



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



ANÁLISIS GEOMECÁNICO PARA LA ESTABILIDAD DEL
MINADO SUBTERRÁNEO EN LA MINA HERALDOS NEGROS
DE LA COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTÍN S.A.
ACOBAMBILLA – HUANCVELICA

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ALBERT SURCO CCAJIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2022



NOMBRE DEL TRABAJO

ANÁLISIS GEOMECÁNICO PARA LA ESTABILIDAD DEL MINADO SUBTERRÁNEO EN LA MINA HERALDOS NEGROS DE LA COM

AUTOR

ALBERT SURCO CCAJIA

RECuento DE PALABRAS

16360 Words

RECuento DE CARACTERES

89059 Characters

RECuento DE PÁGINAS

101 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.2MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 2, 2022 1:14 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 2, 2022 1:19 PM GMT-5

● **12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 16 palabras)
- Material citado



Firmado digitalmente por LLERENA PEREDO Georges Florencio FAU 20145496170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02.08.2022 13:25:53 -05:00



Firmado digitalmente por BENAVENTE FERNANDEZ Sofia Lourdes FAU 20145496170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24.12.2022 18:53:56 -05:00



DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, de
todos los días de mi vida.



AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso, por sus bendiciones, por la salud y permitir llegar hasta aquí.

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, por haberme albergado durante mi vida estudiantil.

A los docentes de la escuela profesional de Geológica, por Inculcarme sabias enseñanzas durante mi vida estudiantil.



INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE GENERAL	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE ACRONIMOS	
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1 Problema General	15
1.2.2 Problema Especifico	15
1.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	16
1.3.1 Hipótesis General.....	16
1.3.2 Hipótesis Especifica.....	16
1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.4.1 Objetivo General.....	16
1.4.2 Objetivo Especifico.....	16
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.2 BASES TEÓRICAS	21
2.2.1 Caracterización Estructural.....	21
2.2.1.1 Mapeo Subterráneo Geomecánico	21
2.2.2 Caracterización del macizo rocoso	22



2.2.2.1	Índice de calidad de la roca (RQD).....	23
2.2.3	Clasificación del macizo rocoso	25
2.2.3.1	Sistema de clasificación RMR	25
2.2.3.2	Índice de fuerza geológica (GSI)	28
2.2.3.3	El criterio de Hoek-Brown	30
2.2.3.4	Factor de perturbación D.....	30
2.2.4	Índice de calidad de túneles de roca, Q	32
2.2.5	Las propiedades de la roca intacta	33
2.2.5.1	Ensayos de laboratorio	33
2.2.5.2	Peso unitario y densidad.....	33
2.2.5.3	Resistencia a la compresión simple.	34
2.2.6	Tensiones IN SITU	35
2.3	DISEÑO DE SOSTENIMIENTO.....	37
2.3.1	Sostenimiento del índice RMR.....	37
2.3.2	Sostenimiento del índice Q.....	38
2.4	ANÁLISIS ESTABILIDAD DE CUÑAS.....	39
2.4.1	Condiciones necesarias que pueda producir una caída de cuña del techo.39	
2.4.1.1	Identificación de cuñas potenciales.....	43
2.4.1.2	Aplicación de la teoría de la probabilidad.....	44
2.5	MARCO CONCEPTUALES	45
2.5.1	Macizo rocoso.....	45
2.5.2	Matriz rocosa.	45
2.5.3	Alteración.....	45
2.5.4	Discontinuidad.	45
2.5.5	Orientación.....	46
2.5.6	Meteorización.	46
2.5.7	Factor de seguridad.	46

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS



3.1	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.3	TIPO Y DISEÑO INVESTIGACIÓN.....	47
3.4	TÉCNICA DE ANÁLISIS.....	48
3.4.1	Investigación de campo	48
3.4.1.1	Caracterización estructural.....	48
3.4.1.2	Mapeo Subterráneo Geomecánico	48
3.4.1.3	Caracterización del macizo rocoso.....	49
3.4.1.4	Clasificación del macizo rocoso	49
3.4.1.5	Análisis formación de cuñas	49
3.4.1.6	Aplicación de la teoría de la probabilidad.....	50
3.5	INSTRUMENTO	50

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1	UBICACIÓN Y ACCESO	51
4.1.1	Clima.....	52
4.1.2	Topografía.....	52
4.2	GEOLOGÍA	53
4.2.1	Geología regional.....	53
4.2.2	Geología local	53
4.2.3	Geología estructural	54
4.3	GEOMORFOLOGÍA	55
4.4	LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO	55

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1	CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA.....	56
5.1.1	Hallar de índice calidad de la roca.....	56
5.1.2	Hallar la clasificación del macizo rocoso	57



5.1.3	Hallar de índice geológico resistencia	58
5.1.4	Hallar del índice Q	58
5.2	EVALUACIÓN DEL SOSTENIMIENTO Y DISEÑO GEOMECÁNICO	59
5.2.1	Índice de soporte	59
5.2.2	El tiempo de Autosoporte	61
5.2.3	Diseño de sostenimiento del modelo de Barton.....	61
5.2.4	Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 1	61
5.2.5	Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 2	62
5.2.6	Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 3	62
5.2.7	Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 4	63
5.2.8	Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 5	64
5.2.9	Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 6	65
5.2.10	Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 7	65
5.2.11	Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 8	66
5.2.12	Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 9	66
5.3	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA MINA	68
5.3.1	Análisis de estabilidad por el método Cinemático.....	68
5.3.1.1	Orientación de las estructuras y labores mineras	68
5.3.1.2	Parámetros en consideración.....	68
5.3.2	Análisis de las cuñas mediante el método numérico	72
VI	CONCLUSIONES	74
VII	RECOMENDACIONES	76
VIII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	80

Área : Geotecnia

Tema : Análisis Geomecánica para la estabilidad al minado subterráneo

Fecha de sustentación: 27 de diciembre del 2022



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calidad de la roca.	25
Tabla 2. clasificación geomecánica RMR.	26
Tabla 3. Índice de resistencia geológica GSI.....	29
Tabla 4. Definición 5 clases del GSI	29
Tabla 5. Factor de perturbación debido a la relajación de tensiones	31
Tabla 6. La clasificación del macizo rocoso Q.....	32
Tabla 7: Clasificación geomecánicas y soporte de túneles en roca.	37
Tabla 8. Categoría de excavación	38
Tabla 9. Dirección a la mina por la ciudad de Lima	51
Tabla 10. Dirección a la mina por la ciudad de Puno – Acobambilla	51
Tabla 11. Las Coordenadas de los puntos de concesión Heraldos Negros	52
Tabla 12. Metodo de minado seleccionado - Heraldos Negros.	55
Tabla 13. RQD del mapeo geomecánico en el nivel 4980.....	57
Tabla 14. RMR del mapeo geomecánico en el nivel 4980	58
Tabla 15. índice de resistencia según sus fracturas en el nivel 4980.....	58
Tabla 16. Calculo de Q mediante el mapeo geomecánico en el nivel 4980	59
Tabla 17. La clasificación de sostenimiento según RMR.....	60
Tabla 18. Resumen de evaluación de sostenimiento de las labores.....	67
Tabla 19. Orientación de las estructuras	68
Tabla 20. Orientación de las labores estudiadas	68
Tabla 21. Parámetros – criterio de falla de Mohr Coulomb	69



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Las estructuras presentes en el macizo rocoso.	22
Figura 2.	Roca intacta hasta un macizo rocoso muy fracturado.	23
Figura 3.	Procedimiento para la determinación de RQD.	24
Figura 4.	Avances muy favorables para la estabilidad.	27
Figura 5.	Avances muy desfavorables para la estabilidad.	27
Figura 6.	Compresión uniaxial.	34
Figura 7.	Medición de tensión verticales.	35
Figura 8.	Relación de tensión horizontal a vertical para diferentes módulos de deformación.	36
Figura 9.	Categoría de sostenimiento basado en el índice Q	39
Figura 10.	Construcción de una proyección estereográfica para determinar la forma y el volumen de una cuña que se presenta estructuralmente en el techo de un túnel	40
Figura 11.	bloques formados en las paredes de un túnel.	41
Figura 12.	bloques formados en las paredes de un túnel.	43
Figura 13.	Un gráfico del hemisferio inferior de áreas iguales de grandes círculos... ..	44
Figura 14.	La muestra de testigo de la caliza pariatambo y jumasha.	54
Figura 15.	Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 1	61
Figura 16.	Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 2	62
Figura 17.	Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 3	63
Figura 18.	Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 4	63
Figura 19.	Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 5	64
Figura 20.	Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 6	65
Figura 21.	Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 7	65
Figura 22.	Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 8	66
Figura 23.	Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 9	67
Figura 24.	Análisis cinemático de discontinuidades nivel 4980 N° 1	69
Figura 25.	Análisis cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 2	70
Figura 26.	Análisis cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 3	70
Figura 27.	Análisis cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 4	71
Figura 28.	Análisis cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 5	71
Figura 29.	Análisis cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 6	72



INDICE DE ACRONIMOS

Bz	: “Buzamiento
Ei	: módulo de elasticidad.
Em	: young del macizo rocoso.
Fs.	: factor de seguridad
g/cm³	: gramos entre centímetro cubico.
GSI	: indice de resistencia geológica .
ISRM	: sociedad internacional de mecanica de rocas.
ITGME	: instituto tecnológico geominero de España.
INGMMET	: instituto geológico, minero y metalúrgico
Km	: kilometro.
KN/m³	: kilo Newton entre metro cubico.
Mb	: es un importe reducido de la invariable de material mi.
Mi	: constantes de material.
Mpa	: mega Pascal.
NTP	: norma técnica peruana
RMR	: calidad del macizo rocoso.
RQD	: designacion calidad de roca.
SNMPE	: sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía.
SRF	: factor de reduccion estres
UCS	: compression uniaxial.
UTM	: Universal Transversal de Mercator
σ_c	: resistencia a la compresión uniaxial.
σ_{ci}	: resistencia a la compresión simple de roca intacta.
σ_{cm}	: resistencia a la compresión uniaxial del macizo rocoso.
σ_t	: resistencia a la tracción de roca intacta.
$\sigma'1$: esfuerzo efectivo principal mayor de rotura
$\sigma'3$: esfuerzo efectivo principal menor de rotura
ϕ	: ángulo de fricción.
<	: menor.
>	: mayor.”



RESUMEN

La presente investigación está ubicada en el departamento de Huancavelica, provincia Huancavelica, distrito de Acobambilla, tiene como objetivo analizar la geomecánica del macizo rocoso para la estabilización del minado subterráneo utilizando, la metodología de enfoque cuantitativo, descriptivo y no experimental, desarrollándose la caracterización estructural, mapeo subterráneo geomecánico, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, relleno, meteorización y agua subterránea. Caracterización de la masa rocosa, clasificación geotécnica de macizos rocosos, evaluación geotécnica de macizos rocosos, en el análisis de proyección estereográfica o cinética y análisis de estabilidad numérica. La caracterización geomecánica obtenida y la clasificación geomecánica tiene valores del nivel 4980 en lo que se realizó la caracterización de las galerías 140 y 142. RQD 82 - 76 donde lo corresponde roca de Buena calidad, RMR que varía de Regular (Clase III-B 60-41) a Mala (Clase IV 40-21), GSI varía 40 – 58 y Q Baton varía de 1.55 – 0.12 el tipo de roca de mala a muy mala, donde la galería 142 requiere sostenimiento Shotcrete reforzado con fibras de 50 – 90mm y galería 140 no mesetita sostenimiento. El análisis cinemático de las discontinuidades en las galerías reveló que las labores son puntos discontinuos formando por cuña con poca probabilidad de falla, utilizando el criterio de falla de Hoek-Brown, basado en el proceso de formación posterior a la fractura del macizo rocoso. Para el análisis de estabilidad se utilizó el programa Unwedge, que mostró la formación de cuñas estables e inestables en el techo de los hastiales. La dirección de las estructuras y trabajos de minado es $S50^{\circ}E$ y Azimut 130° , los trabajos se analizaron la formación de cuñas en el techo y hastiales, los cuales son susceptibles de fallar. Concluimos que el factor de seguridad se mantendrá estable por encima de 1.5, ya que el análisis de estabilidad de la cuña se realiza de acuerdo a condiciones pseudoestáticas.

Palabras claves: Análisis, Estabilidad, Geomecánica, Macizo rocoso, Minado subterráneo.



ABSTRACT

The present investigation is located in the department of Huancavelica, Huancavelica province, Acobambilla district, its objective is to analyze the geomechanics of the rock mass for the stabilization of underground mining using the quantitative, descriptive and non-experimental approach methodology, developing the structural characterization, geomechanical underground mapping, spacing, persistence, opening, roughness, fill, weathering and groundwater. Characterization of the rock mass, geotechnical classification of rock masses, geotechnical evaluation of rock masses, in the analysis of stereographic or kinetic stability and analysis of numerical stability. The geomechanical characterization obtained and the geomechanical classification have values of level 4980 in which the characterization of galleries 140 and 142 was carried out. RQD 82 - 76 where it corresponds to good quality rock, RMR that varies from Regular (Class III-B 60 -41) to Poor (Class IV 40-21), GSI ranges from 40 – 58 and Q Baton ranges from 1.55 – 0.12 rock type from poor to very poor. The kinematic analysis of the discontinuities in the galleries revealed that the works are discontinuous points forming a wedge with little probability of failure, using the Hoek-Brown failure criterion, based on the formation process after the fracture of the rock mass. For the stability analysis, the Unwedge program was used, which showed the formation of stable and unstable wedges in the gable roof. The direction of the structures and mining works is S50°E and Azimuth 130°, the works analyzed the formation of wedges on the roof and gables, which are susceptible to failure. We conclude that the factor of safety will remain stable above 1.5, since the stability analysis of the wedge is carried out according to pseudostatic conditions.

Keywords: Analysis, Stability, Geomechanics, Rock mass, Underground mining.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La minería subterránea es una de las actividades propensas a altos riesgos de accidentes e incidentes durante el proceso minero. Se sabe que la mayoría de las muertes en la industria minera son causadas principalmente por caídas y desprendimiento de rocas. Para superar este problema, el trabajo de excavación debe controlarse de manera oportuna. Por lo tanto, es importante apoyar adecuadamente la roca de manera que contribuya a su estabilización. La investigación se realizó en Compañía Minera San Valentín S.A. Acobambilla – Huancavelica desarrollado. La mina Heraldos Negros, que tiene como objetivo conocer las características geomecánicas, determinará los procedimientos de caracterización, clasificación, diseño de los soportes, determinará los factores de influencia y comportamiento de las rocas para mejorar la estabilidad de las operaciones mineras de acuerdo con los procedimientos.

Por ello se considera temas de fundamental importancia, y su estructura temática se divide en cinco capítulos. Capítulo I muestra los planteamientos donde se plantea la aplicación de la geomecánica en el diseño del sostenimiento para mejorar la estabilidad de las labores mineras el, Capítulo II corresponde a la revisión literaria de las generalidades donde describimos los aspectos generales como la caracterización de macizo rocoso, las clasificaciones geomecánicas y el análisis en base a modelos matemáticos existentes, así como de un análisis bidimensional y tridimensional empleándose para ello las diferentes metodologías de análisis existentes, método de equilibrio límite el, Capítulo III muestra la metodología de enfoque cuantitativo, descriptivo y no experimental, desarrollándose la caracterización estructural, de la geomecánica en las labores mineras el, Capítulo IV está referido a caracterización del



área de estudio y la geología del estudio y el Capítulo V está referido a los resultados de la caracterización geomecánica obtenida y la clasificación geomecánica tiene valores de RQD roca de Buena calidad, RMR que varía de Regular a Mala, GSI de regular calidad y Q Batón el tipo de roca de mala a muy mala. El análisis cinemático de las discontinuidades en las galerías reveló que las labores son puntos discontinuos formando por cuña con poca probabilidad de falla, y conclusiones obtenidas de la investigación.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el problema en la mina Heraldos Negros el minado subterráneo para aumentar la explotación del mineral por lo que, desde un amplio conocimiento de estudios de anteriores en la rama de la ingeniería geomecánica de rocas, se debe de ejecutar la proyección ya sea mediano a largo plazo y es la forma anticipada como realizar las diferentes actividades en interior mina para lograr los objetivos propuestos.

La mina Heraldos negros del distrito de Acobambilla de la provincia de Huancavelica, viene ejecutando labores de explotación, con el método de minado Corte Relleno Ascendente que en este momento la geomecánica de rocas es muy transcendental en la minería, en lo que es la estabilidad del macizo rocoso, Las causas que atraviesa los niveles 4980 de las galerías 140 y 142 en la minera Heraldos Negros, la investigación nos permitió de forma más detallada de la geomecánico de las rocas, como se realiza trabajos en las galerías. La función, además de sus objetivos, es facilitar la evaluación geomecánica del macizo rocoso desde la inspección de campo y ensayos de laboratorio, hasta el valor del macizo rocoso y parámetros de resistencia, así como la determinación de las condiciones de sostenimiento. Por lo tanto, el principal problema es el actuar del macizo rocoso en galerías, rampas. La geomecánica de rocas es importante ya que nos



permite constituir las secciones o áreas apropiadas de las distintas labores subterráneas, para el desarrollo del minado adecuado tipo de sostenimiento.

La aplicación de un terminante procedimiento de explotación subterránea de un yacimiento estás características geomecánicas del macizo rocoso, así se realizará las clasificaciones geomecánicas es principal en la ingeniería que permite analizar el proceder geomecánico de los macizos rocosos y de aquí evaluar los parámetros geotécnicos de diseño y el tipo de sostenimiento subterráneo. El uso de una sistemática adecuada de la manipulación de los distintos métodos para el análisis de estabilidad subterráneo en la mina Heraldos Negros nos ayudaran a identificar zonas inestables en la mina, para poder proponer medidas de estabilización.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿Cómo son las condiciones geomecánicas del macizo rocoso en la caracterización, clasificación, zonificación y comportamiento geomecánico del macizo rocoso en la Mina Heraldos Negros de la Compañía minera San Valentín S.A. Acobambilla?

1.2.2 Problema Especifico

- ¿Qué Características tiene la clasificación geomecánica el comportamiento del macizo rocoso en la mina Heraldos Negros?
- ¿Cómo es el diseño de sostenimiento para las condiciones de estabilidad de las excavaciones en la Heraldos Negros?
- ¿Cuáles son las aplicaciones para el análisis de estabilidad en la mina Heraldos Negros?



1.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis General

Las características geomecánicas influyen en la estabilidad del minado subterráneo en la mina Heraldos Negros de la Compañía minera San Valentín S.A. Acobambilla.

1.3.2 Hipótesis Específica

- La Caracterización geomecánica determina el comportamiento del macizo rocoso en la Mina Heraldos Negros.
- El diseño de sostenimiento mejora la estabilidad de las excavaciones del macizo rocoso en la Mina Heraldos Negros.
- La aplicación para el análisis de estabilidad en la mina nos ayudara a comprender de manera posible los problemas de estabilidad en la mina Heraldos Negros.

1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Caracterizar el macizo rocoso para la estabilización el minado subterráneo en la mina Heraldos Negros de la Compañía minera San Valentín S.A. Acobambilla.

1.4.2 Objetivo Especifico

- Determinar su clasificación geomecánica de su comportamiento del macizo rocoso en la mina Heraldos Negros.
- Evaluar el sostenimiento y diseño para las condiciones de estabilidad de las excavaciones en la mina Heraldos Negros.
- Analizar la interacción en la aplicación para el análisis de estabilidad en la mina Heraldos Negros.



1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se enfocó en estudiar el análisis geomecánico del macizo rocoso durante el minado subterráneo de la mina Heraldos Negros, debido al riesgo de caída de rocas en los niveles 4980 específicamente de las galerías 140 y 142, el tipo de explotación es de método de corte y relleno ascendente, esto debe de investigarse si la presencia como la humedad y el intemperismo interfieren en ellos a través de filtraciones la inestabilidad del macizo rocoso es creada por las vibraciones de la voladura debido a los procesos mineros generados.

Ampliar el conocimiento teórico práctico para estudiar la geomecánica de las rocas a través de explicaciones geotécnicas para mostrar el comportamiento del macizo rocoso, mejorando así los parámetros de soporte. En las labores mineras subterráneas, se requiere cuantificar los parámetros geomecánicos para el diseño del sostenimiento y a la vez se tendrá a disposición el sistema de información geomecánico para diversas aplicaciones. El trabajo de investigación será muy favorable porque permitirá mejorar la seguridad del trabajo en las labores subterráneas minimizando la caída de rocas. Tiene un beneficio metodológico fundamental en ingeniería que permite minimizar el desprendimiento de las rocas que se presenta durante la minería subterránea, utilizando los parámetros geomecánicos de cada tipo de roca según la clasificación del paradigma del macizo rocoso.

Por lo tanto, contribuirá mediante las explicaciones existente en la aplicación de nociones básicas del estudio de la geomecánica, para conocerse sus propiedades de las geomecánicas de las rocas y su comportamiento. corresponde al método analítico geomecánica del macizo rocoso al minado subterráneo permitirá este estudio tiene como objetivo minimizar la constante caída de rocas que se presenta durante la explotación



mediante la aplicación de criterios geomecánicos para cada tipo de roca y de esta manera mejorar los estándares de sostenimiento en la mina Heraldos Negros de Acobambilla.y de esta manera mejorar los estándares de sostenimiento.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Cecenarro, (2019), En su investigación menciona que la evaluación de la capacidad de soporte con pernos Split Set, y su metodología utilizó método cuantitativo en la clasificación geomecánica del macizo rocoso, la clasificación de R.M.R, GSI, Se evaluó la distribución de soportes, por lo cual se realizaron varias pruebas de liberación para conocer la capacidad de soporte el apoyo y distribución precisos, reduciendo así los accidentes provocados por la caída de rocas. Sus resultados demostraron mantenibilidad.

