARA	CUNET A (m)					SE= Sobrees. C=Contacto		Yp		Z/R																				
					LITOLOGÍA FORMACIÓN						46.00		DIP																					
1	4.00	4.50	4.00	5.00	0.25	R. Granodiorita	3	2	2	D	73.416 Mpa	46	190	20	280	5	2	4	4	5	2	4	2	1										
2						Es una roca ígnea intrusiva se componen de cuarzo blanco y los feldespatos.					73.416 Mpa	46	185	23	275																			
3												73.416 Mpa	46	178	26	268																		
4												73.416 Mpa	46	185	24	275																		
5												73.416 Mpa	46	177	20	267																		
6												73.416 Mpa	46	193	25	283																		
7												73.416 Mpa	46	188	18	278																		
8												73.416 Mpa	46	200	16	290																		
9												73.416 Mpa	46	359	19	269																		
10												73.416 Mpa	46	188	22	278																		
11												73.416 Mpa	46	192	16	282																		
12												73.416 Mpa	46	195	21	285																		
13										D - 1		73.416 Mpa	46	113	70	203	5	3	4	3	5	2	4	2	1									
14												73.416 Mpa	46	110	72	200																		
15												73.416 Mpa	46	100	68	190																		
16												73.416 Mpa	46	108	66	198																		
17											73.416 Mpa	46	15	72	105																			
18											73.416 Mpa	46	119	65	209																			
19											73.416 Mpa	46	110	62	200																			
20											73.416 Mpa	46	115	68	205																			
21											73.416 Mpa	46	118	73	208																			
22											73.416 Mpa	46	112	78	202																			
23											73.416 Mpa	46	116	69	206																			
24											73.416 Mpa	46	112	65	202																			
25											73.416 Mpa	46	108	70	198																			
26											73.416 Mpa	46	105	75	195																			
27											73.416 Mpa	46	114	80	204																			
28									D - 2		73.416 Mpa	46	2	92	362	5	3	2	3	5	2	4	2	1										
29											73.416 Mpa	46	266	86	356																			
30											73.416 Mpa	46	258	78	348																			
31											73.416 Mpa	46	267	87	357																			
32											73.416 Mpa	46	274	94	364																			
33											73.416 Mpa	46	275	95	365																			
34											73.416 Mpa	46	258	78	348																			
35											73.416 Mpa	46	254	74	344																			
36											73.416 Mpa	46	259	79	349																			
37											73.416 Mpa	46	264	84	354																			
38											73.416 Mpa	46	248	68	338																			
39											73.416 Mpa	46	254	74	344																			
40											73.416 Mpa	46	259	79	349																			
41											73.416 Mpa	46	260	80	350																			
42											73.416 Mpa	46	248	68	338																			
43											73.416 Mpa	46	255	75	345																			
44											73.416 Mpa	46	250	70	340																			

Túnel

Diseño Original: M.Sc. Victor Tolentino.

Diseño Modificado: Reinaida Rodríguez - 2017.

Tabla 4.3B Información de campo de la estación geomecánica P-03.

REGISTRO GEOMECAÁNICO						TESIS		EVALUACIÓN GEOMECAÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA-2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES EN LA U. E.A PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.)										TENSIONES		Subterráneo									
UBICACIÓN						Chimenea - 2226AK										Parametros	Valores												
CÓDIGO	E-3					TRAMO	1	DE	A							Profundida (m)	200												
RESPONSABLE	Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez.					HOJA Nº	1	COORDENADA	Emboquille	Este (m)	22805.00	NORTE (m)	9116800.00	COTA (msnm)	2290.00	σ_1 (Mpa.)	15.22												
SISTEMA	WGS 84 ZONA 18 S					REALIZADO POR:	Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez.										FECHA	σ_3 (Mpa)	1.274										
DIS. Nº	DIMENSIONES DE EXCAVACIÓN					PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS										ALTERAC. METEOR.	AGUA	CALIDAD DE INFORMACIÓN											
	FORMA DE EXCAVACIÓN				OPCIÓN	MACIZO ROCOSO				TIPOS	RESIST. COMP. UNIAIX.	RQD TRAMO		ORIENTACIÓN					ESPACIADO (m)	PERSIST. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		DUREZA				
	1 = Baúl				4	LITOLÓGIA FORMACIÓN	METEORIZACIÓN	GRADO FRACT.	GSI	E=Estratificad.	σ_{ci}	ND	24.00	DIRECCIÓN					1 = > 2	1 = < 1	1 = Nada	1 = Muy Rug.	1 = Arcilloso	1 = Ninguna	1 = Inalterada	1 = Seco	1 = Lec. Real		
	2 = Circular						1=Fresco	1=Alto	1=Bloq-Regu	F=Fr. Norma																		Prom. Golpes	
	3 = Herradura						2=Lev. Met.	2=Medio	2=Bloq-Irreg	Fi=Fr. Inversa																			
	4 = Cuadrada						3=Mod.	3=Bajo	3=bloq-capa	Fd=Fr. Direct																			
	5 = Rectangular						4=Alt. Met.	4=Fract-Inten	3=bloq-capa	m=Microfal																			
	6 = Elíptica						5=Compl.			Agresor MB,B,M,P,MP																			C=Contacto
	7 = Irregular																												3 Golp.
	HASTIAL DER. (m)	APICE MAYO R (m.)	HASTIAL L. IZQUI. (m.)	ANCHO DE CAMARA	CUNET A (m)					Y _p	41.00	Z/R	DIP	DD	5				2	4	4	5	2	4	2	1			
1			2.50		R. Granodiorita	3	2	2	D	46.284 Mpa	41	170	41	260	5	2	4	4	5	2	4	2	1						
2					Es una roca ígnea intrusiva se componen de cuarzo blanco y los feldespatos.					46.284 Mpa	41	165	38	255															
3										46.284 Mpa	41	155	35	245															
4										46.284 Mpa	41	166	42	256															
5										46.284 Mpa	41	158	45	248															
6										46.284 Mpa	41	164	36	254															
7										46.284 Mpa	41	172	33	262															
8										46.284 Mpa	41	155	35	245															
9										46.284 Mpa	41	166	41	256															
10										46.284 Mpa	41	173	47	263															
11										46.284 Mpa	41	158	35	248															
12										46.284 Mpa	41	155	31	245															
13										D - 1	46.284 Mpa	41	70	76	160	5	3	4	3	5	2	4	2	1					
14											46.284 Mpa	41	60	69	150														
15										46.284 Mpa	41	66	75	156															
16										46.284 Mpa	41	55	71	145															
17										46.284 Mpa	41	64	68	154															
18										46.284 Mpa	41	62	72	152															
19										46.284 Mpa	41	57	78	147															
20										46.284 Mpa	41	61	67	151															
21										46.284 Mpa	41	64	62	154															
22										46.284 Mpa	41	68	68	158															
23										46.284 Mpa	41	56	72	146															
24										46.284 Mpa	41	50	75	140															
25										46.284 Mpa	41	62	78	152															
26										46.284 Mpa	41	55	73	145															
27										46.284 Mpa	41	58	78	148															
28									D - 2	46.284 Mpa	41	326	25	56	5	3	2	3	5	2	4	2	1						
29										46.284 Mpa	41	315	20	45															
30										46.284 Mpa	41	317	24	47															
31										46.284 Mpa	41	324	21	54															
32										46.284 Mpa	41	321	26	51															
33										46.284 Mpa	41	317	23	47															
34										46.284 Mpa	41	312	28	42															
35										46.284 Mpa	41	321	30	51															
36										46.284 Mpa	41	327	23	57															
37										46.284 Mpa	41	313	27	43															
38										46.284 Mpa	41	310	21	40															
39										46.284 Mpa	41	316	25	46															
40										46.284 Mpa	41	321	30	51															
41										46.284 Mpa	41	323	25	53															
42										46.284 Mpa	41	318	22	48															
43										46.284 Mpa	41	314	27	44															
44										46.284 Mpa	41	309	23	39															