Nieto, (2019) Gracias a la característica geomecánica el objetivo se conoce como estado de soporte por la caracterización lograda. En las cuales se trabajó por estaciones por lo tanto se seguira estudiando en futuras investigaciones, las clasificaciones geomecánicas y el tipo de sostenimiento, con esta investigación se estará aportando en la prevención de accidentes.

Valeriano, (2019) En su tesis de investigación, realizo la evaluación geomecánica al macizo rocoso a través de la caracterización, clasificación, de la excavacion subterránea y la estabilidad. Para mejorar y reducir la caída de rocas durante las labores de operacion, se realizó el mapeo geomecánico de estructuras expuestas, distancia, continuidad o resistencia, apertura, rugosidad, relleno, alteración y aguas subterráneas para su evaluación, luego en la siguiente forma se evalúa mediante métodos empírico, estereografico y análisis numerico. A continuación, analice y calcule la estabilidad del macizo rocoso en el que el factor de seguridad es estable.



Soto, (2016), “En su tesis se determina por las clasificaciones RMR y Q, de acuerdo a las clasificaciones mencionada, el tipo de soporte utilizado en secciones de roca se obtuvo por recomendación del autor que Bieniawski y Barton, línea de túnel de Wayrasencca en el caso de características geológicas y estructura de bloques de roca. Para determinar las proyecciones estereoscópicas utilizando Dips 6.0, se validó el diseño del soporte con el software Unwedge 3.0. El factor de seguridad mínimo es 3611 en las explotaciones. Esto indica que el túnel será estable si se realizan excavaciones.”

Castillo, (2012), En su tesis de investigación en la que se determino las dimensiones de los diferentes parámetros relacionados al minado, estos deben ser aplicados sin mayores inconvenientes en estructuras económicas que tengan características similares en cuanto a buzamiento, energía, competencia de caja, geometría y distribución de grados. Caracterización, clasificación, zonificación, estudio del comportamiento geomecánico del macizo rocoso y evaluación de las condiciones de estabilidad fósil. Es un método subterráneo de alto rendimiento con la máxima recuperación económica de materiales. La planificación del método de extracción se maneja con cuidado, centrándose en los componentes mecánicos de la roca, la tasa del ciclo de extracción, las técnicas de perforación y voladura y las opciones de soporte.

Sumiri, (2012), “En su tesis estableció normas de seguridad y salud y conceptos modernos de estándares mineros y demostró que, durante las fases de exploración y producción, incluyendo la preparación y desarrollo de la mina, de acuerdo con las investigaciones geomecánicas realizadas en el campo de la minería plana, tomar en cuenta las condiciones desfavorables del macizo rocoso de la mina de mineralización para elegir el método de minado menos peligroso que permita la seguridad de la mina. Seguridad del



personal que labora diariamente en la mina y maquinaria, así como recuperación de mineral y estabilidad para la explotación proceso y buena productividad.”

Guzmán, (2009), En su tesis de investigación, afirmó que el sostenimiento sería dependiente. En este caso se toma el método de excavación, por su alto valor resistente, los túneles tendrán un alto porcentaje de sus tramos sin apoyo o de forma irregular, y en menor medida, de forma sistemática y con mínima utilización de hormigón disparado con rosca. El efecto de la tensión varía con el terreno continuo y discontinuo. Es muy importante considerar el efecto del agua subterránea porque influye e incluye el esfuerzo efectivo para calcular el esfuerzo transversal en los macizos rocosos que rodean la excavación. en una zona no comunicada. El factor de presión debe ajustarse si hay un efecto asociado con la presión del agua sobre la estabilidad.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Caracterización Estructural

Durante el análisis estructural tiene como objetivo ejemplificar la orientación espacial de las diferentes geologías, para comprender los mecanismos en el área de investigación y también poder distribuir las tensiones en el origen de las restricciones. El objetivo principal realizar un estudio geotécnico, geológico y estructural, de las estructuras presentes en el macizo y obtener la orientación de todas las estructuras geológicas como las fallas, las juntas de dique, boquetes, grietas de tracción, entre otros para información posterior, se realizan análisis cinemáticos para solucionar problemas estructurales. Suárez, (2013).

2.2.1.1 Mapeo Subterráneo Geomecánico

“La línea de detalle expuestos en paredes rocosas de afloramientos superficiales de trabajos subterráneos. Radica en formar una línea, para lo cual

utilizamos una cinta métrica sobre la cual se ubican todas las discontinuidades que intersectan o intersectan dicha línea, determinamos la orientación de la cara de medición, luego la orientación de la línea o de la cinta y procedemos a cada uno comenzando con la distancia de intersección a continuamos con una lista de la orientación, el tipo de discontinuidad, la persistencia, el relleno, rugosidad , resistencia a muros de discontinuidad, a la intemperie ya la presencia de agua.”

Osinergmin, (2017)

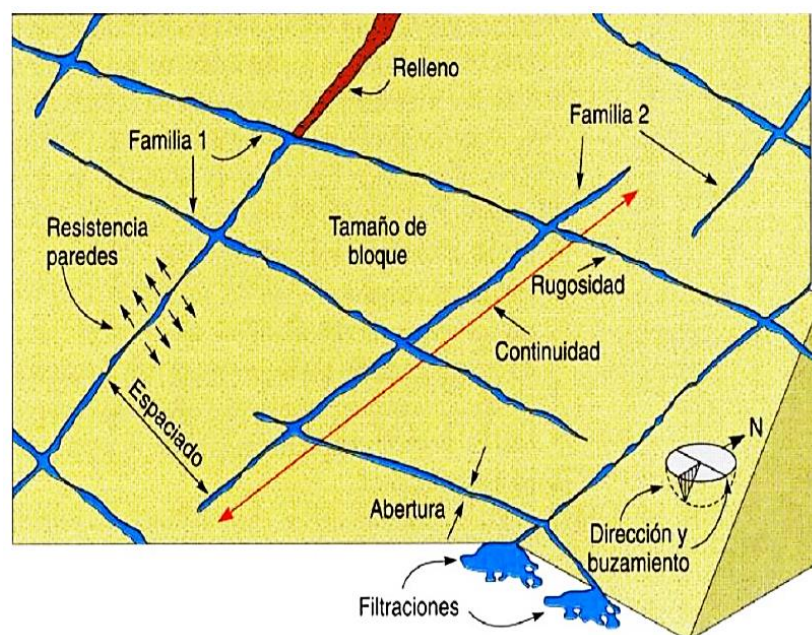


Figura 1. Las estructuras presentes en el macizo rocoso.

Fuente: Hudson (2000).

2.2.2 Caracterización del macizo rocoso

Celli & Falcioni, (2022) Las propiedades geomecánicas del macizo rocoso permiten estimar su comportamiento ante los esfuerzos derivados de diversas obras de ingeniería, como presas, excavaciones superficiales o subterráneas, etc. En base a los resultados obtenidos, se aplicaron diferentes clasificaciones geomorfológicas. Para establecer el índice de calidad. De la masa de rocas, lo que permite estimar sus parámetros de resistencia y deformación. (p. 106)

Nieto, (2019) gracias a la característica geomecánica el objetivo se conoce como estado se soporte por la caracterización lograda. En las cuales se

trabajó por estaciones por lo tanto se seguira estudiando en futuras investigaciones, las clasificaciones geomecánicas y el tipo de sostenimiento, con esta investigación se estará aportando en la prevención de accidentes.

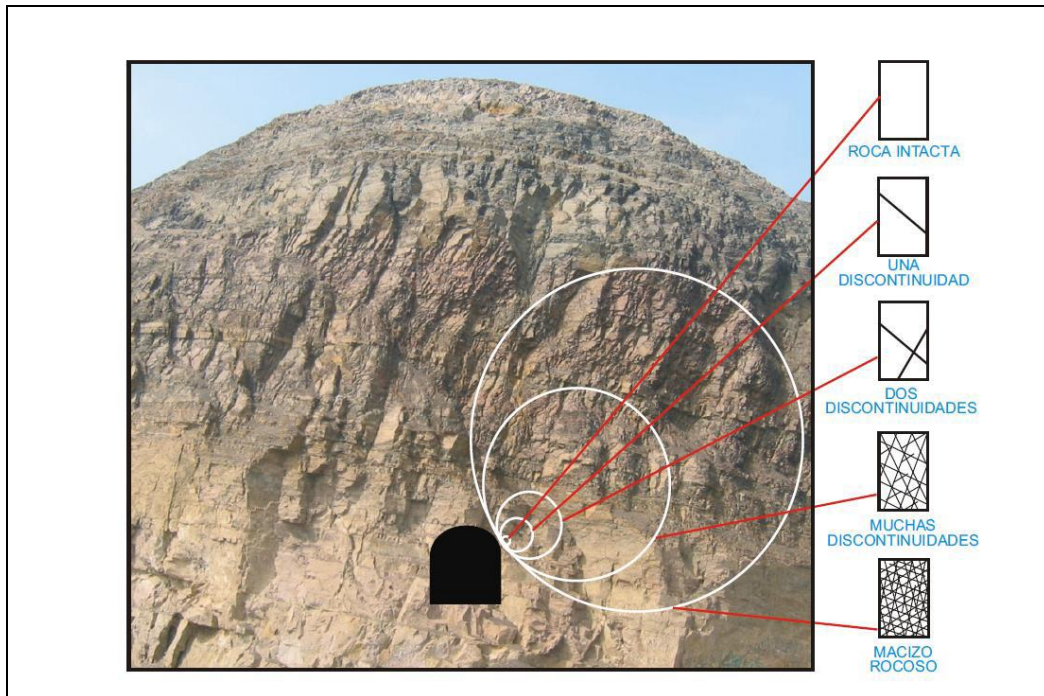


Figura 2. Roca intacta hasta un macizo rocoso muy fracturado.
Fuente: (Jorda Bordehore, 2012).

2.2.2.1 Índice de calidad de la roca (RQD).

RQD fue propuesto por (Deere et al., (1967) se basa en el concepto del RQD (Rock Quality Designation), que fue desarrollado por Deere et al a finales de los años 60 (1967).

Para la determinación de RQD mediante la perforación de núcleos, la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) El tamaño de núcleo recomendado es al menos NX (tamaño de 54,7 mm) perforado con un tubo saca testigos de doble tubo con una broca de diamante. Los defectos sintéticos se pueden identificar ajustando el núcleo y la superficie sin teñir. Todas las fracturas artificiales deben ignorarse al calcular la longitud de la base del RQD. Se

proporciona el procedimiento exacto para determinar el RQD a partir de la recogida de muestras.

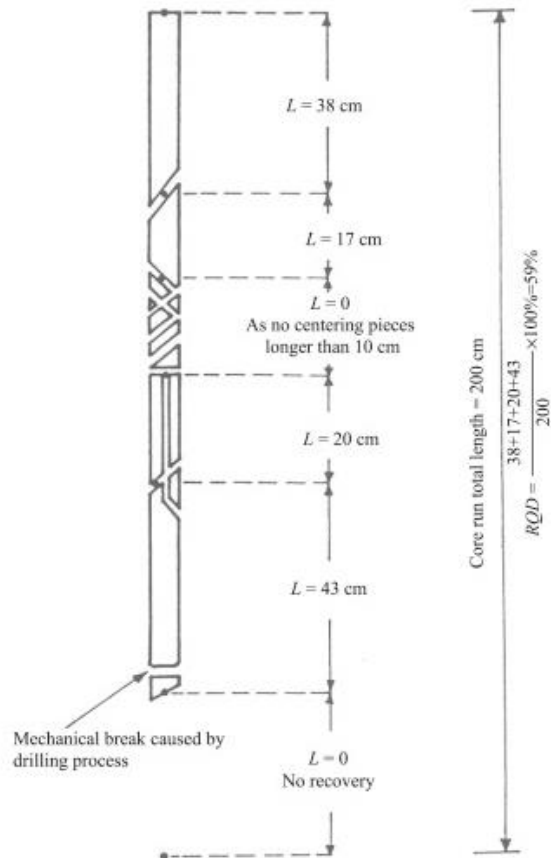


Figura 3. Procedimiento para la determinación de RQD.

Fuente: (según Deere, 1989).

El RQD se determina según a la frecuencia de discontinuidad lineal para diferentes formas de distribución de distancia de discontinuidad. (Priest y Hudson, 1976 , Sen y Kazi, 1984 , Sen, 1993). Por ejemplo, para una distribución exponencial negativa de espacios de discontinuidad, Priest y Hudson (1976) derivaron la siguiente relación entre RQD y la frecuencia de discontinuidad lineal λ :

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

Donde:

Para $t = 0.1m$ la ecuación. (1) se puede expresar como

$$RQD=100e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda+1) \quad (2)$$

Tabla 1. Calidad de la roca.

Calidad RQD %	RQD%
Muy pobre	<25
Pobre	25 - 50
Aceptable	50 – 75
Buena	75 – 90
Excelente	90 – 100

Fuente: (Deere, 1967)

2.2.3 Clasificación del macizo rocoso

Ramírez & Alejano, (2004) La clasificación geomecánica ahora se usa ampliamente, especialmente en los estudios geotécnicos de túneles (para decenas de miles de kilómetros de túneles y galerías excavados anualmente, aproximadamente el 80% se excava en función de los tipos topográficos del terreno), pero es muy conveniente aplicarlo. sin perder datos basados en ella.

Ochoa et al., (2020) “Tiene propósito de valorar diferentes clasificaciones geomecánicas como son Bieniawski-RMR, Hoek-GSI y Barton-Q para elegir la más apropiada y ajustar sus parámetros a las características del macizo rocoso. Para el procesamiento de los datos se utilizaron los softwares Dips v5.0 y Unwedge v3.0; el ajuste de los parámetros geomecánicos.” (p. 50)

2.2.3.1 Sistema de clasificación RMR

La clasificación geomecánica RMR (Rock Mass Rating) o también llamada de Bieniawski por ser desarrollada por el profesor Z. T. Bieniawski en 1973 y actualizada en 1979 y 1989.

Bieniawski, (1989) Para determinar la calidad del macizo rocoso, se divide en zonas estructurales, es decir, en zonas bordeadas por discontinuidades geológicas, donde la estructura es prácticamente homogénea. La estructura del

macizo incluye todas las fallas, diaclasas, pliegues y demás rasgos geológicos característicos de un área en particular.

- Resistencia a compresión simple de material rocoso
- RQD
- Espaciado de las juntas
- Naturaleza de las juntas
- Presencia de agua
- Orientación de las discontinuidades.

Tabla 2. clasificación geomecánica RMR.

A							
PARAMETROS DE CLASIFICACION							
Resistencia de la roca intacta (Mpa)							
1	Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1	Rangos para Ens.	
	Compresión simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1 <1
	Puntuación	15	12	7	4	2	1 0
2	RQD (%)	100 - 90	90 - 75	75 - 50	50 - 25	< 25	
	Puntuación	20	17	13	6	3	
3	Separación de diaclasas	>2 m.	0.6-2m.	0.2-0.6m.	0.06-0.2m.	<0.06m.	
	Puntuación	20	15	10	8	5	
4	Estado de discontinuidades:						
	Longitud	< 1m.	1 - 3m.	3 - 10m.	10 - 20m.	> 20m.	
	Puntuación	6	4	2	1	0	
	Abertura	Nada	< 0.1mm.	0.1 - 1.0mm.	1 - 5mm.	> 5mm.	
	Puntuación	6	5	3	1	0	
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rug.	Lisa o plana	Pulida	
	Puntuación	6	5	3	1	0	
	Relleno	Ninguno	< 5mm.(duro)	> 5mm.(duro)	< 5mm.(blando)	> 5mm.(blando)	
	Puntuación	6	4	2	2	0	
	Alteración	Inalterada	Liger. Alterada	Moder. Alterada	Muy alterada	descompuesta	
Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua subterránea						
	Flujo por C/10 m. de labor	Nulo	<10 Lts/min.	10-25 Lts/min.	25-125 Lts/min.	>125 Lts/min.	
	Presión de agua/tensión principal	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
	Estado general	Seco	Húmedo	Mojado	Goteando	Fluyendo	
	Puntuación	15	10	7	4	0	

CORRECCION POR LA ORIENTACION DE DISCONTINUIDADES						
B	Dirección y buzamiento	Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable
	Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-2	-25	-50	-60

CLASIFICACION						
C	Clase	I	II	III	IV	V
	Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
	Puntuación	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20

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

EFECTO DE LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						
Dirección perpendicular al eje del túnel			Dirección paralela		Buzamiento	
Avance con buzamiento		Avance contra el buzamiento		Al eje del túnel		0° - 20°
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	Cualquier dirección
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy favorable	Media	Muy desfavorable



Figura 4. Avances muy favorables para la estabilidad

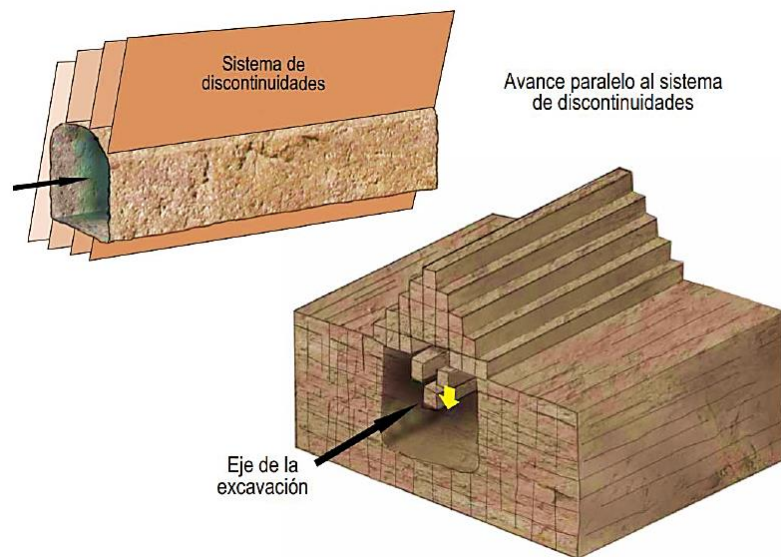


Figura 5. Avances muy desfavorables para la estabilidad.

Fuente: SNMPE, (2004)

2.2.3.2 Índice de fuerza geológica (GSI)

El grado libertad del GSI está controlada por la forma geomecánica de las piezas de roca intactas, así como por el estado de las superficies que separan las piezas. Pedazos de roca angular con limpio, rugoso Las superficies de discontinuidad darán como resultado un macizo rocoso mucho más fuerte que uno que contenga Partículas redondeadas rodeadas de material degradado y alterado.

Hoek y Marinos (2000). Si el espaciado de la discontinuidad es grande en igualación con las dimensiones del túnel o pendiente bajo consideración, como se muestra en la Figura 3, las tablas GSI y el criterio de Hoek Brown no deben usarse y las discontinuidades deben tratarse individualmente. Donde el espaciamiento de la discontinuidad es pequeño en comparación con el tamaño de la estructura (Figura 3) entonces las tablas GSI se pueden usar con confianza.

La clasificación GSI se estableció para proyectar los dos factores principales que se considera que tienen influencias importantes en las propiedades mecánicas de un macizo rocoso, es decir, la estructura (o bloques) y el estado de las juntas. La versión básica del gráfico GSI, para usar con rocas fracturadas, se reproduce en la Figura. 3, de Hoek y Marinos (2000).

Tabla 3. Índice de resistencia geológica GSI

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICO GSI (Hoek & Marinos, 2000). A partir de la litología, estructura y la condición de superficie de las discontinuidades, se estima el valor promedio de GSI. No intente ser muy preciso. Escoger un rango de 33 a 37 es mas realista que fijar GSI=35. También notar que esta tabla no se aplica a mecanismos de falla controlado por estructuras. Donde se presenten planos estructuralmente débiles en una orientación desfavorable con respecto a la cara de la excavación, estos dominarán el comportamiento del macizo rocoso. La resistencia al corte de las superficies en rocas que son propensas a deteriorarse como resultado de cambios en la humedad, se reducirá cuando exista presencia de agua. Cuando se trabaje con rocas de categoría regular a muy mala, puede moverse hacia la derecha para condiciones húmedas. La presión de poros se maneja con un análisis de esfuerzos efectivos.		CONDICIONES SUPERFICIALES				
ESTRUCTURA		DISMINUYE CALIDAD DE SUPERFICIE →				
		MUY BUENA Muy rugoso, Superficies frescas sin meteorización	BUENO Rugoso, ligeramente meteorizada, superficies con óxido	REGULAR Lizas, moderadamente meteorizadas y superficies alteradas.	MALA Espejo de falla, altamente meteorizadas con recubrimiento compacto o rellenos o fragmentos	MUY MALA Espejo de falla, superficies altamente meteorizadas con recubrimiento de arcilla suave o rellenos
	Intacta o Masivo: Especímenes de roca intacta o masivo in situ con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.	80			N/A	N/A
	Levemente fracturado: Macizo rocoso no disturbado, muy bien entrelazado, constituido por bloques cúbicos formados por tres familias de discontinuidades	80	70			
	Moderadamente Fracturado: Entrelazado, macizo rocoso parcialmente disturbado con bloques angulosos de varias caras formado por 4 o más familias de discontinuidades		60	50		
	Muy Fracturado/Disturbado/Agrietada: Foleada con bloques angulosos formados por la intersección de muchas familias de discontinuidades. Persistencia de planos de estratificación o esquistocidad			40	30	
	Desintegrado: Pobremente entrelazado, macizo altamente fracturado compuesto de una mezcla de pedazos de rocas angulosas y redondeadas				20	
	Foliado/Laminado/Cizallado: Falta de formación de bloques debido al pequeño espaciamiento o esquistocidad débil o planos de corte					10

Fuente: (Hoek y Marinos, 2000).