Chimenea

Diseño Original: M.Sc. Victor Tolentino

Diseño Modificado: Reinalda Rodriguez - 2017.

Tabla 4.4B Información de campo de la estación geomecánica P-04.

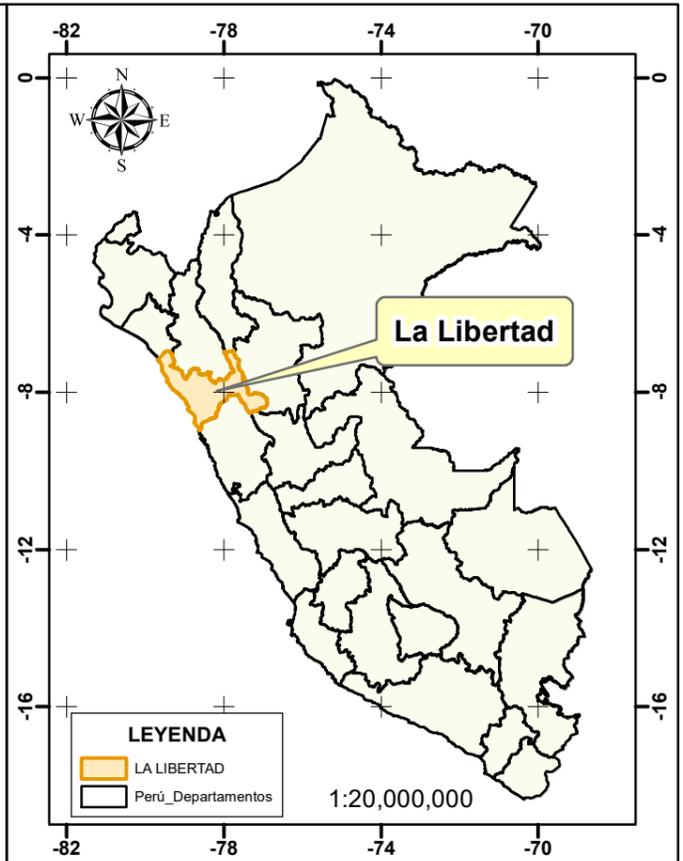
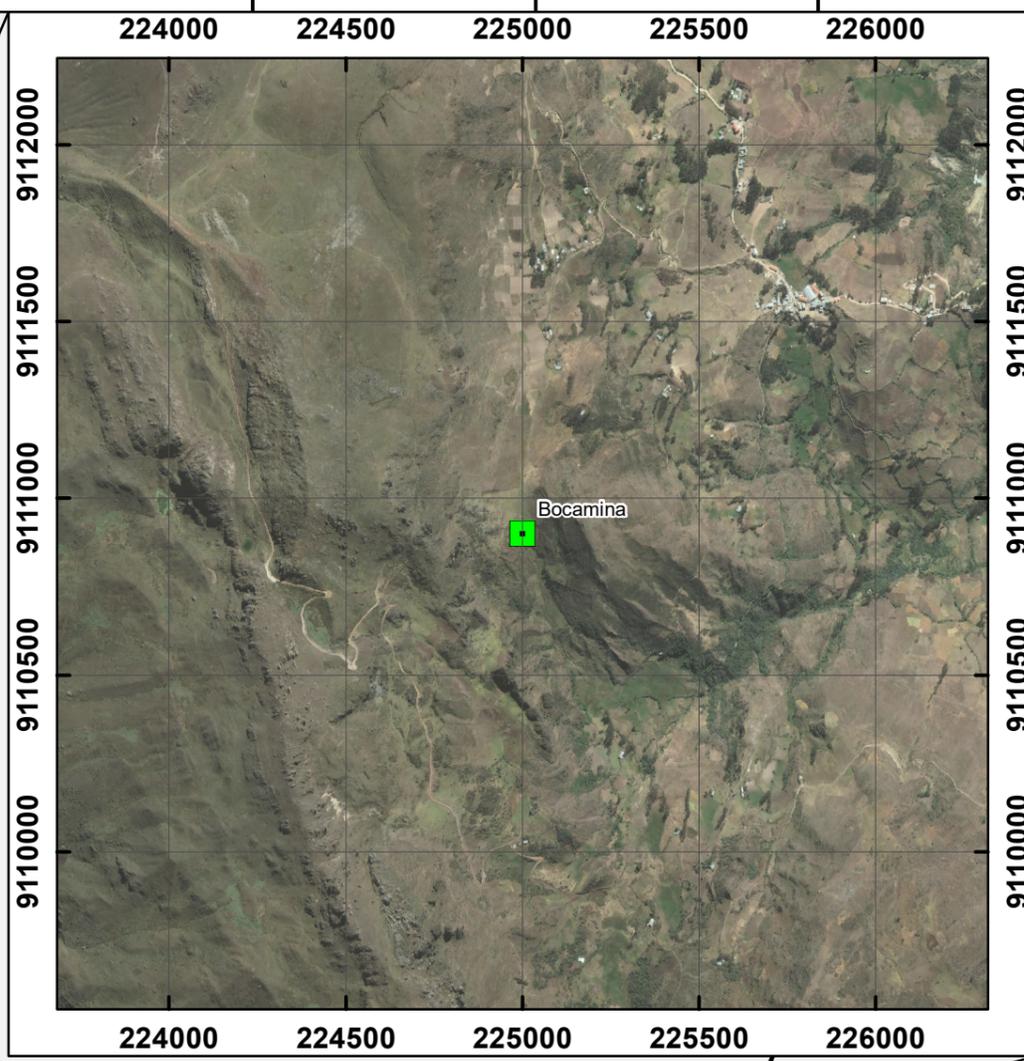
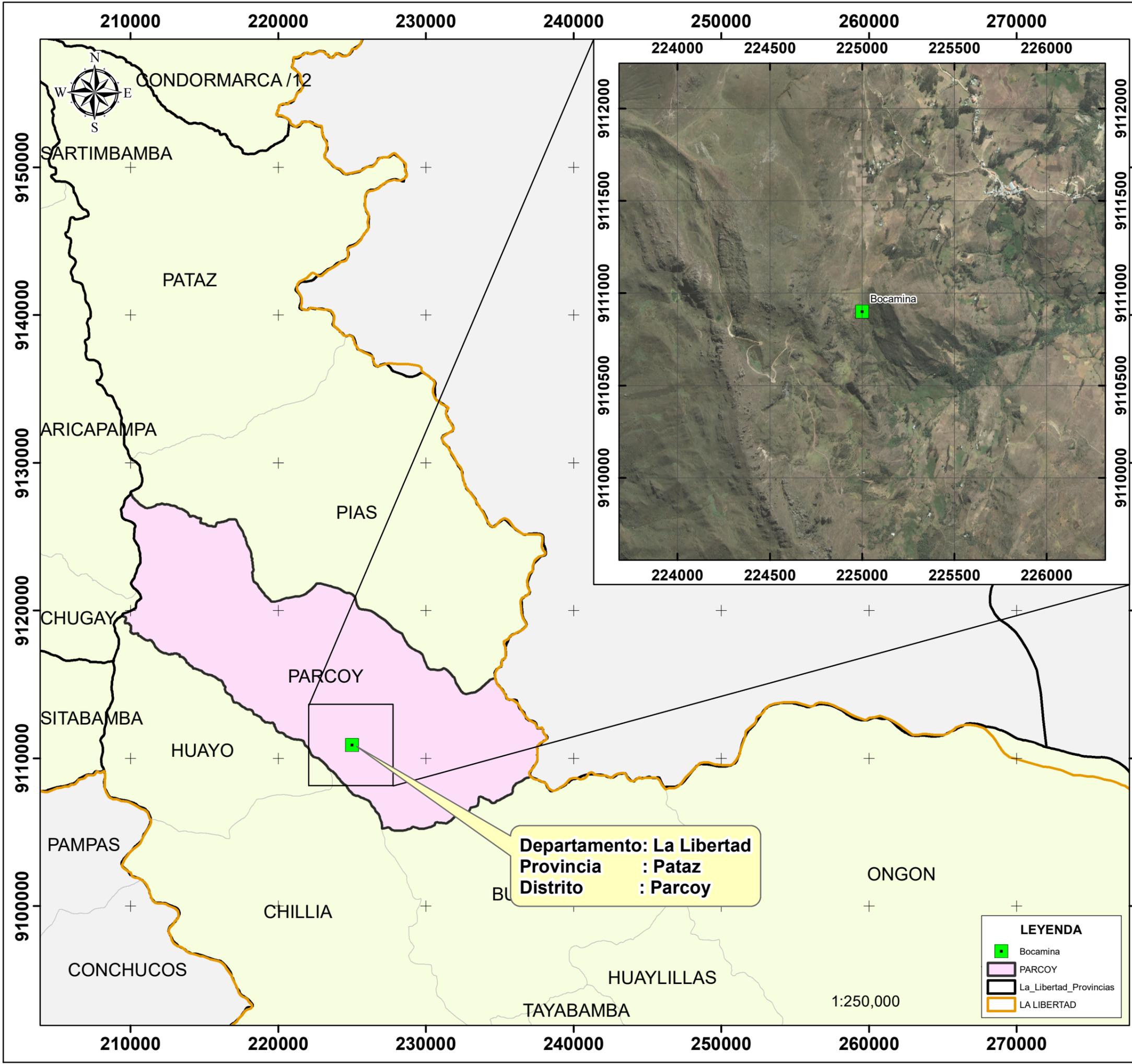
REGISTRO GEOMECÁNICO						UBICACIÓN		EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA-2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES EN LA U.L.E.A.PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.)										TENSIONES		Subterráneo																					
CÓDIGO	E-4					TRAMO	1	DE	A			Parametros		Valores																											
RESPONSABLE	Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez.					HOJA Nº	1	COORDENADA	Emboquille	Este (m)	22805.00	NORTE (m)	9116800.00	COTA (msnm)	2350.00	σ_1 (Mpa)	13.65																								
SISTEMA	WGS		84			ZONA	18 S					REALIZADO POR:	Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez.			FECHA	σ_3 (Mpa)	0.7861																							
DIS. Nrº	DIMENSIONES DE EXCAVACIÓN					MACIZO ROCOSO				PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS																															
	FORMA DE EXCAVACIÓN				OPCIÓN	LITOLOGÍA FORMACIÓN	METEORIZACIÓN	GRADO FRACT.	GSI	TIPOS	RESIST. COMP. UNIAX.	RQD TRAMO		ORIENTACIÓN			SPACIADO (m)	PERSIST. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO	DUREZA	ALTERAC. METEOR.	AGUA	CALIDAD DE INFORMACIÓN																
1 = Baúl					4		R. Granodiorita	1=Fresco	1=Alto	1=Bloq-Regu	E=Estratificad	σ_{ci}	ND	45	DIRECCIÓN	1=>2	1=<1	1=Nada	1= Muy Rug	1=Arcilloso	1=Ninguna	1=Inalterada	1=Seco	1=Lec. Real																	
2 = Circular						D=Diadisa																			2=Lev. Met.	2=Medio	2=Bloq-Irreg	Fn=F. Norma	L	2.16	3=2-0.6	2=1-3	2=<0.1	2= Rugosa	2=Oz	2=Duro<5mm	2=Lig. Alt.	2=Húmedo	2=Lec. Apar		