Funciones del índice geológico resistencia donde se hace comparación

GSI, el mismo que puede variar de 0 a 100. (Bieniawski, 1989)

Tabla 4. Definición 5 clases del GSI

Clase	Calidad	Valoración GSI
I	Muy buena	100 - 80
II	Buena	80 - 60
III	Regular	60 - 40
IV	Mala	40 - 20
V	Muy mala	20

Fuente: (Bieniawski, 1989)

2.2.3.3 El criterio de Hoek-Brown

El criterio de gran alcance de Hoek-Brown para la estimación de la resistencia del macizo rocoso, interpretado por Hoek (1994) y Hoek et al. (1995), se formula como

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_0 \left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_c} + S \right)^a$$

Dónde m_b , s y a son las constantes del material del macizo rocoso, dadas por

$$m_b = m_i \exp [(GSI - 100)/(28 - 14D)]$$

$$s = \exp [(GSI - 100)/(9 - 3D)]$$






$$a = 1/2 + 1/6 (e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

donde, para roca intacta, las constantes de materiales se expresan por, $s = 1$ y $a = 0,5$; D es un factor que depende del grado de perturbación al que ha sido expresado en el macizo rocoso debido al daño por voladura y aflojamiento de tensiones.

2.2.3.4 Factor de perturbación D

Hoek (1994) y Hoek et al. (1995), Cuando se excavan túneles, taludes o cimientos en macizos rocosos, la remoción de la roca da como resultado un alivio de la tensión que permite que el macizo rocoso circundante se relaje y se dilate. El objetivo es de buen diseño es controlar esta dilatación y los consiguientes desplazamientos para minimizar la falla de la roca. Esto se puede obtener mediante una elección cuidadosa de la forma de excavación, el método de excavación y, si es obligatorio, la instalación de refuerzos y soportes. En muchos casos, el drenaje del macizo rocoso también es un factor importante para conservar la estabilidad de la excavación.

Tabla 5. Factor de perturbación debido a la relajación de tensiones

Apariencia del Macizo Rocoso	Descripción del Macizo Rocoso	Tipo	Valor D Sugerido
	Mínima perturbación del macizo rocoso confinado que rodea un túnel, cuando éste es excavado con voladura controlada de excelente calidad o con máquina tuneladora (TBM)	TÚNELES	D=0
	Cuando se excava un macizo rocoso de mala calidad por medios mecánicos o manuales, la perturbación en la vecindad Los problemas de perturbaciones en la roca pueden ser serios en terrenos que tienden a convergir, a menos que se coloque una contrabóveda.		D=0 D=0.5
	Una voladura de mala calidad en túneles excavados en roca dura o resistente provoca daños locales que se extienden a 2 o 3 m en la roca circundante.		D=0.8
	Empleo de técnicas de voladura a pequeña escala en taludes de obra civil causa un daño limitado a la estructura del macizo rocoso, particularmente si se usa voladura controlada, como se muestra en el lado izquierdo de la fotografía. Sin embargo, el alivio, de tensiones causa cierta perturbación.	TALUDES	D=0.7 Voladura de buena calidad
	Taludes de gran altura en minas a cielo abierto sufren perturbación, debido a la voladura de producción, así como por el alivio de tensiones por la remoción de la sobrecarga. Excavaciones en rocas blandas pueden ser llevadas a cabo por medio de rippers, que reducen el daño en los taludes		D=1 Voladura de mala calidad D=1.0 Voladura de producción D=0.7 Excavación Mecánica

Fuente: Hoek (1994) y Hoek et al. (1995),

Factor de perturbación D debe aplicarse a todo el macizo rocoso en el que se ejecuta la excavación. Esto dará como resulta un diseño extremadamente medido e inapropiado.

La primera ilustración de la Tabla 5 muestra un túnel en el que el patrón de barrenos, las cargas explosivas y la secuencia de detonación han sido cuidadosamente diseñados y ejecutados. De importancia es el control cuidadoso de la alineación de los pozos de perforación para la última voladura suave utilizada para crear las paredes del túnel. En este caso, el factor de perturbación $D = 0$ se puede usar con confianza ya que el daño al macizo rocoso circundante es mínimo.

2.2.4 Índice de calidad de túneles de roca, Q

La evaluación de un gran número de historias de casos de excavaciones, Barton et al (1974) “del Instituto Geotécnico de Noruega propusieron un Índice de calidad de tunelización (Q) para la designación de las características del macizo rocoso y requisitos de soporte del túnel.”

La eficacia numérica del índice Q varía en forma logarítmica escala de 0,001 a un superior de 1.000 y se especifica por:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

Donde:

RQD = índice de calidad de roca.

J_n = número de sistemas de fisuras

J_r = número de la rugosidad de las fisuras

J_a = número de la alteración de las fisuras

J_w = factor de reducción por agua en las fisuras

SRF = factor de reducción por esfuerzos

Tabla 6. La clasificación del macizo rocoso Q.

Tipo de Roca	Q
.Excepcionalmente mala	0.001 – 0.01
.Extremadamente mala	0.01 – 0.1
.Muy mala	0.1 - 1
.Mala	1 - 4
.Media	4 - 10
.Buena	10 - 40
.Muy Buena	40 - 100
.Extremadamente Buena	100 - 400
.Excepcionalmente Buena	400 - 1000

Fuente: (Barton y Lude, 19/4)

2.2.5 Las propiedades de la roca intacta

Material rocoso sin discontinuidades o cantos rodados intactos entre discontinuidades. Aunque se considera continuo, es anisotrópico heterogéneo, relacionado con el tejido, textura y estructura, mineral. Mecánicamente, la matriz de la roca se caracteriza por su densidad, resistencia y deformabilidad, dada por los parámetros de la roca intacta: resistencia simple a compresión y tracción, módulo de Young, relación de Poisson etc. (González de Vallejo, 2002)

2.2.5.1 Ensayos de laboratorio

Pastor et al., (2019) En ellos se desarrollan nuevas técnicas de ensayo propuestas por los investigadores que son aplicadas de forma experimental para investigar diversos aspectos geotécnicos. Aunque en estos laboratorios la acreditación no es un requisito obligatorio, es preciso llevar a cabo calibraciones de los equipos de forma periódica para asegurar la conformidad de los equipos. (p. 25)

2.2.5.2 Peso unitario y densidad.

De acuerdo las especificaciones son propiedades diferentes, se concurren íntimamente relacionadas entre sí debido a la relación del peso y la masa. Para su análisis se debe acordarse que el peso es igual a la masa de un material multiplicada por la aceleración de la gravedad, la fórmula del peso específico es: γ , peso (W) y el volumen total (V_T) de la muestra.

$$\gamma = \frac{W}{V_T}$$

la fórmula de la densidad es igual a la masa por unidad de volumen, quedando de la siguiente manera: ρ , masa (M) y el volumen total (V_T) de la roca.

$$\rho = \frac{M}{V_T}$$

Concluir que el peso específico es igual a la densidad multiplicada por la aceleración debida a la gravedad, es por ello que el valor del peso específico depende de donde se tome, ya que el valor de la aceleración debida a la fuerza gravitatoria cambiando de un lugar a otro, por ejemplo, la densidad de una sustancia o de un objeto será la misma Si se mide en la Tierra o en Marte, en cambio, el valor de la gravedad específica de un objeto sea o no el objeto será diferente al nivel del mar que en el Monte Everest.

2.2.5.3 Resistencia a la compresión simple.

Calle & Verdezoto, (2021) En esta responsabilidad se propone un método simple de concentración de campo para aproximar la resistencia a compresión simple en rocas, propiedad o propiedad importante en minería, donde se realizan análisis además de las propiedades de RCS, afectan explosivos para minería o minería y materiales. de las minas Esta estimación se hizo sobre la base de las siguientes tres características de las rocas, que en este estudio fueron densidad, porosidad y absorción “en la mina”. Estas propiedades físicas se pueden obtener de forma sencilla.

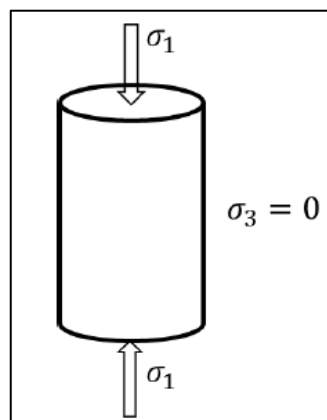


Figura 6. Compresión uniaxial.

- σ_c : Resistencia a la compresión uniaxial (Mpa ó Kgf/cm²).
- σ_{cc} : Resistencia a la compresión uniaxial corregida de muestra (Mpa ó Kgf/cm²).
- P : Carga pico de roca (Kg).
- A : Área de la sección inicial (cm²).
- D : Diámetro de la probeta o espécimen de roca (cm).
- h : Altura de la probeta o espécimen (cm).

2.2.6 Tensiones IN SITU

Sheorey (1994). Considere una característica rocosa a 1000 metros debajo de la superficie. El peso del eje vertical de la roca que descansa sobre este elemento es el producto de la profundidad y la gravedad específica de la roca sobre él (generalmente alrededor de 2,7 T/m³ o 0,027 MN/m³). Entonces, la presión longitudinal del miembro es de 2700 t/m² o 27 MPa. Esta restricción se estima mediante una relación simple:

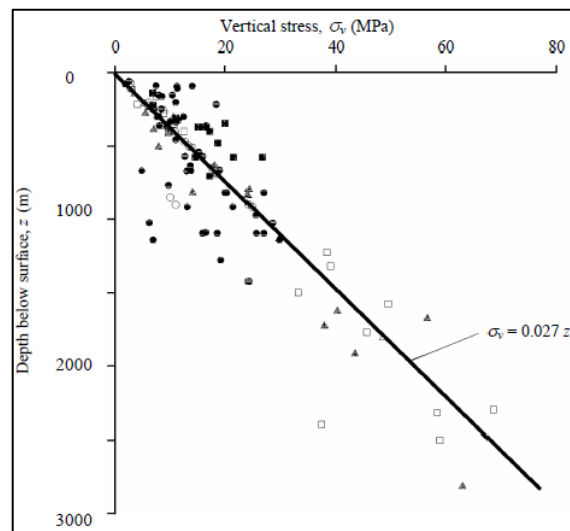


Figura 7. Medición de tensión verticales.

Fuente: (Brown y Hoek, 1978).

$$\sigma_v = \gamma z$$

Donde:

σ_v = es la tensión vertical

γ = es el peso unitario de la roca suprayacente y

z = es la profundidad debajo de la superficie.

Mediciones de tensión vertical en varios sitios de minería e ingeniería civil alrededor del mundo confirma que esta relación es válida, aunque como se ilustra en la Figura 10, hay una cantidad significativa de dispersión en las mediciones.

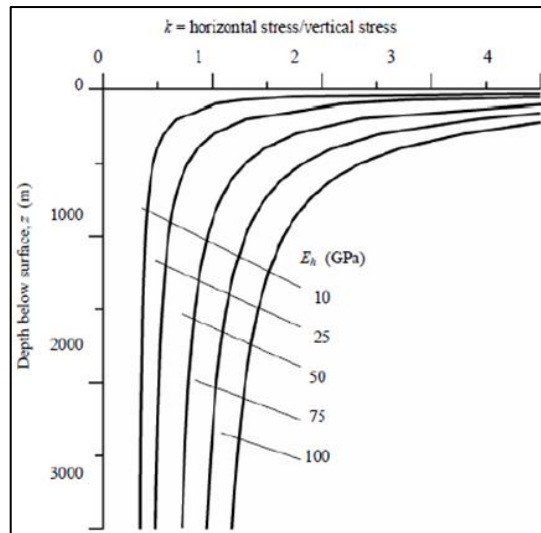


Figura 8. Relación de tensión horizontal a vertical para diferentes módulos de deformación.

Fuente: Sheorey (1994).

El esfuerzo horizontal que actúa sobre las propiedades de la roca a una profundidad z por debajo de la superficie es más difícil de estimar que el esfuerzo vertical.

Donde:

$$\sigma_h = k\sigma_v$$

Sheorey (1994) desarrolló un modelo de estrés térmico elastostático de la tierra. Este modelo considera la curvatura de la corteza y la variación de las constantes elásticas, la densidad y los coeficientes de expansión térmica a través de la corteza y el manto.

El modelo de Sheorey está más allá del alcance de este capítulo, pero proporcionó un modelo simplificado ecuación que se puede utilizar para estimar la relación de tensión horizontal a vertical k . Esta ecuación es:

2.3 DISEÑO DE SOSTENIMIENTO

2.3.1 Sostenimiento del índice RMR

Tabla 7: Clasificación geomecánicas y soporte de túneles en roca.

Clase RMR	Excavación	Sostenimiento		
		Perno de roca (20mm de diámetro)	Shotcrete convencional	Arcos metálicos
I 100-81	Excavación de la sección plena; 3m de avance	Generalmente no requiere sostenimiento, excepto perno ocasional		
II 80-61	Excavación de la sección plena; 1 a 1.5m de avance; 20m entre el soporte ejecutado y el frente	Empernado localizado en el techo; 3m de largo y espaciado de 2.5m, con eventual colocación de tela metálica en el techo	Utilización eventual en el techo, 5mm de espesura	No utilizado
III 60-41	Excavación parcial de la sección; 1.5 a 3m de avance del frente; instalación de soporte después de cada fuego; 10m entre el frente y el soporte ejecutado	Empernado sistemático en el techo y en las paredes, 4m de largo y espaciado de 1.5 a 2m, colocación de malla metálica en el techo	50 a 100mm de espesura en el techo, 30mm en las paredes.	No utilizado
IV 40-21	Excavación parcial de la sección, de 1 a 1.5m de avance del frente; instalación de soporte de acuerdo a la excavación; 10m entre el frente y soporte ejecutado	Empernado sistemático en el techo y paredes, 4 a 5m de longitud, espaciado de 1 a 1.5m, colocación de malla metálica en toda la sección	100 a 250mm de espesura en el techo; de 100mm en las paredes	Utilización de elementos leves espaciado de 1.5
V <20	Excavación en secciones múltiples; 0.5 a 1.5m de avance del frente; instalación de soportes en concordancia con la excavación. Concreto proyectado luego de la voladura	Empernado sistemático en el techo y paredes, 5 a 6m de largo, espaciado de 1 a 1.5m en el techo y paredes con malla metálica; anclaje en la solera	150 a 200mm de espesura en la bobeda 150mm en las paredes y 5mm en el frente de excavación	Utilización de elementos medios e pesados, espaciado de 0.75m; revestimiento de la solera

Fuente: (Bieniaswski, 1979)

Cabe señalar que la Tabla 7 no ha tenido una revisión importante desde 1973. En muchas empresas mineras y aplicaciones de ingeniería civil, el shotcrete proyectado reforzado con fibra de acero se puede considerar en lugar de malla de alambre y shotcrete proyectado.

2.3.2 Sostenimiento del índice Q

Al corresponder el valor del índice Q con los requisitos de estabilidad y soporte de excavaciones, Barton et al (1974) “definió un parámetro adicional que llamaron el Dimensión Equivalente, D_e , de la excavación.”

Sostenimiento de excavación (ESR) adecuada para una variedad de excavaciones subterráneas se enumera en la Tabla 8.

Donde:

$$D_e = \frac{\text{Claro diámetro o altura (m)}}{ESR}$$

El valor de ESR está concerniente con el uso previsto de la excavación y con el grado de seguridad que se le exige al sistema de soporte instalado para conservar la estabilidad de la excavación. Barton et al (1974) proponen los siguientes:

Tabla 8. Categoría de excavación

CATEGORÍA DE EXCAVACIÓN		ESR
A	Excavación de mineras temporales	3-5
B	Excavación de mineras permanentes, túneles de conducción de agua para proyectos hidroeléctricos (excluyendo tuberías forzadas de alta presión), galerías, túneles piloto y galerías de avance	1.6
C	Cámaras de almacenamiento, plantas de tratamiento de agua, túneles menores para carreteras o vías férreas, cámaras de equilibrio, túneles de acceso.	1.3
D	Estaciones de energía, túneles grandes para carretera y vías férreas, refugio de defensa civiles, intersecciones de portales.	1.0
E	Estaciones de energía nuclear subterráneas, estaciones ferroviarias, instalaciones deportivas y públicas, fabricas.	0.8

Fuente: Barton et al (1974)

Este El gráfico ha sido actualizado recientemente por Grimstad y Barton (1993) para reflejar el aumento uso de hormigón proyectado reforzado con fibras de acero en el soporte de excavaciones subterráneas. La figura 9 es reproducido de este cuadro actualizado.

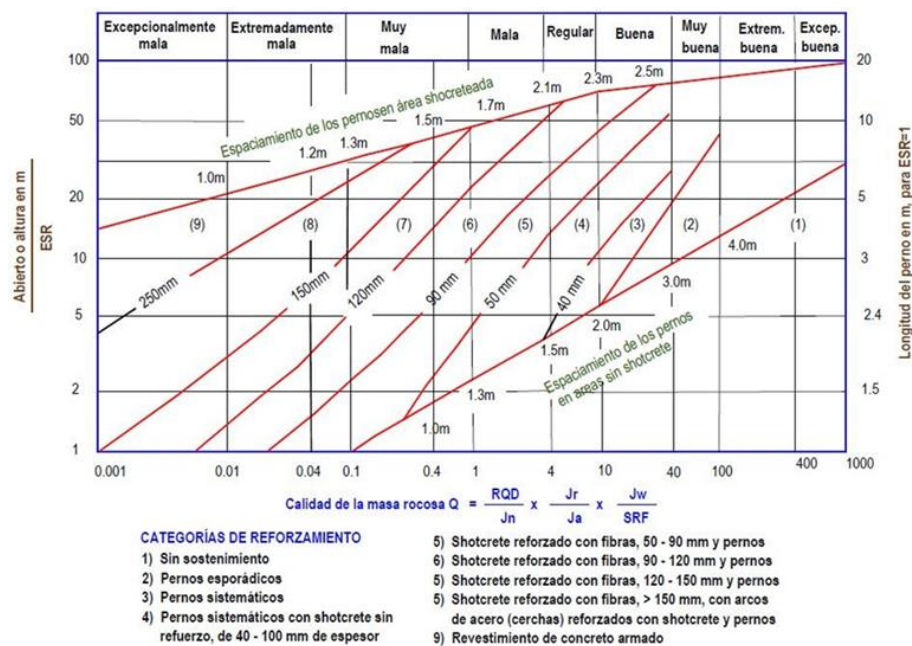


Figura 9. Categoría de sostenimiento basado en el índice Q

2.4 ANÁLISIS ESTABILIDAD DE CUÑAS

Estabilidad debido a la formación de cuñas, para una roca, se definen las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio estudiado, se describe la metodología de análisis, se describe la interpretación de los resultados presentados y los tratamientos están diseñados para su buena estabilidad. Rodríguez & Franco, (2011)

Giordani & Lanzone, (2016) “Estabilidad cinemática. Para evaluar la estabilidad de un bloque rígido, anticipando el derrumbe de taludes en un macizo rocoso, es necesario conocer las características geométricas para ver el tamaño, forma y disposición de los bloques o roca cuñas, usando un análisis de estabilidad o cinemático.” (p. 29)

2.4.1 Condiciones necesarias que pueda producir una caída de cuña del techo.

Gutierrez, (2013) En la representación estereográfica, la línea vertical que pasa por el vértice de la esquina está representada por el retículo del punto central,

la línea vertical que pasa por el vértice debe estar en la base del retículo por lo que que el debilitamiento en sí mismo sin fricción. Esta simple comprobación cinemática es muy ventajosa para anticipar asentamientos potenciales del techo durante estudios preliminares de informes de geología estructural que se recopilan para proyectar bajo tierra. Este método estereográfico también se puede utilizar para esquinas potencialmente inestables de forma y volumen mucho más detalladas, como se muestra en la Figura 10.

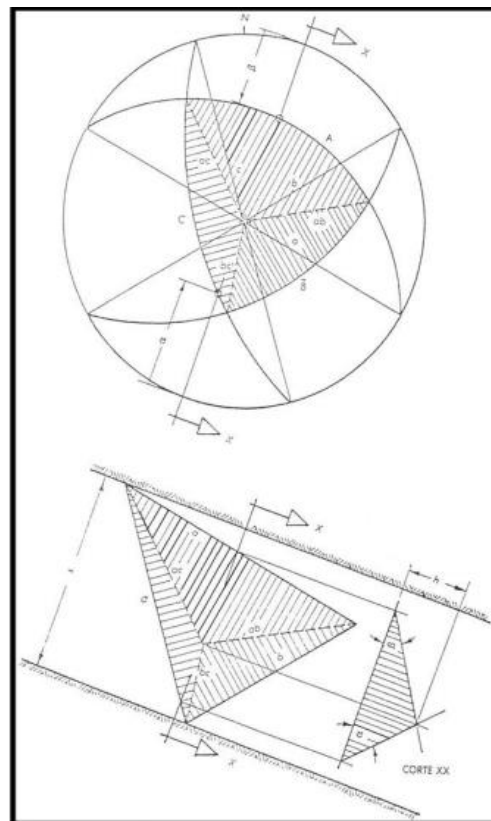


Figura 10. Construcción de una proyección estereográfica para determinar la forma y el volumen de una cuña que se presenta estructuralmente en el techo de un túnel

En esta figura 10 se constituyen tres planos por sus grandes círculos, marcados A, B y C. Las líneas de los rumbos de estos planos están señaladas con a, b y c, y los trazos de los planos verticales por el centro de la red y las intersecciones de los grandes círculos están señalados con las letras ab, ac y bc.

Supongamos que un túnel cuadrado con un claro s vaya en una dirección de 290° a 110° como se muestra en la parte inferior de la figura 10

La degradación controlada por la estructura se puede analizar utilizando la técnica de proyección holográfica descrita anteriormente. La Figura 11 muestra un ejemplo simple de la aplicación de este método, mostrando una masa de roca que cae desde la superficie de un agujero perforado en una roca fracturada. La línea perpendicular a lo largo de la parte superior de la cuña debe quedar dentro de la base de la cuña para que el debilitamiento pueda ocurrir sin fricción en al menos uno de los planos de fractura.

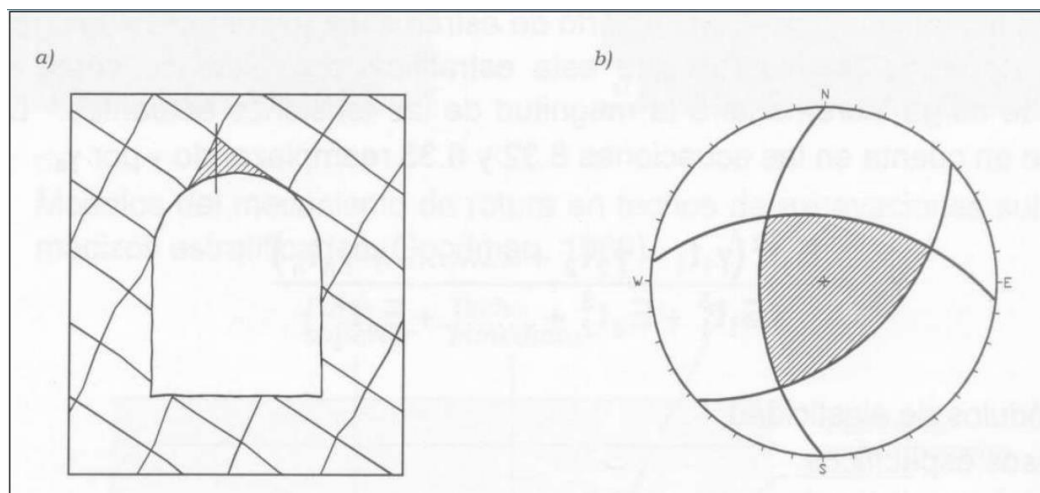


Figura 11. bloques formados en las paredes de un túnel.

Fuente: (Hoek y Brown, 1980)

- Cuña formada en el techo.
- La proyección estereográfica de los planos de diaclasas cuña inestable de roca.

Giordani & Lanzone, (2016) En la sección del túnel, con bloques críticos y críticos, estos son bloques removibles. Pueden ocurrir oclusiones severas de los túneles cuando la forma de las discontinuidades los forma con una posición desfavorable, y se prefiere la separación debido a la falta de atrapamiento e inclinación evidentes.



El fallo de estos elementos se produce en caso de desequilibrio de fuerzas, pérdida de resistencia y fricción insuficiente para dar soporte. El análisis cinemático supone la determinación geométrica de las posibles dimensiones, disposición, dirección, distancia y estabilidad de los macizos rocosos discontinuos.

Si tres fisuras se intersectan para formar una cuña en el techo de una excavación subterránea pero la línea vertical que pasa por el vértice de la misma no cae dentro de la base de la cuña, el debilitamiento sólo puede ocurrir con fricción sobre uno de los planos de fisura o sobre una de las líneas de intersección. Esta condición se representa estereográficamente si la figura de intersecciones formada por los tres grandes círculos cae a un lado del centro de la red como se ilustra en la figura 12b.

Cuando la figura de intersección cae completamente fuera del círculo de fricción, como se muestra en la figura 12c, el peso gravitacional de la cuña no es suficiente para vencer la resistencia de la fricción del plano o de los planos sobre los cuales debería deslizarse. En esas condiciones la cuña se resistirá a deslizar.

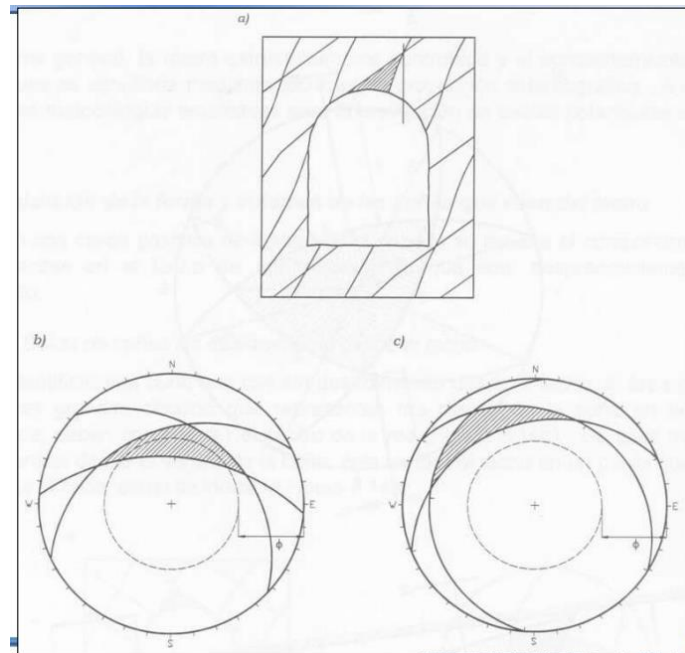


Figura 12. bloques formados en las paredes de un túnel.

Fuente: (Hoek y Brown, 1980)

- a) Cuñas formadas en el techo excavación subterránea.
- b) la condición inestable.
- c) es condición estable.

2.4.1.1 Identificación de cuñas potenciales

El tamaño y forma de las cuñas potenciales en el macizo que rodea la fisura depende del tamaño, forma y dirección de la fisura, así como de la dirección de los grandes grupos de rupturas. La geometría 3D del problema requiere un conjunto de cálculos relativamente tedioso. Aunque esto se puede hacer manualmente, es mejor utilizar uno de los programas informáticos disponibles. Uno de estos programas, llamado UNWEDGE, fue desarrollado específicamente para uso en minería subterránea de roca dura y se usa en la siguiente discusión.

Considere un macizo rocoso en el que ocurren tres conjuntos de juntas fuertemente desarrollados. Las caídas promedio y las direcciones de buzamiento

de estos conjuntos, que se muestran como grandes círculos en la Figura 13, son las siguientes:

<i>Joint set</i>	<i>dip</i> ^o	<i>dip direction</i> ^o
J1	70 ± 5	036 ± 12
J2	85 ± 8	144 ± 10
J3	55 ± 6	262 ± 15

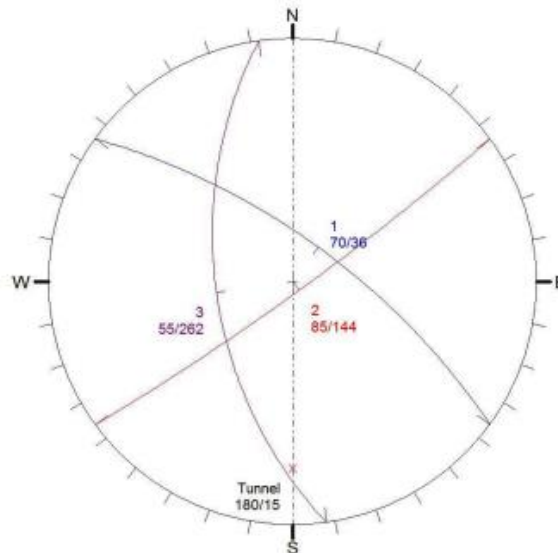


Figura 13. Un gráfico del hemisferio inferior de áreas iguales de grandes círculos

que representan la caída promedio y direcciones de buzamiento de tres conjuntos de discontinuidades en un macizo rocoso. También se muestra, como una cadena punteada línea, es la tendencia del eje de un túnel excavado en este macizo rocoso. La caída del túnel es marcada con una cruz roja.

2.4.1.2 Aplicación de la teoría de la probabilidad

El programa UNWEDGE ha sido diseñado para el análisis de una sola cuña definida por tres discontinuidades que se cruzan. El "Analizador de combinación" en el programa Unwedge se puede utilizar para clasificar todas las combinaciones de juntas posibles en una gran población de discontinuidades con el fin de seleccionar las tres juntas que definen las más críticas porciones.



2.5 MARCO CONCEPTUALES

2.5.1 Macizo rocoso.

“Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales” SNMPE, (2004).

2.5.2 Matriz rocosa.

“Material rocoso exento de discontinuidades, o los bloques de roca intacta que quedan entre ellas. La matriz rocosa, a pesar de considerarse continua, presenta comportamiento heterogéneo y anisótropo ligado a su fábrica y a su microestructura mineral”. Gonzales de Vallejo, (2002).

2.5.3 Alteración.

“Alteración de roca o más exactamente alteración hidrotermal, producida por el ascenso de fluidos magmáticos o gases de alta temperatura a través de fracturas o zonas de falla. Estos afectan los rellenos de las zonas de falla y sus cajas, en origen de reemplazos y rellenos, modifican las condiciones del macizo rocoso en el que se ubican”. SNMPE, (2004).

2.5.4 Discontinuidad.

“Superficies de discontinuidad aparecen durante la formación de la roca (planos de estratificación, laminación, foliación, disyunción, etc.) o posteriormente por causas tectónicas (esquistosidad, pizarrosidad y las fracturas: fallas y las diaclasas), estas últimas denominadas vulgarmente juntas”. Jorda, (2013).



2.5.5 Orientación.

“Es la posición de la discontinuidad en el espacio y comúnmente es descrito por la dirección de buzamiento y el buzamiento de la línea de máxima pendiente en el plano de la discontinuidad”. ITGE, (1987).

2.5.6 Meteorización.

“El grado de la meteorización dependerá de las condiciones climatológicas, morfológicas y la composición de la masa rocosa. La meteorización se divide en meteorización física, química y biológica” SNMPE, (2004).

2.5.7 Factor de seguridad.

“Es una medida que define la relación entre la resistencia y la dinámica del sistema en su entorno estudiado. El factor de seguridad es el criterio de diseño más fundamental conocido en el campo de la ingeniería.” Read & Stacey, (2009).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene de enfoque tipo cuantitativo porque aplicamos valores numerales para valorar la calidad de macizo rocoso con los parámetros establecidos de las clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso, las muestras son llevadas al laboratorio donde se plasmó el estudio de propiedades físicas mecánicas de la roca intacta.

3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Es de nivel descriptivo, ya que se describe las características de macizo durante la ejecución del mapeo geomecánico, su finalidad es estimar los parámetros donde se hace el estudio de las caracterizaciones geomecánicas.

3.3 TIPO Y DISEÑO INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es de campo de ahí a tomar los datos más importantes del estudio geomecánico constituye básicamente en la parte más principal de los saberes donde se consiguen cuantificar, propiedades físico mecánicas, caracterizaciones, clasificaciones y el diseño de sostenimiento que definen los entornos del macizo rocoso. en la mina Heraldos Negros, ya que consiste en la recolección de datos in situ. El diseño de la investigación es no experimental de método transversal. Recopila datos en un solo período de tiempo desde un momento. El propósito de este método es describir variables y analizar su ocurrencia e interrelaciones en un momento dado

3.4 TÉCNICA DE ANÁLISIS

3.4.1 Investigación de campo

El tipo de investigación es de campo constituye básicamente en la parte más principal de los saberes de la geología y la geomecánica de rocas inevitables para una investigación para analizar qué tipo de estabilidad de excavaciones subterráneas. Donde se consiguen medidas, propiedades físico mecánicas, caracterizaciones, clasificaciones y el diseño de sostenimiento que definen los entornos del macizo rocoso.

El propósito de la investigación es cuantificar las clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso ya que de ello se podrán evaluar los parámetros de calidad de la roca para afectar la estabilidad de una excavación subterránea donde le mencionaremos a continuación que como de desarrollo el estudio geomecánico del macizo rocoso en la mina Heraldos Negros.

3.4.1.1 Caracterización estructural

Durante el análisis estructural nos planteamos analizar, representar la orientación espacial de la geología, para comprender los mecanismos en el área de investigación y también poder distribuir las tensiones en el origen de las restricciones. El propósito principal realizar un estudio geotécnico, geológico y estructural, de las estructuras presentes en el macizo.

3.4.1.2 Mapeo Subterráneo Geomecánico

Durante la ejecución del mapeo geomecánico se realizó la descripción de las discontinuidades donde se utilizó una cinta métrica para ubicar todas las discontinuidades que intersectan o intersectan dicha línea, donde se puede ver a detalle en el anexo número uno la cuantificación de dicho mapeo.



3.4.1.3 Caracterización del macizo rocoso

“Las caracterizaciones geomecánicas del macizo rocoso permiten estimar su comportamiento ante los esfuerzos derivados de diversas tensiones de estructura masa rocosa en la ingeniería, excavaciones superficiales o subterráneas, etc. En base a los resultados obtenidos, se aplicaron diferentes clasificaciones geomecánicas. Para establecer el índice de calidad. A partir del macizo y el tipo de apoyo, con este estudio se contribuirá a la prevención de accidentes.”

3.4.1.4 Clasificación del macizo rocoso

La interpretación nos muestra en el anexo número uno donde tenemos la cuantificación numérica de las clasificaciones geomecánicas como el RMR, GSI y Q de Barton. Se ejecutó el diseño de sostenimiento de Q de Barton y el tiempo de autoaporte para evaluar el tipo de sostenimiento que va requerir dicha labor con el propósito es analizar las labores de avance de producción que es las galerías y tajos para su óptimo avance por lo que se ejecuta un tipo de sostenimiento adecuado. Donde nos muestra en los anexos número dos interpolado.

3.4.1.5 Análisis formación de cuñas

El análisis de formación de cuñas, para la mina subterránea se presenta la interpretación de los resultados y se diseñan los tratamientos para su correcta estabilidad. Que es por la presencia de tres familias que forman cuñas con poca probabilidad de fallar donde este trabajado con el software Dips el carácter de cinemática de cuña está en el anexo tres donde claramente se visualiza la presencia de posible falla para su buena presentación en la investigación nos muestra en los resultados se hace la indagación más a detalle



3.4.1.6 Aplicación de la teoría de la probabilidad

El programa UNWEDGE ha sido diseñado para el análisis de identificar cuñas definida por tres discontinuidades se puede utilizar para clasificar todas las combinaciones de juntas posibles en una gran población de discontinuidades con el fin de seleccionar las tres juntas que definen las más críticas posibles en la que se observa en el anexo número cinco la formación de cuñas en la cual se mantiene estable el factor de seguridad mayor de 1.5. se hizo el análisis de estabilidad bajo condiciones pseudoestáticas

3.5 INSTRUMENTO

Los equipos e instrumentos empleados en la ejecución de la investigación son los siguientes:

- EPP. (Equipo de Protección Personal)
- La brújula de marca Brunton.
- El flexómetro.
- La cinta métrica.
- Libreta de notas.
- Útiles de escritorio.
- GPS. (Sistema de Posicionamiento Global)
- Softwares especializados.
- Una Laptop.
- Lo más importante el Martillo de geólogo.
- Un tablero.
- Una impresora.
- La lupa de geólogo.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACIÓN Y ACCESO

La Mina Heraldos Negros, de la Compañía Minera Valentín, se encuentra ubicada en el departamento de Huancavelica, Provincia de Huancavelica, distrito de Acobambilla, Comunidad Distrital Cerro Condoray, a una altura de 4700 a 5250 msnm, ubicada a una altitud de 117 km. Desde Huancayo y la ciudad de Lima por la ciudad de Cañete, distancia 411 km.

Accesibilidad

Tabla 9. Dirección a la mina por la ciudad de Lima

Intervalo		Distancia (km)	Tiempo (h)
Lima - Cañete	(Asfaltada).	150	2
Cañete – Lunahuana	(asfaltada).	40	0,40
Lunahuana – Llapay	(afirmada).	140	3
Llapay – Laraos	(afirmada).	12	0,40
Laraos – San Valentín	(Trocha).	19	1,20
San Valentín – Heraldos Negros.		50	3
Total		411	10,40

Tabla 10. Dirección a la mina por la ciudad de Puno – Acobambilla

Intervalo		Distancia (km)	Tiempo (h)
Lima – Heraldos Negros		411	10.40
Lima – Arequipa		765	17
Arequipa – Juliaca		269	5
Juliaca – Puno		45	45 min.
Total		1490	32.85



Tabla 11. Las Coordenadas de los puntos de concesión Heraldos Negros

	Norte	Este
Punto 1	8 603 534,72	453 795,36
Punto 2	8 601 546,92	453 597,12
Punto 3	8 602 042,54	448 627,60
Punto 4	8 604 030,34	448 825,85

4.1.1 Clima

El área de estudio de Heraldos Negros. Tiene las particularidades típicas de una alta cordillera de clima frío y topografía accidentada. Se pueden discrepar dos estaciones bien características; Entre los meses de noviembre y abril hay precipitaciones pluviales y nevadas con fuertes precipitaciones, y en los meses de febrero y marzo. De mayo a octubre, es la estación de las heladas que acompañan constantemente a las heladas.

4.1.2 Topografía

La topografía del prospecto se determina por ser glacial con claros patrones de erosión glacial con forma de U colgante, lagunas o escalones, y depósitos aluviales y glaciares. El área se extiende a través de un paisaje montañoso, con cobertura discontinua de suelos raros, alternando con suelos típicos de los Andes, donde se encuentran los minerales del área de estudio. El área se caracteriza por colinas empinadas, lagunas y valles, y topografía accidentada.

4.2 GEOLOGÍA

4.2.1 Geología regional

La zona de falla regional señalada anteriormente permanece como el ángulo de la falla Chonta en la región de San Gennaro después de que las imágenes satelitales hayan podido rastrearla hacia el noreste. La falla Chonta en Heraldos corresponde a la falla Veta y la falla Esperanza. En la unidad Solitaria, se explotan formaciones rocosas subterráneas y mineralización en toda la región. En la mina Yauricocha, junto con las fallas longitudinal y lateral, que en conjunto forman la zona de falla Quillcasca, frescamente se han formado cuerpos de mineral.

4.2.2 Geología local

“En el área donde se encuentra la unidad Heraldos Negros, afloran rocas sedimentarias, calizas mesozoicas grises y gris claro orientadas N24°W y buzamiento 58°SW, y rocas andesíticas piritizadas, estas rocas fueron atravesado por intrusivos monzoníticos, los mismos que estimulan la piritación de las rocas contiguas, siendo los yacimientos minerales relacionados con estos intrusivos.

Las formaciones Jumasha y Pariatambo se sobreponen a las más antiguas, un anticlinal abierto con lineamientos andinos. En el cerro Nevado Condoray, dentro de Heraldos se fragmentó el plano axial del nombrado anticlinal fallado, formando sustancialmente una brecha que alberga los cuerpos entre dos grietas que son la veta Heraldos y Bomboncito vena y un sistema juntado de fracturas transversal, alberga vetillas de calcita con algunos sulfuros.”



CALIZA PARIATAMBO



CALIZA JUMASHA

Figura 14. La muestra de testigo de la caliza pariatambo y jumasha

En la figura 14 hay dos tipos de roca caliza como se muestra en la figura son testigos de rocas de distinta coloración ya que son de distintas formaciones de Jumasha y Pariatambo, La interpretación de las calizas mármolizada de la formación Jumasha se debe a la intrusión de un Stock monzodiorítico que por metamorfismo de contacto formó una aureola de calcita mármolizada. la caliza bituminosa de la formación Pariatambo, tiene textura terrosa, de color negro, comportándose como una roca plástica.

4.2.3 Geología estructural

Estructuralmente, la veta Heraldos Negros es fragmento de la regional Chonta; la cual es una falla regional de gran ángulo, cuya traza de la falla Esperanza concuerda con dicha falla la dirección varió de N58W, N60W, N45W y N50W. Estos tipos de fallas controlan no solo los depósitos sino también los stocks intrusivos y los centros volcánicos del Neógeno. concordantemente y un anticlinal cuyo eje axial se ha roto y formando una zona suficiente a brechada donde los cuerpos mineralizados se hallan entre dos fisuras, la veta heraldos negros y la Esperanza como, así como un sistema transversal de fracturas de calcita rellenas.