3 = Herradura																																								3=Mod.	3=Bajo
4 = Cuadrada						4=Alt. Met.																			4=Fract-Inten	4=Fract-Inten	mf=Microfal	3 Golp.	Y_p	38.00	Z/R	DIP	DD	4=0.2-0.06	4=10-20	4=1-5	4= Ondul. li	4=Óxido	4=Suave<5mm		
5 = Rectangular																																								5=Compl.	Agresor MB,B,M,P,MP
6 = Elíptica						HASTIAL DER. (m)																			APICE MAYO R (m.)	HASTIAL L. IZQUI. (m.)	ANCHO DE CAMARA	CUNET A (m)													
7 = Irregular																																									
1	-	-	-	2.50	-	R. Granodiorita	3	2	2	D	50.321 Mpa	38	70	42	160	5	2	4	4	5	2	4	2	1																	
2						Es una roca ígnea intrusiva se componen de cuarzo blanco y los feldespatos.					50.321 Mpa	38	66	40	156																										
3							50.321 Mpa	38	75	44	165																														
4							50.321 Mpa	38	62	46	152																														
5							50.321 Mpa	38	60	41	150																														
6							50.321 Mpa	38	56	39	146																														
7							50.321 Mpa	38	59	41	149																														
8							50.321 Mpa	38	53	44	143																														
9							50.321 Mpa	38	50	46	140																														
10							50.321 Mpa	38	61	39	151																														
11							50.321 Mpa	38	66	42	156																														
12							50.321 Mpa	38	55	39	145																														
13											D - 1	50.321 Mpa	38	11	40	101	5	3	4	3	5	2	4	2	1																
14												50.321 Mpa	38	189	51	95																									
15												50.321 Mpa	38	183	54	93																									
16											50.321 Mpa	38	187	52	97																										
17											50.321 Mpa	38	182	56	92																										