4.3 GEOMORFOLOGÍA

En el área de estudio se encuentran diversas formas geológicas debido a factores climáticos a lo largo del tiempo, que actúan sobre el cuerpo rocoso para establecer el terreno de sustentación actual. Se han reconocido las características geomorfológicas más relevantes del área, representando los patrones dominantes en términos de origen, pendiente y amplitud de la elevación topográfica. Se han reconocido conocimientos corrosivos que actualmente afectan su forma. Topográficamente, el área de estudio se extiende desde los 200 m sobre el nivel del mar hasta los 4200 m sobre el nivel del mar, y presenta pendientes de moderadas a pronunciadas, por lo que la morfología es principalmente montañosa y de meseta escarpada.

4.4 LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE MINADO

En base a los resultados antes obtenidos se puede concluir que los más apropiados para ser ejecutados en las estructuras mineralizadas analizadas son los siguientes:

Tabla 12. Metodo de minado seleccionado - Heraldos Negros.

Ítem	Veta	Estructura	Método seleccionado
02	Heraldos Negros	Vertical	Corte y relleno ascendente

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

La caracterización del macizo rocoso a partir de un buen mapeo geomecánico en la mina Heraldos Negros, donde se ejecutó el tipo de mapeo por línea de detalle, donde se plasmaron mediciones los sistemas de discontinuidades donde se evidencia en los anexo número la medición de las labores subterráneas como son labores de galerías donde se desarrolla las excavaciones subterráneas.

5.1.1 Hallar de índice calidad de la roca

Se calcula de carácter práctica el RQD, que es un mapeo lineal detallado, donde se cumple el número de fisuras por metro para el levantamiento estructural en la zona donde se interpretó el levantamiento geomecánico.

De acuerdo a Priest y Hudson (1976) se calcula con esta ecuación:

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

El cálculo del RQD también se ejecutó a partir de la tabla de valuación de la calidad del macizo rocoso, por lo que los datos se registraron en el (anexo 1).

Para evaluar el índice de calidad de la roca en el mismo, existen 9 labores en los cuales de la tabla 13 se registró el RQD valores enteros, según a la clasificación válidas disponibles ya dadas por autor Deere. La condición de clasificación geomecánica.

Tabla 13. RQD del mapeo geomecánico en el nivel 4980

Galerías	Numero de fisuras (λ)	$RQD=100e^{-0.1λ} (0.1λ+1)$	RDQ
140	6	87.80	88
140	5	90.97	91
140	11	69.90	70
140	7	84.41	84
140	9	77.24	77
142	8	80.87	81
142	4	93,84	94
142	12	66.26	66
142	13	62.68	63

Fuente: Elaboración propia.

Donde el promedio de las labores 4890 es de 82 y 76 donde lo corresponde roca de Buena calidad

5.1.2 Hallar la clasificación del macizo rocoso

La indagación desarrollada destinada a la, clasificación del macizo rocoso incluido en el mapeo geotécnico mediante el uso de los criterios de clasificación geomecánica de Bieniawki (1989).

Para hallar el RMR se dispone distintos parámetros dentro del mapeo geomecánico en la mina subterráneo que se aprecia nueve labores que se encuentran registradas en el formato (anexo 1) cuya valorización se encuentra el RMR básico y RMR corregido de acuerdo al rumbo perpendicular del eje de la excavación. Donde están detallados los parámetros de RMR en el anexo 2.

GALERIA NV. 4980 MINA HERALDOS NEGROS		
Parámetro	Resultado final	Valoración
Resistencia compresiva uniaxial (Mpa)	MPa	
RQD	%	
Espaciado	60-200	
Persistencia	1-3 m	
Apertura	Muy angosto < 0.1	
Rugosidad	Ligeramente rugosa	
Relleno-espesor	suave<5mm	
Meteorización	Ligera	
Agua subterránea	Húmedo	
RMR básico		
Ajuste por orientación de discontinuidades		
RMR Corregido		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. RMR del mapeo geomecánico en el nivel 4980

Galerías	RQD	RMR
140	88	45
140	91	42
140	70	51
140	84	35
140	77	42
142	81	56
142	94	59
142	66	30
142	63	37

Fuente: Elaboración propia

Según la clasificación de RMR donde se ejecutó su promedio de las galerías de RMR tiene la valoración de calidad regular que varía de 43 y 46.

5.1.3 Hallar de índice geológico resistencia

La verificación del GSI, que se manifiesta en la calidad de fracturas por metro lineal, de verificaciones in situ su resistencia se aplica golpeando con el martillo geólogo.

Su caracterización es de forma cualitativa del macizo rocoso según su grado de fractura miento del GSI. Ver anexo 2

Tabla 15. índice de resistencia según sus fracturas en el nivel 4980

Galerías	RQD	RMR	GSI
140	88	45	40 MF/P
140	91	42	38 MF/R
140	70	51	46 F/R
140	84	35	30 F/R
140	77	42	38 MF/R
142	81	56	51 F/R
142	94	59	54 F/R
142	66	30	25 IF/P
142	63	37	32 IF/P

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Hallar del índice Q

Para efectuar el índice Q, en la clasificación geomecánica se consiguió los siguientes valores donde se halla en el (anexo 2).

El valor numérico del índice Q sustituye en forma logarítmica escala de 0,001 a un superior de 1.000 y se concreta por esta ecuación:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

Esta apreciación se adquirió de acuerdo de Barton de los macizos rocosos para los heterogéneos tipos de roca para la investigación donde se consiguió el promedio de Q de Barton de acuerdo a las clasificaciones es de roca muy mala 0.82 y mala 1.02

Tabla 16. Cálculo de Q mediante el mapeo geomecánico en el nivel 4980

Galerías	RQD	J _n	J _r	J _a	J _w	SRF	Q
140	88	6	2	1	0.8	15	1.55
140	91	12	3	1	0.8	15	1.21
140	70	6	1.5	3	0.9	15	0.36
140	84	9	2	1	0.9	15	0.56
140	77	9	1.5	1	0.9	15	0.41
142	81	9	3	1	0.9	15	1.36
142	94	9	3	0.75	0.9	15	1.87
142	66	9	1.5	2	1	15	0.12
142	63	12	1.5	1	0.7	7.5	0.72

Fuente: Elaboración propia

5.2 EVALUACIÓN DEL SOSTENIMIENTO Y DISEÑO GEOMECÁNICO

5.2.1 Índice de soporte

Para estimar las medidas de soporte según el índice RMR se utiliza Bieniawski (1979), en las labores de la mina Heraldos Negros.

Tabla 17. La clasificación de sostenimiento según RMR

Galerías	Clase RMR	Excavación	Perno en roca	Shotcrete	Arco metálico
142	45 III	Es parcial de la sección 1.5 – 3m de avance	Sistemático en el techo y hastiales 4m de espaciamiento de 1.5 - 2m	50 – 100mm de espesura en techo, 30mm hastial	ninguno
142	42 III	Es parcial de la sección 1.5 – 3m de avance	Sistemático en el techo y hastiales 4m de espaciamiento de 1.5 - 2m	50 – 100mm de espesura en techo, 30mm hastial	ninguno
142	51 III	Es parcial de la sección 1.5 – 3m de avance	Sistemático en el techo y hastiales 4m de espaciamiento de 1.5 - 2m	50 – 100mm de espesura en techo, 30mm hastial	ninguno
142	35 IV	Parcial de sección 1 – 1.5 de avance	Sistemático en techo y hastiales 4 – 5m de longitud, espaciado 1 – 1.5 de colocación	100 – 250mm de espesura en techo y hastial 100mm	Utiliza elementos leves de 1.5
142	42 III	Es parcial de la sección 1.5 – 3m de avance	Sistemático en el techo y hastiales 4m de espaciamiento de 1.5 - 2m	50 – 100mm de espesura en techo, 30mm hastial	ninguno
140	56 III	Es parcial de la sección 1.5 – 3m de avance	Sistemático en el techo y hastiales 4m de espaciamiento de 1.5 - 2m	50 – 100mm de espesura en techo, 30mm hastial	ninguno
140	59 III	Es parcial de la sección 1.5 – 3m de avance	Sistemático en el techo y hastiales 4m de espaciamiento de 1.5 - 2m	50 – 100mm de espesura en techo, 30mm hastial	ninguno
140	30 IV	Parcial de sección 1 – 1.5 de avance	Sistemático en techo y hastiales 4 – 5m de longitud, espaciado 1 – 1.5 de colocación	100 – 250mm de espesura en techo y hastial 100mm	Utiliza elementos leves de 1.5
140	37 IV	Parcial de sección 1 – 1.5 de avance	Sistemático en techo y hastiales 4 – 5m de longitud, espaciado 1 – 1.5 de colocación	100 – 250mm de espesura en techo y hastial 100mm	Utiliza elementos leves de 1.5

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las labores evaluadas tenemos una clasificación de soporte de RMR de clase III y clase IV, que en su mayoría requiere pernos sistemáticos en los techos y hastiales de la mina Heraldos Negros también revestimiento de Shotcrete.

5.2.2 El tiempo de Autoaporte

Se determinó el tiempo de autoaporte en la mina Heraldos negros haciendo la interpolación con el ábaco de autoaporte. La interpolación del RMR se realizó con la altura máxima de la labor subterránea que varía de un día a 2 semanas el tiempo de autoaporte. Ver anexo 3

5.2.3 Diseño de sostenimiento del modelo de Barton

El soporte con pernos está diseñado sobre la base de modelos y estándares matemáticos conocidos (Barton) en el ábaco. Este es el resultado del análisis de la longitud de los pernos utilizando los criterios de Barton que forman en la tabla, para abordar condiciones de trabajo seguras y permitir el acceso a estructuras subterráneas.

5.2.4 Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 1

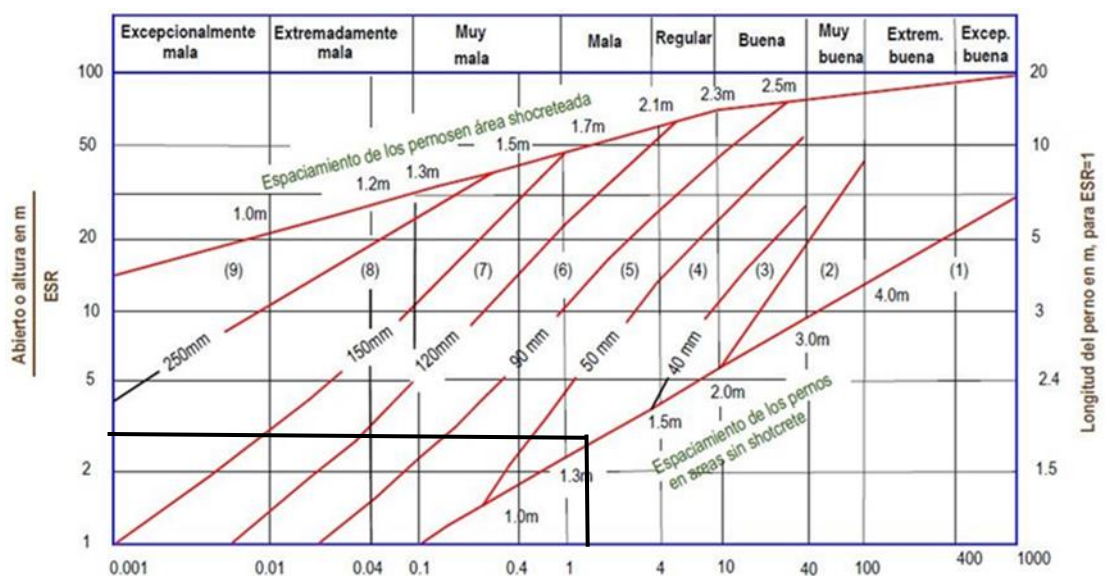


Figura 15. Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 1

El diseño de sostenimiento en la labor temporal se ha estimado la altura de la excavación subterránea en relación de ESR para el caso altura de 3.8 para

interpolarse con Q de Barton de 1.55 para que se establezca el tipo de sostenimiento, que lo corresponde a una roca mala.

- Sostenimiento de pernos sistemáticos con Shotcrete sin refuerzo de 40 – 100mm de espesor de acuerdo a las categorías de refuerzo

5.2.5 Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 2

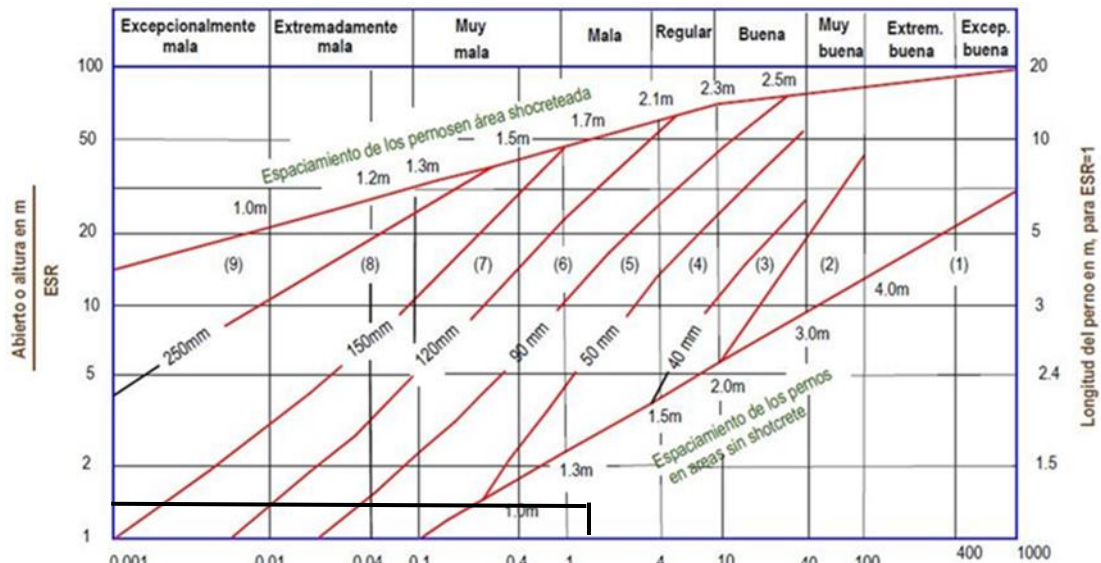


Figura 16. Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 2

El diseño de sostenimiento en la labor temporal se ha estimado la altura de la excavación subterránea en relación de ESR para el caso altura de 3.3 para interpolarse con Q de Barton de 1.21 para que se establezca el tipo de sostenimiento, que lo corresponde a una roca mala.

Para labores temporales de una dimensión o sección no muy pronunciadas en esta labor subterránea por lo que no requiere sostenimiento.

5.2.6 Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 3

El diseño de sostenimiento en la labor temporal se ha estimado la altura de la excavación subterránea en relación de ESR para el caso altura de 6.7 para

interpolarse con Q de Barton de 0.36 para que se determine el tipo de sostenimiento, que lo corresponde a una roca muy mala.

- Sostenimiento con Shotcrete reforzado con fibras de 50 – 90mm y pernos según a las categorías de refuerzo.

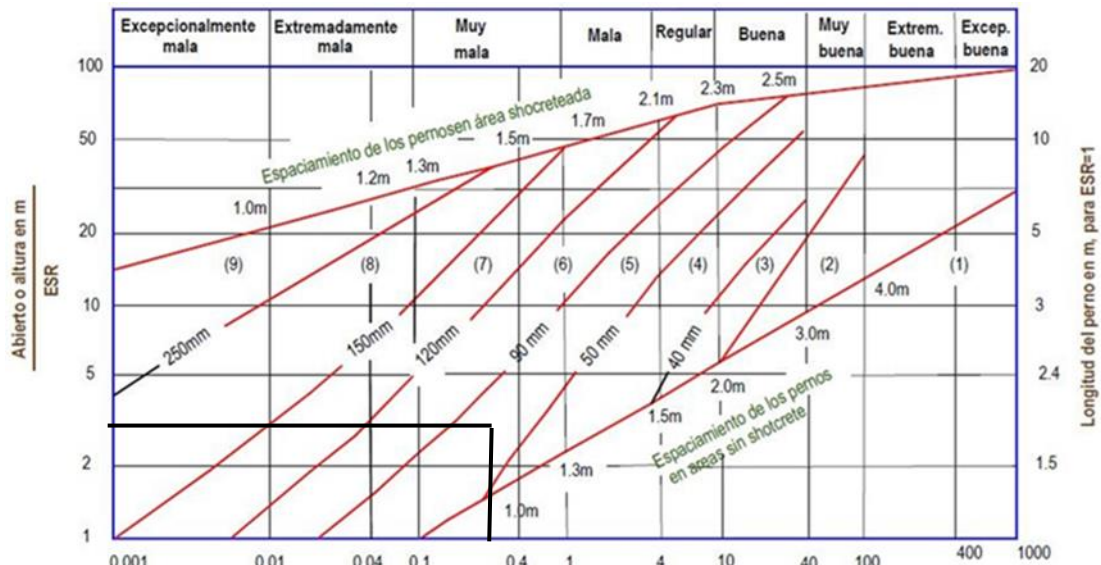


Figura 17. Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 3

5.2.7 Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 4

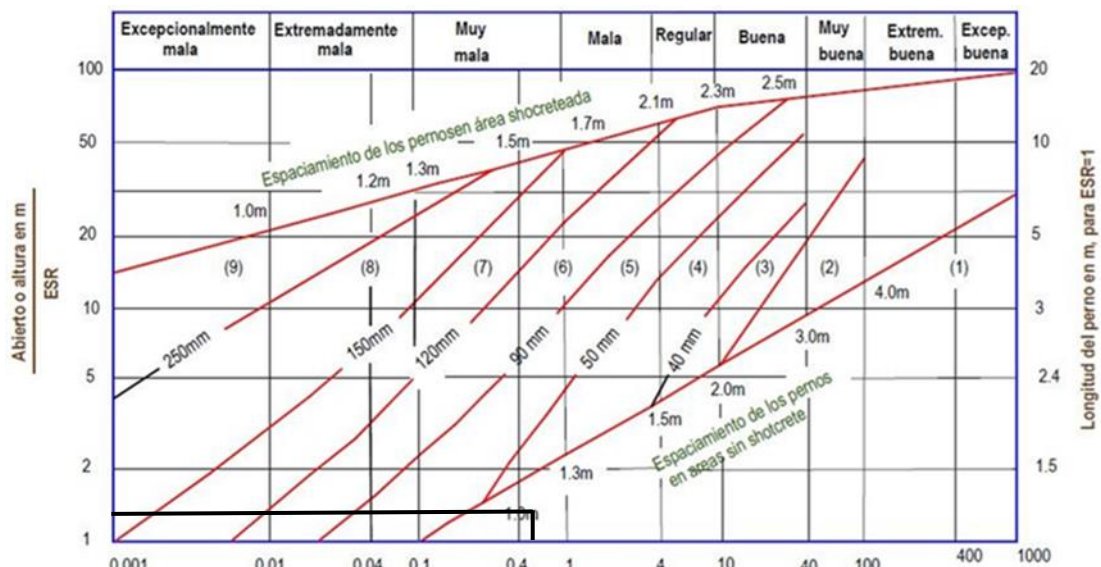


Figura 18. Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 4

El diseño de sostenimiento en la labor temporal se ha estimado la altura de la excavación subterránea en relación de ESR para el caso altura de 3.5 para

interpolarse con Q de Barton de 0.56 para que se determine el tipo de sostenimiento, que lo corresponde a una roca muy mala.

- Para labores temporales de una dimensión o sección no muy pronunciadas en esta labor subterránea donde no requiere sostenimiento según la categoría de refuerzo.

5.2.8 Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 5

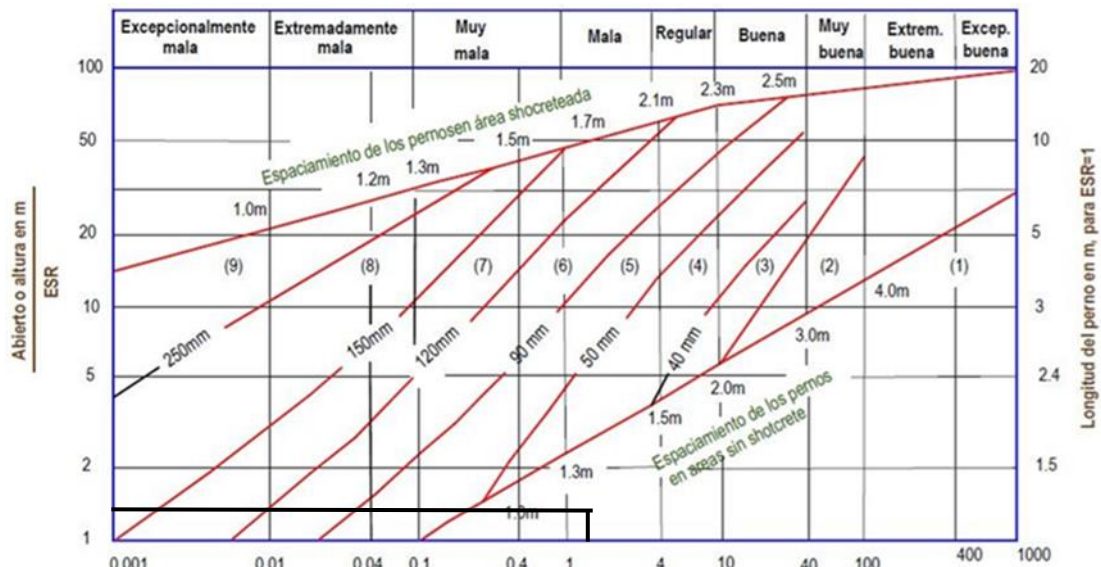


Figura 19. Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 5

El diseño de sostenimiento en la labor temporal se ha estimado la altura de la excavación subterránea en relación de ESR para el caso altura de 3.2 para interpolarse con Q de Barton de 1.21 para que se determine el tipo de sostenimiento, que lo corresponde a una roca mala.

- Para labores temporales de una dimensión o sección no muy pronunciadas en esta labor subterránea donde no requiere sostenimiento según la categoría de refuerzo.

5.2.9 Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 6

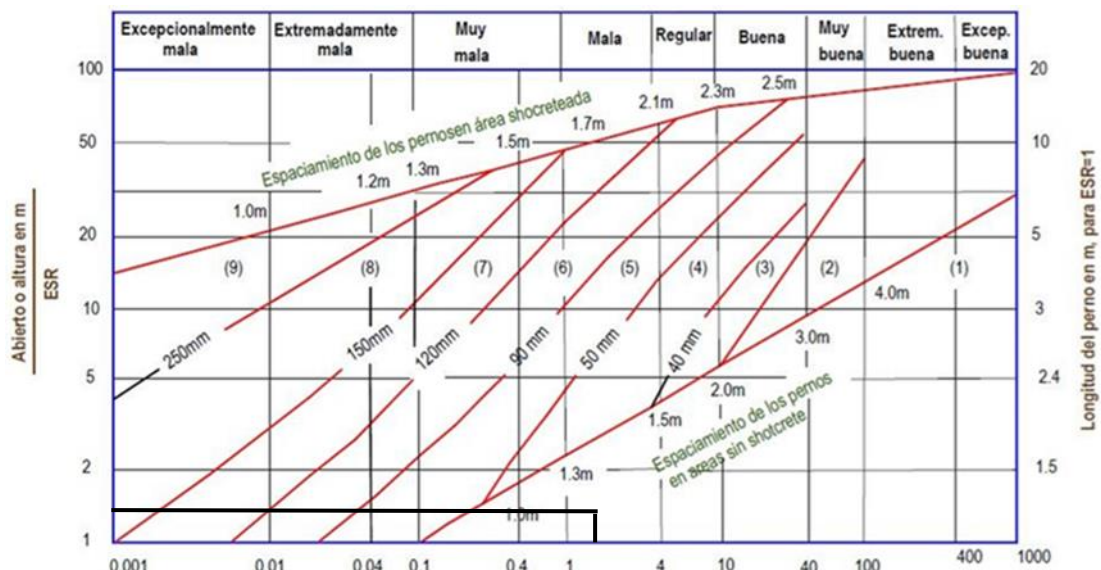


Figura 20. Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 6

El diseño de sostenimiento en la labor temporal se ha estimado la altura de la excavación subterránea en relación de ESR para el caso altura de 3.5 para interpolar con Q de Barton de 1.36 para que se determine el tipo de sostenimiento, que lo corresponde a una roca mala.

- Para labores temporales de una dimensión o sección no muy pronunciadas en esta labor subterránea donde no requiere sostenimiento según la categoría de refuerzo.

5.2.10 Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 7

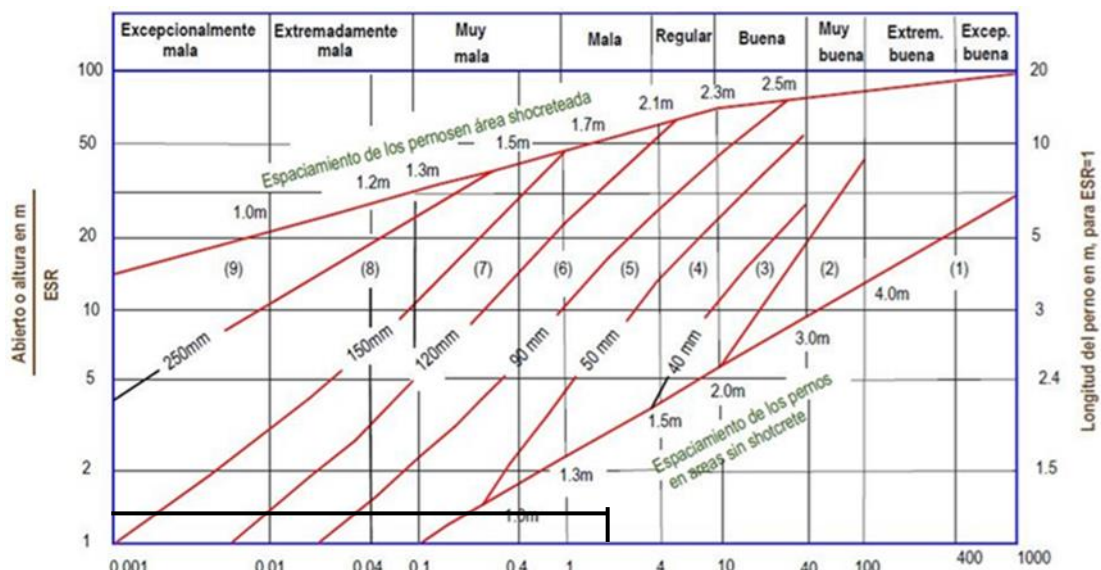


Figura 21. Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 7

El diseño de sostenimiento en la labor temporal se ha estimado la altura de la excavación subterránea en relación de ESR para el caso altura de 3.2 para interpolar con Q de Barton de 1.87 para que se determine el tipo de sostenimiento, que lo corresponde a una roca mala.

- Para labores temporales de una dimensión o sección no muy pronunciadas en esta labor subterránea donde no requiere sostenimiento según la categoría de refuerzo.

5.2.11 Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 8

El diseño de sostenimiento en la labor temporal se ha estimado la altura de la excavación subterránea en relación de ESR para el caso altura de 3 para interpolar con Q de Barton de 0.12 para que se determine el tipo de sostenimiento, que lo corresponde a una roca mala.

- Sostenimiento con Shotcrete reforzado con fibras de 50 – 90mm y pernos según a las categorías de refuerzo.

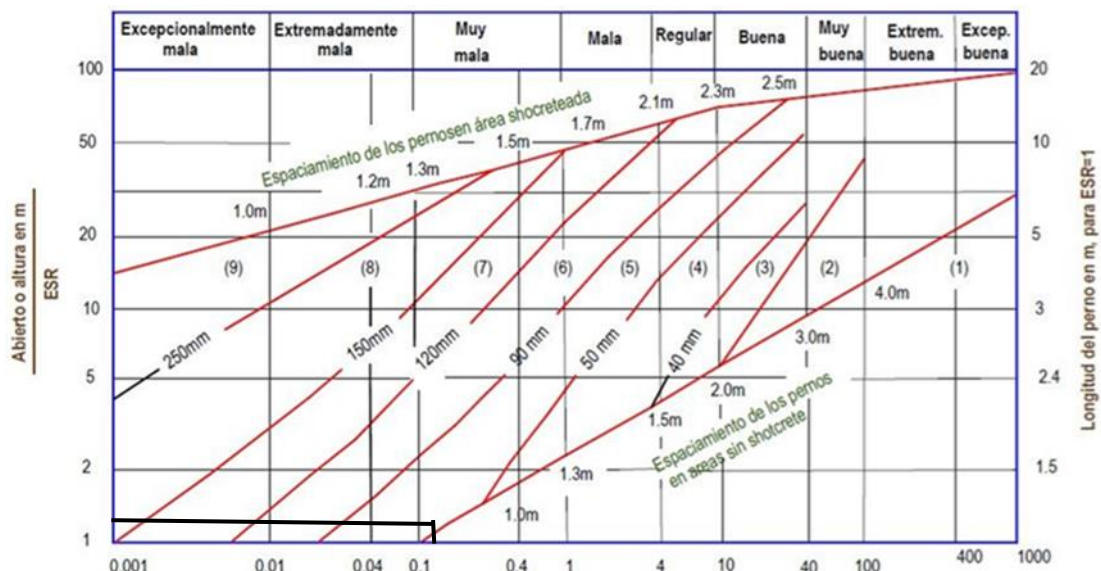


Figura 22. Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 8

5.2.12 Evaluación de sostenimiento nivel 4980 – N° 9

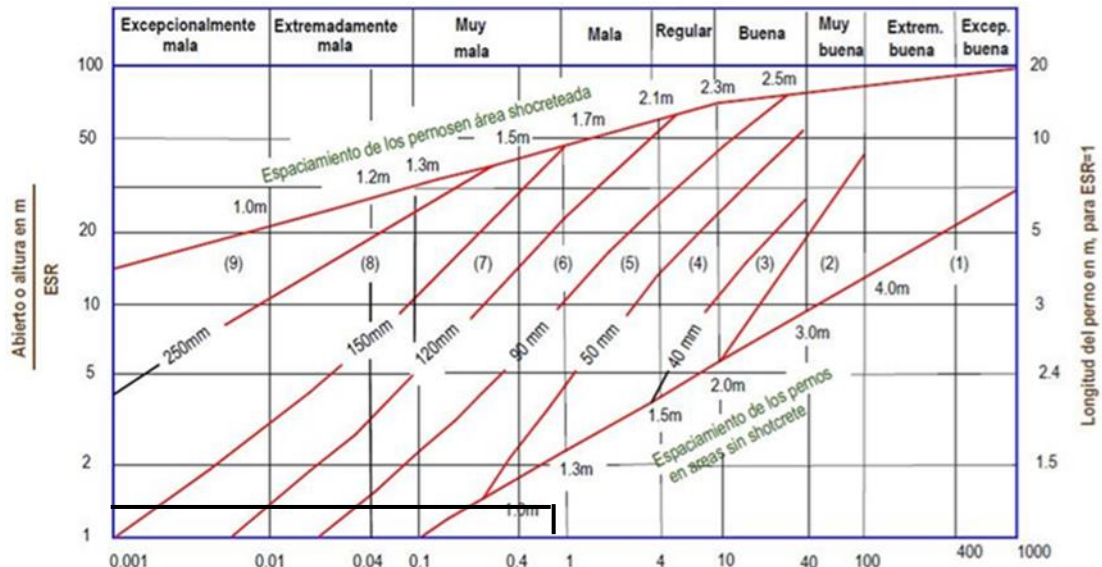


Figura 23. Diseño de sostenimiento nivel 4980 N° 9

El diseño de sostenimiento en la labor temporal se ha estimado la altura de la excavación subterránea en relación de ESR para el caso altura de 3 para interpolar con Q de Barton de 0.72 para que se determine el tipo de sostenimiento, que lo corresponde a una roca mala.

- Para labores temporales de una dimensión o sección no muy pronunciadas en esta labor subterránea donde no requiere sostenimiento según la categoría de refuerzo.

Tabla 18. Resumen de evaluación de sostenimiento de las labores

Tipo de labor	Índice de Q	Tipo de labor	Sección (m)	ESR	De
1	1.55	Galería	3.8x3,3	1.6	2.38
2	1.21	Galería	3.2x3.3	3	1.10
3	0.36	Galería	4.3x4.2	3	3.06
4	0.56	Galería	3.5x3.2	3	1.07
5	1.21	Galería	3x3.3	3	1.07
6	1.36	Galería	3.5x3.2	3	1.07
7	1.87	Galería	3x3.2	3	1.07
8	0.12	Galería	3.2x3	3	1.08
9	0.72	Galería	3x3.1	3	1.09

Fuente: Elaboración propia

5.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA MINA

5.3.1 Análisis de estabilidad por el método Cinemático

Se forman cuando se interrumpen tres o más sistemas de familias, durante la excavación puesto que se forman cuñas o bloques pueden caer donde se toman las medidas establecidas durante la ejecución de los trabajos en mina. Para establecer la cinemática se considera los ángulos fricción se utilizan los datos en las discontinuidades y se visualizan mediante el software DIPS.

Analizar si forman una cuña con muy poca posibilidad de fallar, en la excavación subterránea en la mina Heraldos negros que la formación de cuñas estructural formado por el techo y los hastiales se presentan en las figuras, se genera por planos de discontinuidad de cada uno de los polos ploteados.

5.3.1.1 Orientación de las estructuras y labores mineras

Tomando en consideración la orientación de las principales estructuras mineralizadas se obtienen las siguientes orientaciones.

Tabla 19. Orientación de las estructuras

Ítem	Veta	Orientación	Azimut
01	Heraldos Negros	S50°E	130°
02		S85°E	95°

Fuente: Elaboración propia

5.3.1.2 Parámetros en consideración

En el análisis de estabilidad física de las cuñas formadas se tomó en consideración la orientación de las labores, así como las familias de discontinuidades formadas.

Tabla 20. Orientación de las labores estudiadas

Ítem	Veta	Tipo de labor	Nivel	Azimut
01	Heraldos Negros	Galería,	4980	95°
02		Galería		
03	Heraldos Negros	Galería,	4980	130°
04				222°

Fuente: Elaboración propia

El estudio de la estabilidad física de las cuñas formadas se realizó empleando el programa de cómputo de modelado tridimensional que aplica el método de equilibrio límite en su análisis.

Tabla 21. Parámetros – criterio de falla de Mohr Coulomb

Ítem	Propiedad	Unidades
01	Cohesión	0.1 MPa
02	Ángulo de fricción	42.12 °

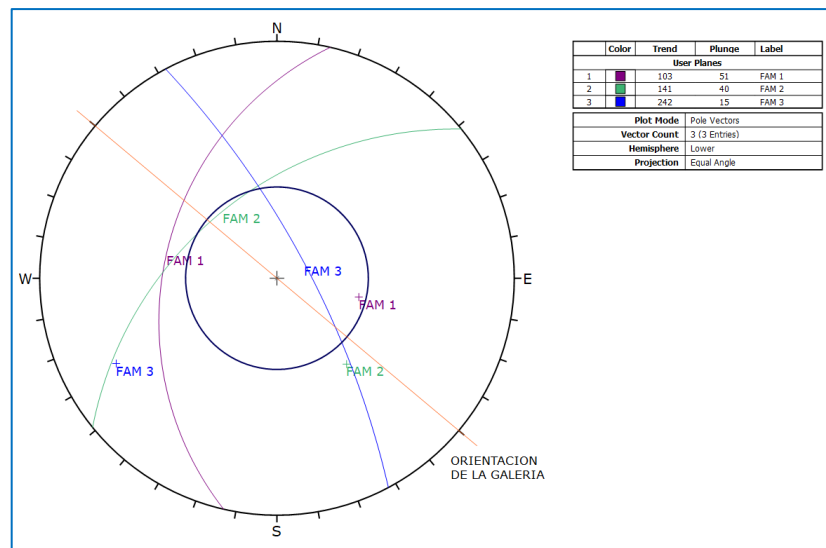


Figura 24. Análisis cinemático de discontinuidades nivel 4980 N° 1

El análisis cinemático de discontinuidades para el nivel 4980 se controla la conformación de 3 familias de discontinuidades las cuales forman una cuña con poca posibilidad de fallar.

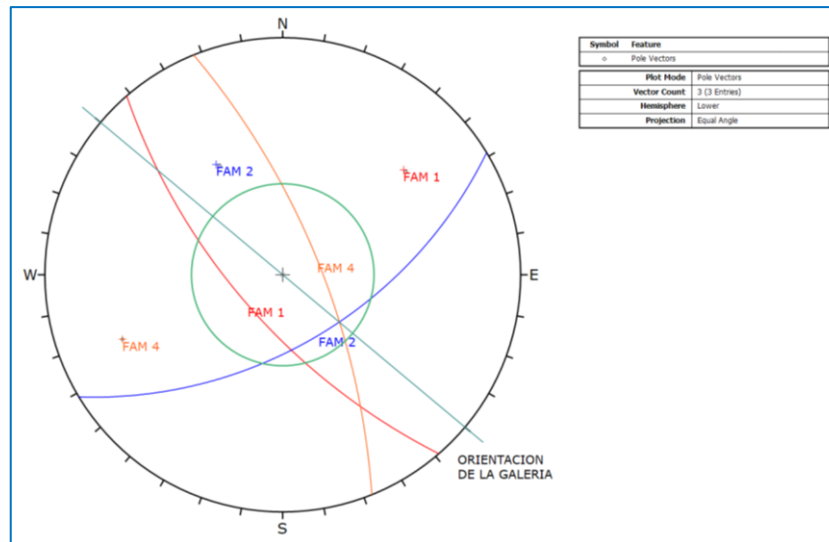


Figura 25. Análisis de cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 2

En el análisis cinemático de discontinuidades para la labor Nv. 4980 se controla la conformación de 3 familias de discontinuidades las cuales forman una cuña con gran posibilidad de fallar en los hastiales.

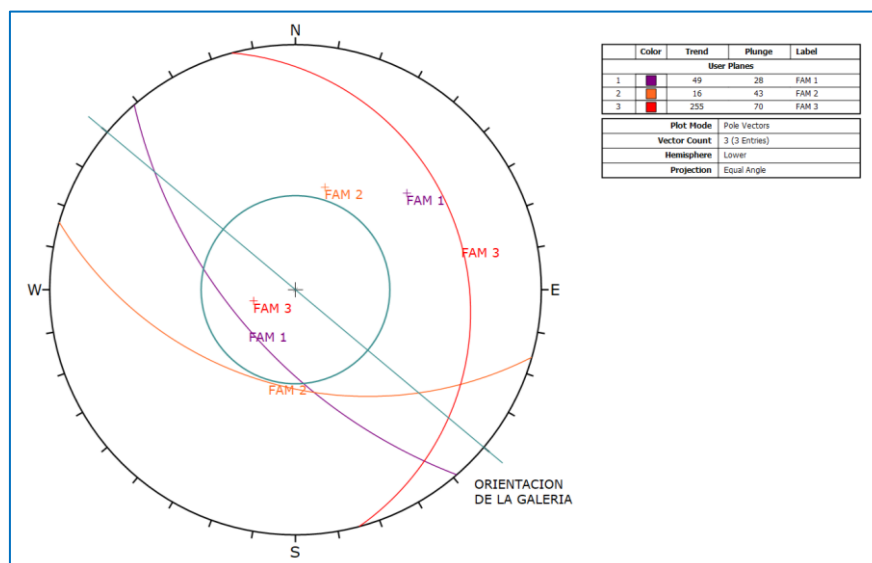


Figura 26. Análisis cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 3

En el análisis cinemático de discontinuidades para la labor del Nv. 4980 se controla la conformación de 3 familias de discontinuidades las cuales forman una cuña con poca posibilidad de fallar.

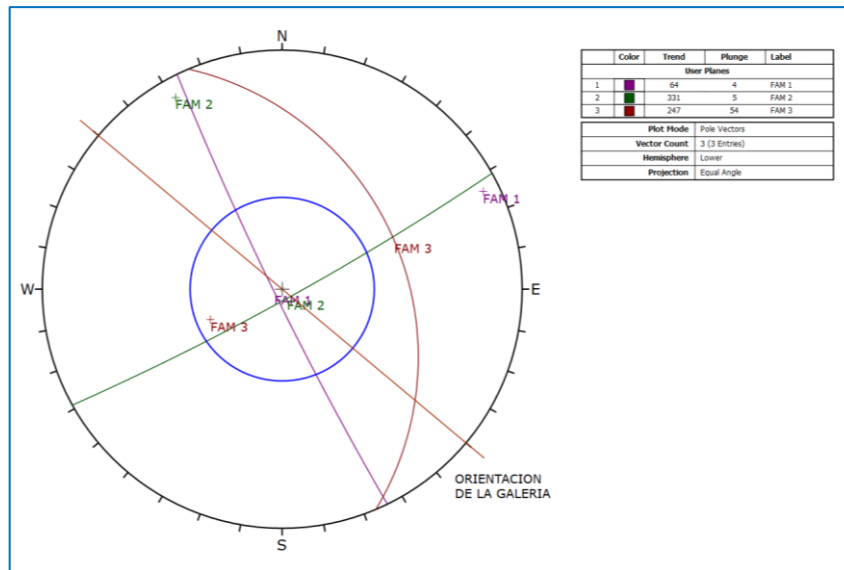


Figura 27. Análisis cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 4

En el análisis cinemático de discontinuidades para la labor Nv.4980 se controla la conformación de 3 familias de discontinuidades las cuales forman una cuña con gran posibilidad de fallar en los hastiales.