18											50.321 Mpa	38	357	50	87																										
19											50.321 Mpa	38	355	54	85																										
20											50.321 Mpa	38	184	52	94																										
21											50.321 Mpa	38	181	65	91																										
22											50.321 Mpa	38	186	68	96																										
23											50.321 Mpa	38	12	65	102																										
24											50.321 Mpa	38	187	60	97																										
25											50.321 Mpa	38	14	63	104																										
26											50.321 Mpa	38	21	61	111																										
27											50.321 Mpa	38	15	56	105																										
28											D - 2	50.321 Mpa	38	290	80	20	5	3	2	3	5	2	4	2	1																
29											50.321 Mpa	38	300	85	30																										
30											50.321 Mpa	38	295	80	25																										
31											50.321 Mpa	38	291	76	21																										
32											50.321 Mpa	38	288	79	18																										
33											50.321 Mpa	38	294	80	24																										
34											50.321 Mpa	38	300	75	30																										
35											50.321 Mpa	38	304	70	34																										
36											50.321 Mpa	38	295	75	25																										
37											50.321 Mpa	38	298	71	28																										
38											50.321 Mpa	38	301	65	31																										
39											50.321 Mpa	38	296	69	26																										
40											50.321 Mpa	38	291	64	21																										
41											50.321 Mpa	38	299	70	29																										
42											50.321 Mpa	38	294	65	24																										
43											50.321 Mpa	38	301	78	31																										
44											50.321 Mpa	38	295	56	25																										