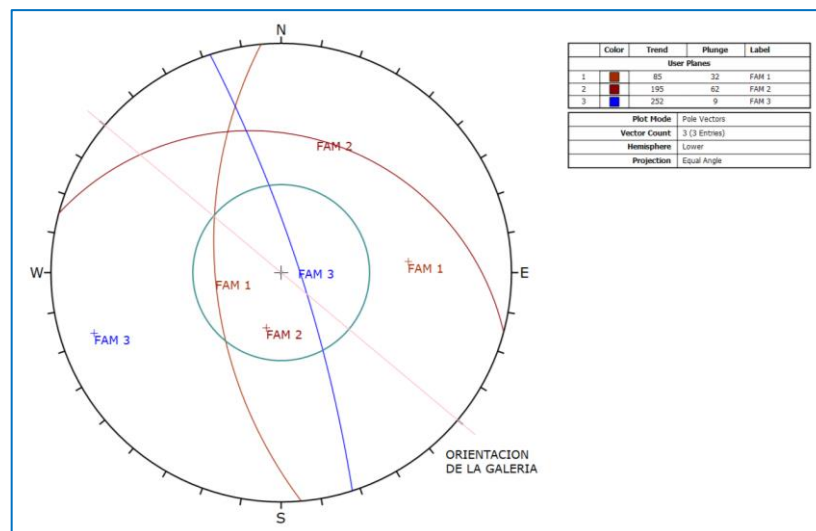


Figura 28. Análisis cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 5

En el análisis cinemático de discontinuidades para en la labor Nv.4980 se controla la conformación de 4 familias de discontinuidades las cuales forman una cuña con poca posibilidad de fallar en el techo.

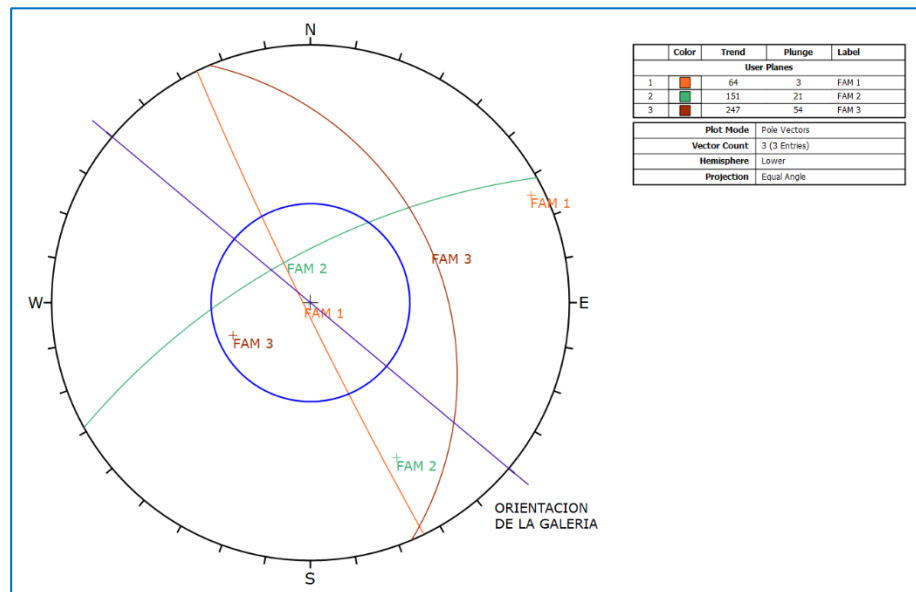


Figura 29. Análisis cinemático de discontinuidades: nivel 4980 N° 6

En el análisis cinemático de discontinuidades para en labor, Nv.4980 se controla la conformación de 3 familias de discontinuidades las cuales forman una cuña con poca posibilidad de fallar en los hastiales.

5.3.2 Análisis de las cuñas mediante el método numérico

Usando con los parámetros del criterio de falla de Hoek Brown, se utilizó el software RockData se toma los datos estos datos se encuentran en el anexo cuatro. Radica en modelar el comportamiento post ruptura del macizo rocoso ver anexo 5.

Para analizar la estabilidad se hizo la utilización del software Unwedge de la empresa Rocscience, para observar la formación de cuñas mediante el software mencionado. Donde en la formación de cuñas inestables generalmente por los techos y los hastiales de las excavaciones subterráneas, de acuerdo al análisis geomecánico se interpretará en qué condiciones están dichas labores se verá por lo que es muy importante saber el factor de seguridad ya que el valor es de mayor



de 1.5 eso nos indica el estado de las labores que son temporales son favorables
ver anexo 6.



VI CONCLUSIONES

- Se realizó la distribución de discontinuidades de las familias principales son lo siguiente en el nivel 4980 la caracterización se realizó, El mapeo subterráneo en las galerías 142 y 140, como es el tipo de, sistema de discontinuidades, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, relleno, intemperización, presencia de agua, frecuencia de fractura miento, resistencia de la roca. De las características estructurales de caja techo, piso y la clasificación geomecanica tiene valores de RMR que varía de Regular (Clase III-B 60-41) a Mala (Clase IV 40-21), GSI varia 40 – 58. Q Baton varia de 1.55 – 0.12 el tipo de roca de mala a muy mala. Para la estimación de los esfuerzos in-situ tanto en los niveles de esfuerzo vertical varia 3.6 – 4.6 el esfuerzo horizontal varia 3.3 – 3.7.
- Tiene la clasificación de sostenimiento de acuerdo al RMR es de clase III un tipo de soporte regular de acuerdo al tipo clasificación le corresponde una excavación 1.5- 3mts, Pernos sistemáticos. 4mts, de longitud, espaciados 1.5- 2mts, en la corona y hastiales, concreto armado es de 50 – 100 mm en la corona y 30 mm por los lados, arco metálico ninguno y de clasificación es mala de clase IV de excavación parcial es de 1 – 1.5mts, pernos sistemáticos 4- 5mts, de longitud espaciados 1- 1.5mts en la corona y hastiales con malla, el concreto armado es de 100– 150mm en la corona, arco metálico ligeras medias espaciadas 1.5mts, a donde se requiera. El tiempo de autosoporte para las labores temporales de un día a 2 semanas el tiempo de autosoporte. Mediante métodos empíricos de Barton, se considera el tipo de labores temporales, su valor para el parámetro ESR igual a 3, el diseño de sostenimiento de longitud de pernos empleado de forma emperico se



utilizó el ábaco de Barton donde el resultado de la longitud de pernos varia de 1.8 a 1.5 según la interpolación.

- En el análisis cinemático de discontinuidades en las galerías y rampas se observó la representación de familias de discontinuidades las cuales forman una cuña con muy poca posibilidad de fallar, en la excavación subterránea en la mina Heraldos negros. utilizando el criterio de falla de Hoek – Brown, radica en formar el comportamiento post ruptura del macizo rocoso. Donde los parámetros de criterio de falla de Mohr Coulomb la propiedad la cohesion es 0.1 Mpa y angulo de friccion 42.12° . estructuras y labores mineras la orientación es $S50^\circ E$ y Azimut 130° . La estabilidad de las cuñas se plasmó en el modelado tridimensional que aplica el método de equilibrio límite en su análisis. Se utilizo el programa Unwedge, a lo largo de las labores analizadas se observa la formación de cuñas sobre el techo y hastial, las cuales poseen poca posibilidad de falla, se realizó bajo condiciones pseudoestáticas.



VII RECOMENDACIONES

- Que en la labor se realice la inspección de las labores, para saber si hay roca suelta en el techo y hastiales que no haya problema en el momento de colocar el sostenimiento, que sus fallas locales que están presente en la labor que no se verá afectada.
- Se recomienda hacer un estudio de tensionales in-situ con el método de esfuerzo Overcoring para tener los valores reales de los esfuerzos verticales y horizontales.



VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTON, N., CHOUBEY, V. (1977). The Shear Strength of rock joints in theory and practice *Rock Mechanics*, 10 pp. 1-54.
- BARTON, N., LIEN, R., LUNDE, J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of rock support. *Rock Mechanics*, Springer Verlag, Vol 6, pp 189-236.
- BHAWANI, S., & R.K., G. (2011). *Engineering Rock Mass Classification*. (E. Inc., Ed.).
- BIENIAWSKI, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Canada: John Wiley & Sons.
- BIENIAWSKI, Z.T. (1973). Engineering Classification of Jointed rock masses. *The Civil Engineer in South Africa*, Vol. 15, N° 12, m pp.335-344.
- BIENIAWSKI, Z.T. (1979). The geomechanics Classification in rock engineering applications. 4th. Inter. Conf. Mech. Montreaux, pp.41-48. A.
- Calle, P., & Verdezoto, E. (2021). Caracterización de la roca mediante propiedades físicas y su relación con la resistencia a la compresión simple. *South Florida Journal of Development*, 2(4), 5081–5093. <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n4-010>
- Castillo, Ch. D. (2012), *Geomecánica en la Aplicación del Método de Minado Longwall Mining desarrollado en la Unidad de San Andrés de la Minera Aurífera Retamas S.A.*
- Cecenarro, Q. J. (2019), *Evaluación de la Capacidad de Soporte de los Pernos Split Set y su Distribución, para la Prevención de Accidentes por Desprendimiento de rocas, en la U.E.A. Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín S.A. – Huancavelica 2019.*”
- Celli, A., & Falcioni, F. (2022, March). Caracterización geomecánica del macizo rocoso de la Formación Santa Cruz aflorante en la zona de Condor Cliff, río Santa Cruz, Patagonia Argentina. *Asociación Geológica Argentina*, 79(1), 106–124. <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/640>
- Cuervas, J., Jorda, L., Nzareno, J., & Escobar, K. (2015). Evaluación de la estabilidad de excavaciones mineras de pequeño diámetro mediante clasificaciones geomecánicas y análisis empíricos : el caso de la mina de San Juan , Ecuador. *Universidad de Oviedo*, 28, 19–28.
- DEERE, D.U., ET AL (1967). Design of surface and near-surface construction in rock, in fairhurst, ed., *Failure and breakage of rock*. Symposium on Rock Mechanics, 8th, Minneapolis Minnesota, September 1966. Proc. New York, American Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum Engineering, p 237-302.



- GONZALES DE VALLEJO, L. (2002). *Ingeniería Geológica* (2da ed.). Madrid, España: Pearson Education.
- Gutierrez, G. (2013). *Uso de las Proyecciones Estereográficas en la Mecánica de Rocas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- HOEK, E., BROWN (1988). The HoekBrown failure criterion — a 1988 update. Proc. 15 th Canadian Rock Mech. Symp. (Ed. J.C. Curran), 31–38. Toronto, Dept. Civil Engineering, University of Toronto.
- HOEK, E., BROWN, E.T. (1980). *Underground Excavation in Rock*. London, Institution of mining and metallurgy. p634.
- HOEK, E., P.K. KAISER F.W.F. BAWDEN (1995). *Rock engineering* A.A. Balkena Publishers. London.
- HOEK, E., BROWN, E.T. (1980). *Underground Excavations in Rock*. Ed. Institution of Mining and Metallurgy, edición revisada 2005, Taylor and Francis, New York, 527 pp.
- HUDSON, J.A. (1989). *Rock mechanics principles in engineering practice*. Butterworth's. Ciria. London.
- MARINOS P, HOEK E (2000). GSI a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. In: *Proceedings of the GeoEng2000 at the international conference on geotechnical and geological engineering*, Melbourne, Technomic publishers, Lancaster, pp 1422–1446.
- Nieto, L. (2019). Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el adecuado sostenimiento de la mina Pomperia - Puno. *Universidad Nacional Del Altiplano de Puno*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15069>
- Ochoa, A., Cartaya, M., & Blanco, J. (2020). Clasificación geomecánica óptima para evaluar el macizo rocoso en el frente de arranque del Tramo IV del túnel Levisa-Mayarí. *Minería y Geología*, 36(1), 50–64. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000100050
- OSINERGMIN. (2017). *Guía de Criterios Geomecánicos Para Diseño, Construcción, Supervisión y Cierre de Labores Subterráneas*, Lima-Peru, INVERSIONES IAKOB S.A.C.
- Pastor, J., Tomás, R., Cano, M., & Riquelme, A. (2019). *Manual de ensayos de laboratorio de Mecánica del Suelo y Mecánica de Rocas*. Club Universitario.
- PRIEST, S.D., HUDSON. J.A., (1976), Discontinuity Spacings in Rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 13:135-148.
- RAMIREZ O., P.; ALEJANO M., L. (2007). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- READ, J.; STACEY, P. (2009). *Guidelines for Open Pit Slope Design* (1ra ed.). Australia: CSIRO Publishing.



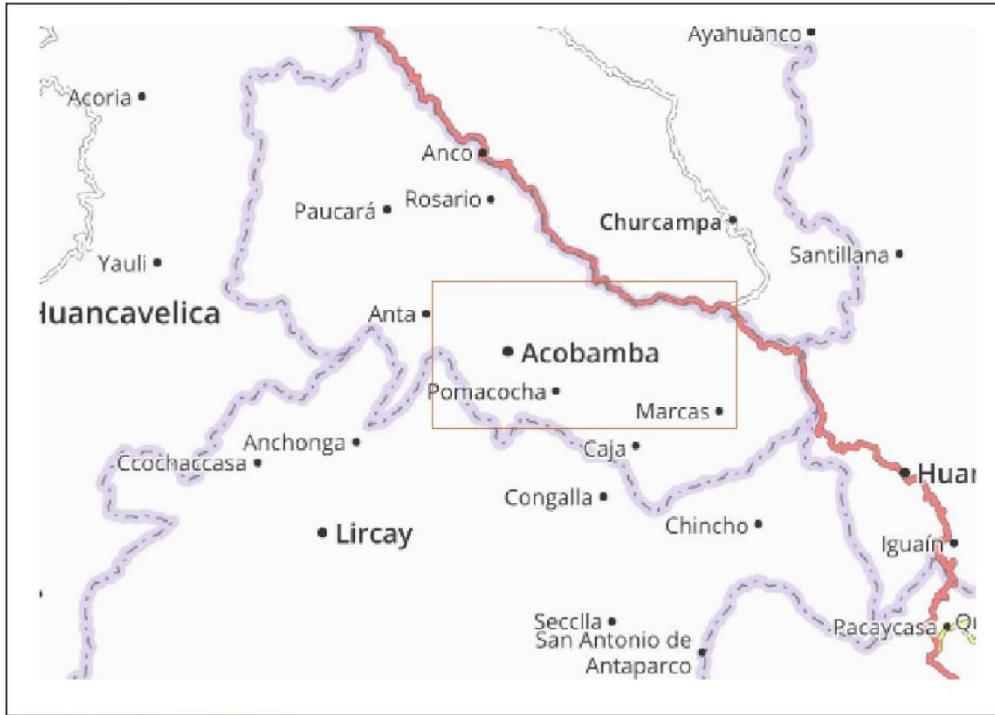
- ROCSCIENCE, INC. (2004). RocData Version 3.0 – Strength analysis of rock and soil masses using the Generalized Hoek-Brown, Mohr Coulomb, Barton-Bandis and Power Curve failure criteria. Ontario, Canada. Disponible en internet via: www.rocscience.com.
- ROCSCIENCE, INC. (2005). Dips Version 6.0 – Plotting, Analysis and Presentation of Structural data using Spherical Projection Techniques. Toronto, Ontario, Canada. Disponible en internet via: www.rocscience.com.
- SHEOREY, P.R. (1994). A teory for in situ stresses in isotropic and transversely isotropic rock. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & geomech. Abstr. 31(1), 23-34.
- SNMPE. (2004). Manual de Geomecánica Aplicada a la Prevención de Accidentes por Caídas de Rocas en Minería Subterránea. Lima: SNMPE.
- Soto, A. C. (2016), Diseño de Sostenimiento en el Túnel Wayrasencca - Ollachea.
- SUAREZ B, L. O. (2013). Descripción del Macizo Rocoso. Medellín.
- SUAREZ, L. (2013). Descripción del macizo rocoso introducción a la ingeniería de rocas de superficie y subterránea. Medellín, Colombia:
- Valeriano, W. (2019). *Evaluación Geomecánica aplicada al minado Subterráneo para la Minimización de caída de rocas en la Mina Maribel de Oro A – Phoquera*. Universidad Nacional del Altiplano.



ANEXOS



ANEXO 01
DE PLANOS
PLANO DE UBICACIÓN



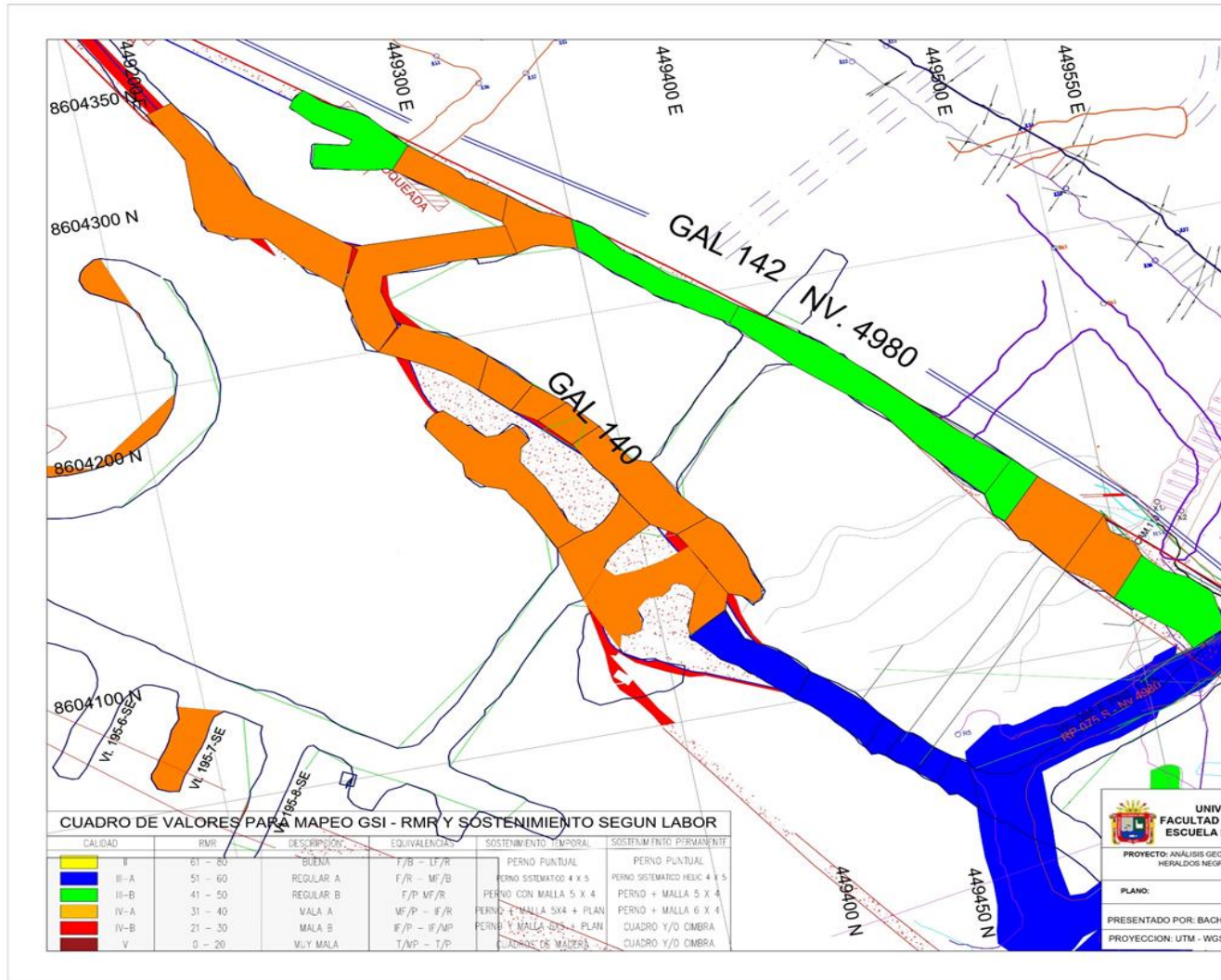
LEYENDA:

	ACOBAMBILLA
	CENTROSOBLADOS
	CARRETERA AFIRMADA
	CARRETERA SIN AFIRMAR
	TROCHA CARROSABLE

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>	
<p>PROYECTO: ANALISIS GEOMECANICO PARA LA ESTABILIDAD DEL MINADO SUBTERRANEO EN LA MINA HERALDOS NEGROS DE LA COMPAÑIA MINERA SAN VALENTIN S.A. ACOBAMBILLA - HUANCVELICA</p>	
<p>PLANO: PLANO DE UBICACION</p>	
PRESENTADO POR: BACH. ALBERT SURCO CCAJIA	FECHA: 09/09/2022 ESCALA: GRAFICA
PROYECCION: UTM - WGS 84 - ZONA 18L	ANEXO: 01



PLANO GEOMECÁNICO DEL NIVEL 4980





ANEXO 2

MAPEO GEOMECÁNICO



REPORTE GEOMECANICO

Progresiva:		Densidad	2.70	Ton/m ³
Mina	Heraidos Negros	Profundidad	147.65	m.
Nivel	4890	Estructura	Rampa	
Labor	RAMPA (-) 015	Litología	CALIZA GRIS CLARA CON BRECHAS Y VENILLAS DE CALCITA	
		Azimut Labor	117	
		Rc / Sv	30.53	

SISTEMA RMR

PARÁMETROS		RANGO		VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial		121.71		8
RQD		87	%	16
Espaciamiento de discontinuidades		0.2-0.6	mm	10
CONDICION DE DISCONTINUIDADES				
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	
1	48/271	12	Abertura	1-3 m
2	57/359	9	Rugosidad	0.1-1.0mm
3	54/94	6	Relleno	Lisa
4	80/169	4	Alteración	Suave < 5 mm
Agua subterránea		Mojado		7
Orientación		Desfavorable		-10
		RMR₉₉ =		45
Condiciones secas		RMR'₉₉ =		48