Chimenea

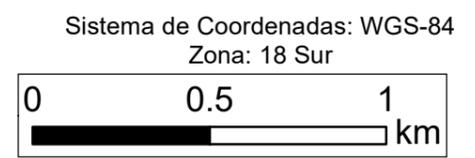
Diseño Original: M.Sc. Victor Tolentino.

Diseño Modificado: Reinalda Rodriguez - 2017.

ANEXO C
PLANOS



Plano de Ubicación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingeniería
Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

TESIS PROFESIONAL:
EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA 2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES DE LA U.E.A. PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.)

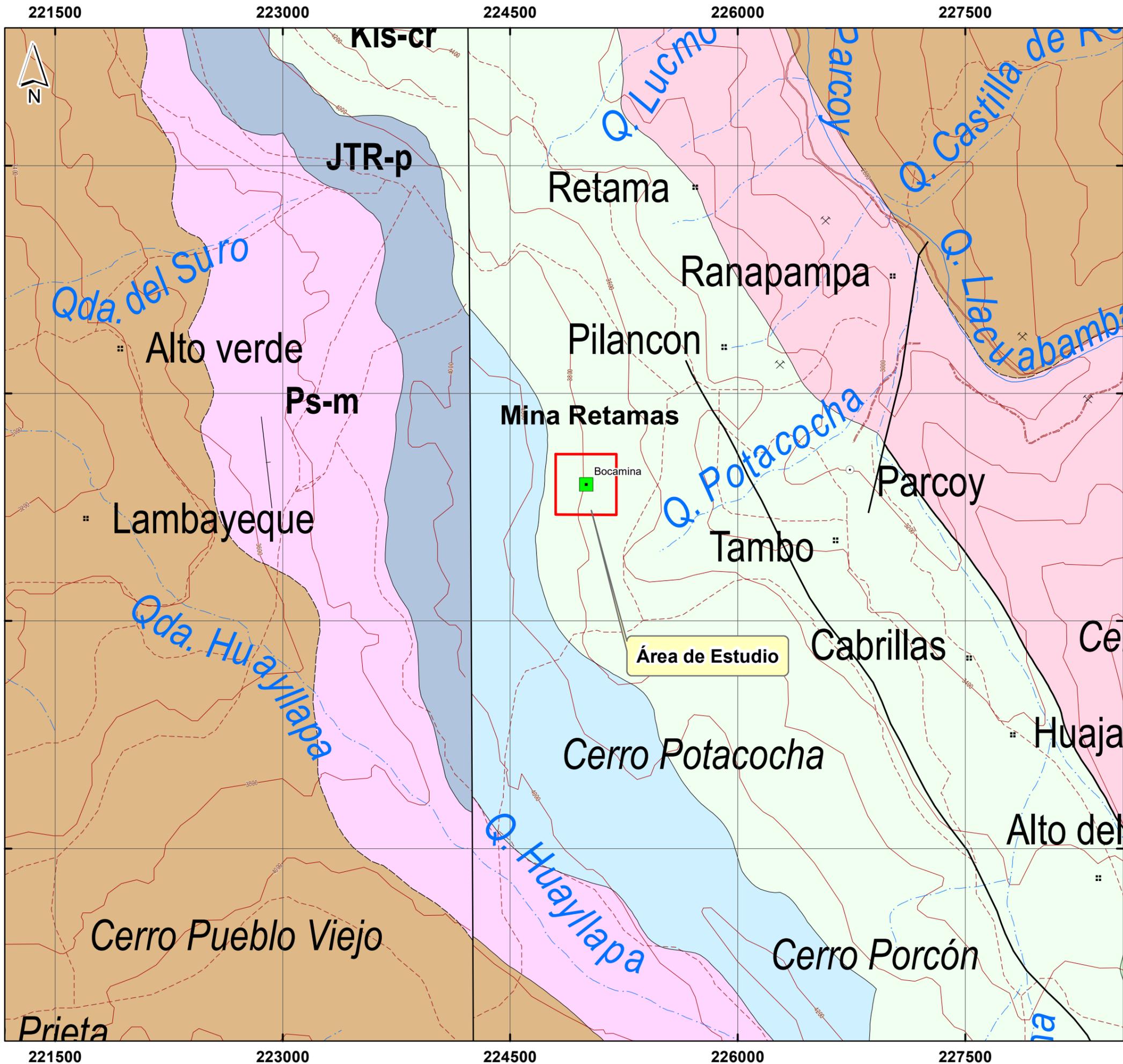
PLANO: UBICACIÓN

REALIZADO POR: Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez **PLANO N°:**

ESCALA: 1:20,000 **FECHA:** Abril, 2023

ASESOR: Ing. Roberto Gonzales Yana

01



Plano Geológico Regional

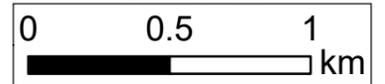
SIMBOLOGÍA

- Bocamina
- Área de Estudio
- Fallas**
- Falla Normal
- - Falla Inferida
- ↖ Falla Inversa
- Pliegues**
- ↕ Anticlinal
- ∩ Sinclinal
- ∩ Sinclinal Volcado

LEYENDA

Litología		
	Laguna	194
	Morrena	56
	Dep. Coluvial (Q-co)	121
	Dep. Aluvial (Qh-al)	263
	Dep. fluvio-glacial (Qh-fg)	1
	Fm. Chota (KsP-ch)	1110
	Granodiorita (Kp-gd)	243
	Fms. Jumasha - Celendín (Kis-jc)	10
	Fms. Parihuana - Chulec - Pariatambo (Kis-Pchp)	11
	Fm. Crisnejas (Kis-cr)	49
	Gpo. Goyllarisquizga (Ki-g)	50
	Gpo. Pucará (Jr-pu)	176
	Gpo. Mitu (Ps-m)	4225
	Volcánico Indiferenciado (Csp-l)	4379
	Gpo. Ambo (Ci-a)	53
	Granito neisificado (Pali-n)	55
	Diorita - granodiorita (Pali-di/gd)	59
	Complejo Marañón (Pe-cm)	61

Sistema de Coordenadas: WGS-84
Zona: 18 Sur



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingeniería
Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

TESIS PROFESIONAL:
EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA 2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES DE LA U.E.A. PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.)

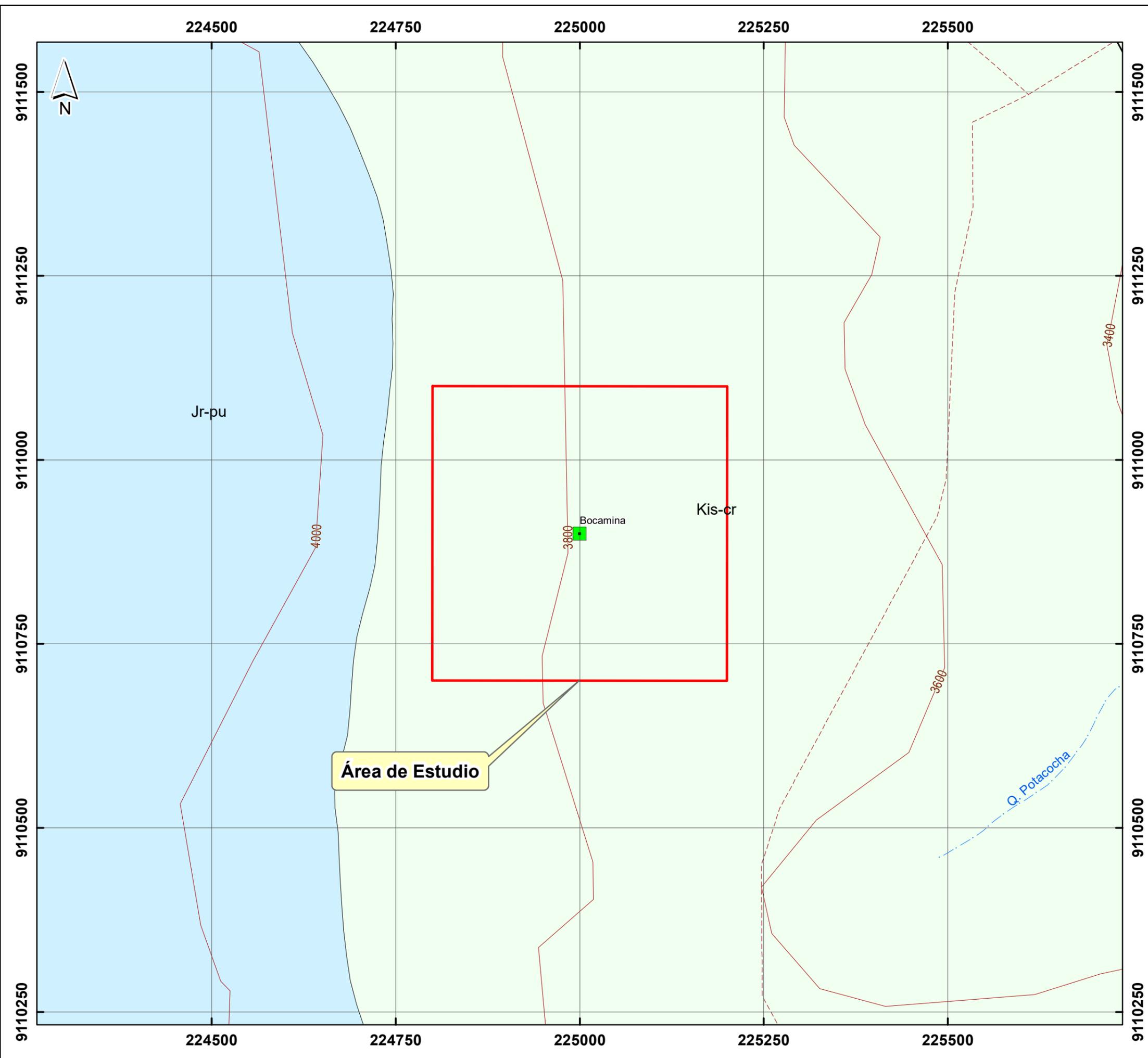
PLANO: GEOLÓGICO REGIONAL

REALIZADO POR: Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez **PLANO N°:**

ESCALA: 1:25,000 **FECHA:** Abril, 2023

ASESOR: Ing. Roberto Gonzales Yana

02

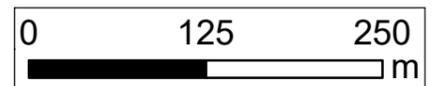


Plano Geológico Local

LEYENDA

- Bocamina
- Área de Estudio
- FALLAS**
- Falla Normal
- - Falla Inversa
- ▲ Falla Inversa
- PLIEGUES**
- ↕ Anticlinal
- ∩ Sinclinal
- ∩ Sinclinal Volcado
- LITOLOGÍA**
- Fm. Crisnejas (Kis-cr)
- Gpo. Pucará (Jr-pu)

Sistema de Coordenadas: WGS-84
Zona: 18 Sur



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingeniería
Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

TESIS PROFESIONAL:
EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA 2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES DE LA U.E.A. PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.)

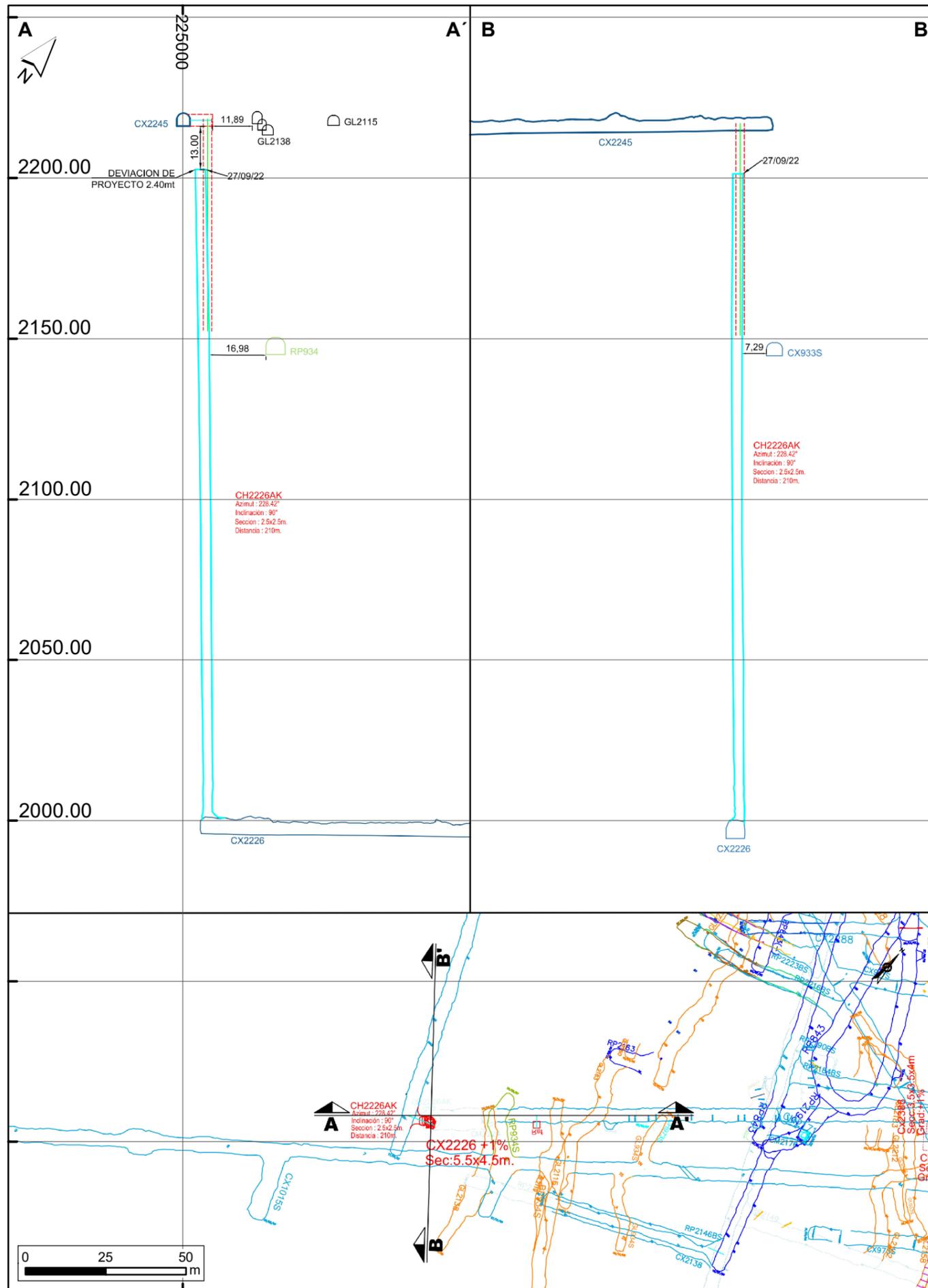
PLANO: GEOLÓGICO LOCAL

REALIZADO POR: Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez **PLANO N°:**

ESCALA: 1:5,000 **FECHA:** Abril, 2023

ASESOR: Ing. Roberto Gonzales Yana

03



Plano Ubicación de Labores

SIMBOLOGÍA

- Crucero CX2245
- Chimenea CH2226AK
- Crucero CX2226
- Puntos de control geomecánico

Sistema de Coordenadas: WGS-84
Zona: 18 Sur

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingeniería
Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

TESIS PROFESIONAL:
EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA 2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES DE LA U.E.A. PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.)

PLANO: UBICACIÓN DE LABORES

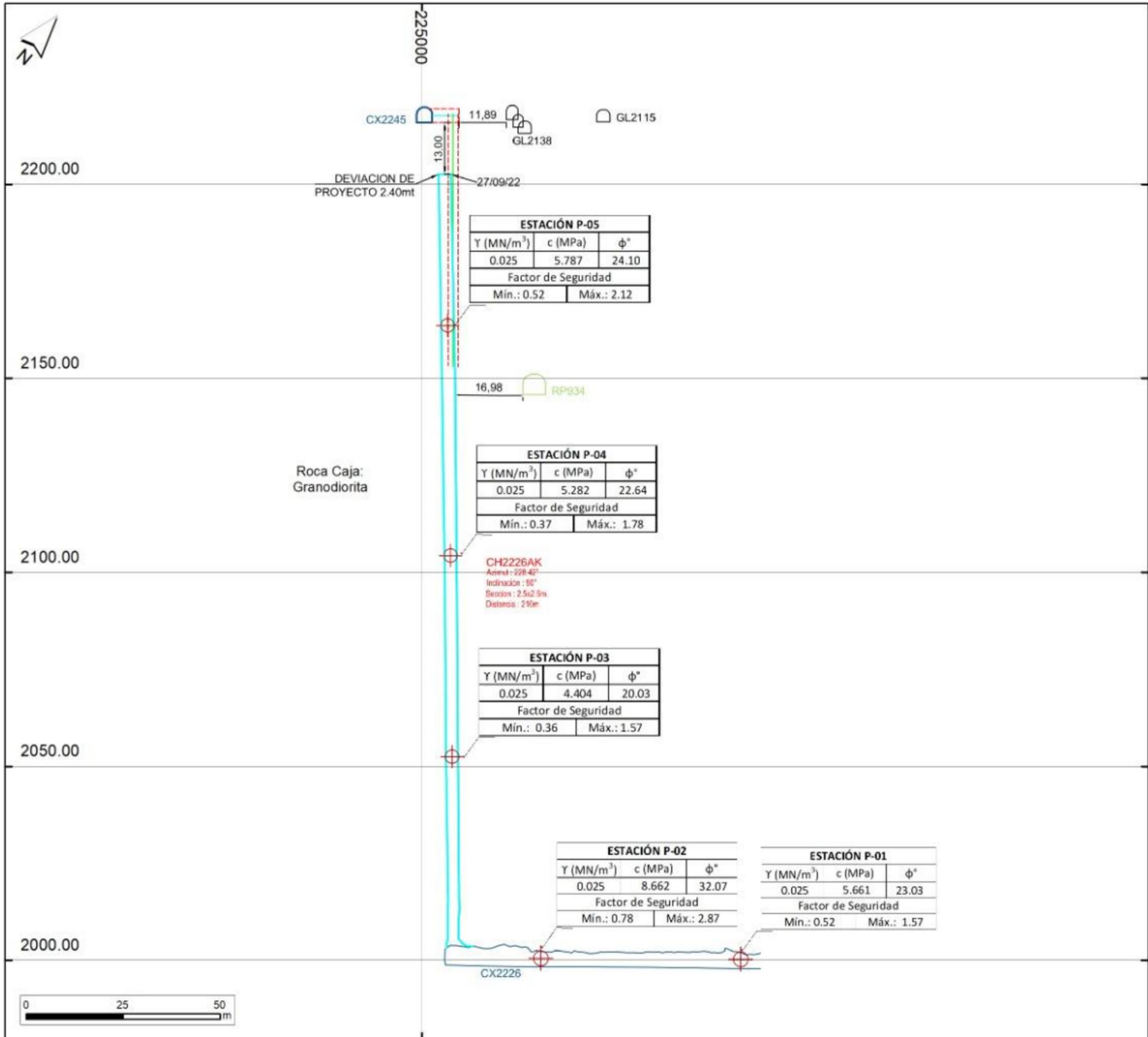
REALIZADO POR: Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez

PLANO N°:

ESCALA: 1:1,500 **FECHA:** Abril, 2023

ASESOR: Ing. Roberto Gonzales Yana

04



Plano Litológico

SIMBOLOGÍA

- Crucero CX2245
- Chimenea CH2226AK
- Crucero CX2226
- Puntos de control geomecánico

Sistema de Coordenadas: WGS-84
Zona: 18 Sur

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingeniería
Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

TESIS PROFESIONAL:
EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA 2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES DE LA U.E.A. PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.)

PLANO: LITOLOGÍA

REALIZADO POR: Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez **PLANO N°:**

ESCALA: 1:1,000 **FECHA:** Abril, 2023

ASESOR: Ing. Roberto Gonzales Yana

05



225000

CX2245 11.89 GL2115
GL2138

2200.00

DEVIACION DE PROYECTO 2.40mt

ESTACIÓN P-05	
RQD: 41	Mala
RMR89: 33	V - A mala
GSI: 39	
Sostenimiento	
Tabla SPM	
Colocar cimbras metálicas galvanizadas espaciadas de 0.8 m a 1.0 m con planchas acanaladas topeadas con bolsacreto.	

2150.00

ESTACIÓN P-04	
RQD: 38	Mala
RMR89: 35	IV - A mala
GSI: 40	
Sostenimiento	
Tabla SPM	
Colocar cimbras metálicas galvanizadas espaciadas de 0.8 m a 1.0 m con planchas acanaladas topeadas con bolsacreto.	

2100.00

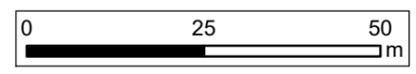
ESTACIÓN P-03	
RQD: 41	Mala
RMR89: 34	IV - A mala
GSI: 38	
Sostenimiento	
Tabla SPM	
Colocar cimbras metálicas galvanizadas espaciadas de 0.8 m a 1.0 m con planchas acanaladas topeadas con bolsacreto.	

2050.00

ESTACIÓN P-02	
RQD: 46	Mala
RMR89: 39	IV-A mala
GSI: 44	
Sostenimiento	
Tabla SPM	
Pernos de 2.4 m. anclados con resina sistemáticos espaciados 1.0 m X 1.0 m más malla electrosoldada y shotcrete de 5 cm.	

ESTACIÓN P-01	
RQD: 49	Mala
RMR89: 40	IV-A Mala
GSI: 43	
Sostenimiento	
Tabla SPM	
Pernos de 2.4 m. anclados con resina sistemáticos espaciados 1.0 m X 1.0 m más malla electrosoldada y shotcrete de 5 cm.	

2000.00



Plano Geomecánico

EVALUACIÓN GEOMECÁNICA

IV - Mala

SIMBOLOGÍA

- Crucero CX2245
- Chimenea CH2226AK
- Crucero CX2226
- Puntos de control geomecánico

Sistema de Coordenadas: WGS-84
Zona: 18 Sur

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingeniería
 Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

TESIS PROFESIONAL:
 EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN LA CONSTRUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO DE LA CHIMENEA 2226, POR EL MÉTODO RAISE CLIMBER MINA LOURDES DE LA U.E.A. PARCOY (CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.)

PLANO: GEOMECÁNICO

REALIZADO POR: Bach. Juan Carlos Mendoza Sánchez **PLANO N°:**

ESCALA: 1:1,000 **FECHA:** Abril, 2023

ASESOR: Ing. Roberto Gonzales Yana

06