SISTEMA Q

PARAMEROS		RANGO	VALOR
RQD %	RQD	87 %	87
Número de discontinuidades	Jn	2F+1A	6
Número de rugosidad	Jr	O.L. C. Liso, Ondulado	2
Número de alteración	Ja	Lig. Alter	1
Número de agua subterránea	Jw	Mojado	0.8
Factor de reducción de esfuerzos	SRF	Con Altas Presiones	15
		Q =	1.55
		Q' =	29.00
RMR = 9 Ln Q + 44 =		48	
RMR = 9 Ln Q' + 44 =		74	
GSI = RMR'₉₉ - 5 =		43	

TABLA GEOMECANICA

}	GSI = MF/R - F/P		
	RMR = 45	De 42	Hasta 48
	Q = 1.55	1.12	MALA

OBSEVACIONES:

CALIZA GRIS CLARA CON VENILLAS DE CALCITA Y FALLAS

MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE

ESR =	1.6	Permanente
MAA =	3.00	m
SPAM=	DE 2 A 10 m SIN SOSTENER	
RS =	1.3	

TIEMPO DE AUTOSOPORTE

TAS =	DE	19.952623 Horas	A	316.227766 Horas
	DE	1 Días	A	13 Días

OBSERVACION DE ACUERDO AL TIEMPO : PUEDE TENER TIEMPO DE AUTOSOPORTE PARA SOSTENER

RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO

σ_{MR} = 2.72 MPa

DETERMINACION DEL SOPORTE:

SEGÚN Q DE BARTON

Perno sistematico con shotcrete reforzado sin refuerzo, 40 -100 mm de espesor

Tipo de labor	Permanente	
Relación soporte excavación	ESR =	1.6
Altura	H =	3.8 m
Ancho	A =	3.8 m
Dimensión equivalente	De =	2.38
	Q =	1.55

Soporte recomendado y observaciones: Perno split set de 7 con malla electrosoldada de 4 x 4, espaciadas cada 1.20 m (secuencia F1 = 5 y F2 = 4) Y/O PERNO HELICOIDAL DE 6 PIES CON MALLA



REPORTE GEOMECANICO

Progresiva:		Densidad	2.70	Ton/m3
Mina	Heraldos Negros	Profundidad	188.067	m.
Nivel	4890	Estructura	Galería	
Labor	GAL 015 N	Litología	CALIZA GRIS CLARA CON BRECHAS Y VENILLAS DE CALC	
		Azimut Labor	47	
		Rc / Sv	23.97	

SISTEMA RMR

PARÁMETROS	RANGO		VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial	121.71		8
RQD	91	%	17
Espaciamiento de discontinuidades	0.2-0.6	mm	10
CONDICION DE DISCONTINUIDADES			
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia
1	56/183	6	Abertura
2	38/29	12	Rugosidad
3	73/95	6	Relleno
4	50/286	11	Alteración
Agua subterránea	Mojado		7
Orientación	Desfavorable		-10
		RMR₈₉ =	42
Condiciones secas		RMR'₈₉ =	45

SISTEMA Q

PARAMEROS		RANGO	VALOR
RQD %	RQD	91 %	91
Número de discontinuidades	Jn	3F+1A	12
Número de rugosidad	Jr	R/I, Ond B. Rugosas o irregulares,	3
Número de alteración	Ja	Lig. Alter	1
Número de agua subterránea	Jw	Mojado	0.8
Factor de reducción de esfuerzos	SRF	Con Altas Presiones	15
		Q =	1.21
		Q' =	22.75
RMR = 9 Ln Q + 44 =	46		
RMR = 9 Ln Q' + 44 =	72		
GSI = RMR'₈₉ - 5	=		40

TABLA GEOMECANICA	GSI =	MF/R - F/P	De 39	Hasta 45
	RMR =	42	0.80	MALA
	Q =	1.21		

OBSEVACIONES:

CALIZA GRIS CLARA CON VENILLAS DE CALCITA Y FALLAS

MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE

ESR =	3	Temporal
MAA =	6.00	m

RS =	0.5
-------------	-----

TIEMPO DE AUTOSOPORTE

TAS =	DE	50.118723 Horas	A	199.5262315 Horas
	DE	2 Dias	A	8 Dias

OBSERVACION DE ACUERDO AL TIEMPO : PUEDE TENER TIEMPO DE AUTOSOPORTE PARA SOSTENER

RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO

σ_{MR} =	2.23 MPa
-------------------------	----------

DETERMINACION DEL SOPORTE:

Perno sistematico con shotcrete reforzado sin refuerzo, 40 -100 mm de espesor

SEGUN Q DE BARTON

Tipo de labor	Temporal	
Relación soporte excavación	ESR =	3
Altura	H =	3.2 m
Ancho	A =	3.3 m
Dimensión equivalente	De =	1.10
	Q =	1.21

Soporte recomendado y observaciones: Perno split set de 5 o 7 (según sección) con malla electrosoldada de 4 x 4, espaciadas cada 1.20 m (secuencia F1 = 5 y F2 = 4)



REPORTE GEOMECANICO				
Progresiva:		Densidad	2.70	Ton/m ³
Mina	Heraldos Negros	Profundidad	147	m.
Nivel	4980	Estructura	Cruce ro	
Labor	GAL 770	Litología	CALIZA GRIS CLARA CON VENILLAS DE CALCITA	
		Azimut Labor	273	
		Rc / Sv	13.75	
SISTEMA RMR				
PARÁMETROS			RANGO	VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial			54.58	4
RQD			72	% 13
Espaciamiento de discontinuidades			0.2-0.6	mm 10
CONDICION DE DISCONTINUIDADES				
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	
1	74/062	12	Abertura	3-10m m 2
2	39/283	15	Rugosidad	0.1-1.0mm mm 4
3	50/320	13	Relleno	Rugosa 5
4			Alteración	Duro > 5mm mm 2
Agua subterránea			Mod. Intempe. 3	
Orientación			Humedo 10	
			Favorable -2	
			RMR ₈₉ = 51	
Condiciones secas			RMR' ₈₉ = 43	
SISTEMA Q				
PARAMEROS				
RQD %		RQD	72	% 72
Número de discontinuidades		Jn	2F+1A	6
Número de rugosidad		Jr	EF, Ond	D. Espejos de falla, ondulada 1.5
Número de alteración		Ja	Limoso	3
Número de agua subterránea		Jw	Humedo	0.9
Factor de reducción de esfuerzos		SRF	Con Altas Presiones	15
			Q =	0.36
			Q' =	6.00
RMR = 9 Ln Q + 44 =		35		
RMR = 9 Ln Q' + 44 =		60		
GSI = RMR' ₈₉ - 5		=	38	
TABLA GEOMECANICA				
		GSI =	MF/P	
		RMR =	51	De 48 Hasta 54
		Q =	0.36	2.18 MUY MALA
OBSEVACIONES:				
Tipo de roca caliza gris clara con calcita				
MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE				
ESR =		3	Temporal	
MAA =		3.00	m	
RS =		2.2		
TIEMPO DE AUTOSOPORTE				
TAS =		DE 39.810717 Horas	A	158.4893192 Horas
		DE 2 Dias	A	7 Dias
RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO				
σ _{MR} =		0.87 MPa		
DETERMINACION DEL SOPORTE: shotcrete reforzado con fibra 50 -90 mm y pernos y malla				
SEGÚN Q DE BARTON				
Tipo de labor Temporal				
Relación soporte excavación		ESR =	3	
Altura		H =	6.7	m
Ancho		A =	9.2	m
Dimensión equivalente		De =	3.06	
		Q =	0.36	
Soporte recomendado y observaciones:		Perno split set con malla electrosoldada de 4 x 4, espaciadas cada 1.20 m con refuerzo de plantilla de madera para mejor soporte		



REPORTE GEOMECANICO					
Progresiva:		Densidad	2.70	Ton/m3	
Mina	Heraldos Negros	Profundidad	84.8	m.	
Nivel	4980	Estructura	Cruceiro		
Labor	V-1 Rp 920	Litología	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA		
		Azimut Labor	325°		
		Rc / Sv	26.57		
SISTEMA RMR					
PARÁMETROS			RANGO		VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial			60.83		5
RQD			42	%	6
Espaciamiento de discontinuidades			0.06-0.2	mm	8
CONDICION DE DISCONTINUIDADES					
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	1-3 m	m
1	64/224	11	Abertura	1 - 5 mm	mm
2	76/298	15	Rugosidad	Lisa	
3	44/43	13	Relleno	Suave < 5 mm	mm
4			Alteración	Mod. Intempe.	
Agua subterránea				Humedo	10
Orientación				Media	-5
				RMR₈₉ =	35
Condiciones secas				RMR'₈₉ =	30
SISTEMA Q					
PARAMEROS		RANGO		VALOR	
RQD %		RQD	42	%	42
Número de discontinuidades		Jn	3F		9
Número de rugosidad		Jr	O.L.	C. Liso, Ondulado	2
Número de alteración		Ja	Lig. Alter		1
Número de agua subterránea		Jw	Humedo		0.9
Factor de reducción de esfuerzos		SRF	Con Altas Presiones		15
			Q =		0.56
			Q' =		9.33
RMR = 9 Ln Q + 44 =		39			
RMR = 9 Ln Q' + 44 =		64			
GSI = RMR'₈₉ - 5		=	25		
TABLA GEOMECANICA					
		GSI =	F/R		
		RMR =	35	De 32	Hasta 38
		Q =	0.56	0.37	REGULAR
OBSEVACIONES:					
Tipo de roca caliza gris oscura con relleno de calcita y bitumen suave, la roca es lisa ondulada, se puede autosostener = 4.00 m, autosoporte de 1 - 4 días					
MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE					
ESR =		3	Temporal		
MAA =		4.00	m		
RS =		0.9			
TIEMPO DE AUTOSOPORTE					
TAS =		DE	25.118864 Horas	A	100 Horas
		DE	1 Dias	A	4 Dias
RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO					
σ_{MR} =		0.41 MPa			
DETERMINACION DEL SOPORTE:					
Pernos sistematicos con shotcrete sin refuerzo de 40 - 100 mm espaciamiento de 1.20 m - 1.30 m					
Tipo de labor		Temporal			
Relación soporte excavación		ESR =	3		
Altura		H =	3.5	m	
Ancho		A =	3.2	m	
Dimensión equivalente		De =	1.07		
		Q =	0.56		
Soporte recomendado y observaciones:		Perno split sert de 5 y 7 pies con malla electrosoldada espaciamiento de 1.10 a 1.20			



REPORTE GEOMECÁNICO						
Progresiva:			Densidad	2.70	Ton/m³	
Mina	Heraldos Negros		Profundidad	102	m.	
Nivel	4940		Estructura	Rampa		
Labor	Tj 790		Litología	CALIZA CLARA CON VENILLAS DE CALCITA		
			Azimut Labor	322		
			Rc / Sv	18.74		
SISTEMA RMR						
PARÁMETROS				RANGO		VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial				51.60		4
RQD				41		% 6
Espaciamiento de discontinuidades				0.06-0.2		mm 8
CONDICION DE DISCONTINUIDADES						
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	<1m	m	6
1	72/068	13	Abertura	1 - 5 mm	mm	1
2	56/203	11	Rugosidad	Rugosa		5
3	82/341	16	Relleno	Duro < 5mm		4
4			Alteración	Mod. Intempe.		3
Agua subterránea				Humedo		10
Orientación				Media		-5
				RMR₈₉ =		42
Condiciones secas				RMR'₈₉ =		37
SISTEMA Q						
PARAMEROS			RANGO		VALOR	
RQD %		RQD	41	%	41	
Número de discontinuidades		Jn	3F		9	
Número de rugosidad		Jr	I.P.	E. Rugoso o irregular, plan	1.5	
Número de alteración		Ja	Lig. Alter		1	
Número de agua subterránea		Jw	Humedo		0.9	
Factor de reducción de esfuerzos		SRF	Con Altas Presiones		15	
			Q =		0.41	
			Q' =		6.83	
RMR = 9 Ln Q + 44 =			36			
RMR = 9 Ln Q' + 44 =			61			
GSI = RMR'₈₉ - 5			=		32	
TABLA GEOMECANICA			GSI =	MF/R		
			RMR =	42	De 39	Hasta 45
			Q =	0.41	0.80	REGULAR
OBSEVACIONES: Tipo de roca caliza clara con relleno de calcita y oxido, la roca es rugoso irregular plana, se puede autosostener = 4.00 m, autosoporte de 1 - 4 días						
MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE						
ESR =		3		Temporal		
MAA =		4.00		m		
RS =		0.8				
TIEMPO DE AUTOSOPORTE						
TAS =		DE	25.118864 Horas	A	100 Horas	
		DE	1 Días	A	4 Días	
RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO						
σ_{MR} =		0.55 MPa				
DETERMINACION DEL SOPORTE: Pemos sistematicos con shotcrete sin refuerzo de 40 - 100 mm espaciamento de 1.20 m - 1.30 m						
Tipo de labor Temporal						
Relación soporte excavación		ESR =		3		
Altura		H	3.0	m		
Ancho		A	3.2	m		
Dimensión equivalente		De =	1.07			
		Q =	0.41			
SopORTE recomendado y observaciones:		Perno split sert de 5 pies con malla electrosoldada espaciamento de 1.10 a 1.20				



REPORTE GEOMECANICO					
Progresiva:			Densidad	2.70	Ton/m3
Mina	Heraldos Negros		Profundidad	97	m.
Nivel	4890		Estructura	Rampa	
Labor	Tj 745		Litología	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA, BITUME	
			Azimut Labor	312	
			Rc / Sv	37.00	
SISTEMA RMR					
PARÁMETROS				RANGO	VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial				96.90	7
RQD				68	%
Espaciamiento de discontinuidades				0.2-0.6	mm
CONDICION DE DISCONTINUIDADES					
Familia	Buz. /D. Buz	f/m	Persistencia	<1m	m
1	20/075	10	Abertura	Cerrada	mm
2	47/196	12	Rugosidad	Lig.rugosa	
3	62/299	7	Relleno	Suave < 5 mm	mm
4			Alteración	Lig. Intempe.	
Agua subterránea				Humedo	10
Orientación				Media	-5
				RMR ₈₉ =	56
Condiciones secas				RMR' ₈₉ =	51
SISTEMA Q					
PARAMEROS			RANGO		VALOR
RQD %		RQD	68	%	68
Número de discontinuidades		Jn	3F		9
Número de rugosidad		Jr	R/I, Ond	B. Rugosas o irregulares,	3
Número de alteración		Ja	Lig. Alter		1
Número de agua subterránea		Jw	Humedo		0.9
Factor de reducción de esfuerzos		SRF	Con Altas Presiones		15
			Q =		1.36
			Q' =		22.67
RMR = 9 Ln Q + 44 =			47		
RMR = 9 Ln Q' + 44 =			72		
GSI = RMR' ₈₉ - 5			=		46
TABLA GEOMECANICA					
		GSI =	F/R		
		RMR =	56	De 53	Hasta 59
		Q =	1.36	3.79	REGULAR
OBSEVACIONES:					
Tipo de roca caliza gris oscura con relleno de calcita					
MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE					
ESR =		3		Temporal	
MAA =		6.00		m	
RS =		0.6			
TIEMPO DE AUTOSOPORTE					
TAS =		DE	25.118864 Horas	A	100 Horas
		DE	1 Dias	A	4 Dias
RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO					
σ _{MR} =		2.65 MPa			
DETERMINACION DEL SOPORTE:					
Pernos sistematicos con shotcrete sin refuerzo de 40 - 100 mm espaciamiento de 1.20 m - 1.30 m					
Tipo de labor					
Relación soporte excavación		Temporal		ESR = 3	
Altura		H		3.5 m	
Ancho		A		3.2 m	
Dimensión equivalente		De =		1.07	
		Q =		1.36	
Soporte recomendado y observaciones:		Perno split sert de 7 pies con malla electrosoldada espaciamiento de 1.10 a 1.20			



REPORTE GEOMECANICO						
Progresiva:				Densidad	2.70	Ton/m3
Mina	Heraldos Negros			Profundidad	88.36	m.
Nivel	4920			Estructura	Galería	
Labor	Gal 735			Litología	CALIZA GRIS OSCURA CON VENILLAS DE CALCITA	
				Azimut Labor	278	
				Rc / Sv	40.46	
SISTEMA RMR						
PARÁMETROS				RANGO		VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial				96.52		7
RQD				70	%	12
Espaciamento de discontinuidades				0.2-0.6	mm	10
CONDICION DE DISCONTINUIDADES						
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	<1m	m	6
1	36/067	8	Abertura	Cerrada	mm	6
2	69/331	11	Rugosidad	Lig.rugosa		3
3	87/244	12	Relleno	Duro < 5mm	mm	4
4			Alteración	Sana		6
Agua subterránea				Humedo		10
Orientación				Media		-5
				RMR ₈₉ =		59
Condiciones secas				RMR' ₈₉ =		54
SISTEMA Q						
PARAMEROS				RANGO		VALOR
RQD %				RQD	70 %	70
Número de discontinuidades				Jn	3F	9
Número de rugosidad				Jr	R/I, Ond B. Rugosas o irregulares,	3
Número de alteración				Ja	Sana	0.75
Número de agua subterránea				Jw	Humedo	0.9
Factor de reducción de esfuerzos				SRF	Con Altas Presiones	15
				Q =		1.87
				Q' =		31.11
RMR = 9 Ln Q + 44 =				50		
RMR = 9 Ln Q' + 44 =				75		
GSI = RMR' ₈₉ - 5				=		49
TABLA GEOMECANICA						
			GSI =	F/R		
			RMR =	59	De 56	Hasta 62
			Q =	1.87	5.29	REGULAR
OBSERVACIONES:						
Tipo de roca caliza gris oscura con relleno de calcita						
MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE						
ESR =				3	Temporal	
MAA =				7.00	m	
RS =				0.4		
TIEMPO DE AUTOSOPORTE						
TAS =		DE	25.118864 Horas	A	100 Horas	
		DE	1 Dias	A	4 Dias	
RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO						
σ _{MR} =				3.22 MPa		
DETERMINACION DEL SOPORTE:						
Pernos sistematicos con shotcrete sin refuerzo de 40 - 100 mm espaciamento de 1.20 m - 1.30 m						
Tipo de labor						
Relación soporte excavación				Temporal		
ESR =				3		
Altura				H	3.0	m
Ancho				A	3.2	m
Dimensión equivalente				De =	1.07	
				Q =	1.87	
Soporte recomendado y observaciones:				Perno split sert de 7 pies con malla electrosoldada espaciamento de 1.10 a 1.20		



REPORTE GEOMECANICO					
Progresiva:			Densidad	2.70	Ton/m ³
Mina	Heraidos Negros		Profundidad	126.396	m.
Nivel	4965		Estructura	Galería	
Labor	Gal 078		Litología	CALIZA GRIS OSCURA CON PANIZO	
			Azimut Labor	122	
			Rc / Sv	4.54	
SISTEMA RMR					
PARAMETROS			RANGO		VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial			15.48	MPa	2
RQD			22	%	3
Espaciamiento de discontinuidades			0.2-0.6	mm	10
CONDICION DE DISCONTINUIDADES					
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	<1m	m
1	58/265	5	Abertura	1 - 5 mm	mm
2	81/072	6	Rugosidad	Lisa	
3	28/014	10	Relleno	Suave < 5 mm	mm
4	29/285	8	Alteración	Descompuesta	
Agua subterránea				Humedo	10
Orientación				Media	-5
Condiciones secas				RMR₈₉ =	30
				RMR₈₉ =	25
SISTEMA Q					
PARAMEROS			RANGO		VALOR
RQD %		RQD	22	%	22
Número de discontinuidades		Jn	3F		9
Número de rugosidad		Jr	I.P.	E. Rugoso o irregular, plan	1.5
Número de alteración		Ja	Granular		2
Número de agua subterránea		Jw	Seco		1.0
Factor de reducción de esfuerzos		SRF	Con Altas Presiones		15
			Q =		0.12
			Q' =		1.83
RMR = 9 Ln Q + 44 =			25		
RMR = 9 Ln Q' + 44 =			49		
GSI = RMR₈₉ - 5			=		20
TABLA GEOMECANICA					
		GSI =	IF/P		
		RMR =	30	De 27	Hasta 33
		Q =	0.12	0.21	POBRE
OBSEVACIONES:					
Tipo de roca caliza gris oscura con panizo liza autosostenida solo a los 1.00 m, autoaporte de 10 horas					
MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE					
ESR =		3	Temporal		
MAA =		2.00	m		
RS =		1.5			
RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO					
σ_{MR} =			0.07 MPa		
DETERMINACION DEL SOPORTE:					
SOSTENIMIENTO CON CUADROS DE MADERA CON LUZ DE 1.20M Y 1.50 EJE A EJE.					
Tipo de labor		Temporal			
Relación soporte excavación		ESR =	3		
Altura		H =	3.0	m	
Ancho		A =	3.0	m	
Dimensión equivalente		De =	1.00		
		Q =	0.12		
SopORTE recomendado y observaciones:					



REPORTE GEOMECANICO						
Progresiva:			Densidad	2.70	Ton/m3	
Mina	Heraldos Negros		Profundidad	61.25	m.	
Nivel	4965		Estructura	Rampa		
Labor	Rp 785		Litología	Caliza gris oscura con venillas de calcita		
			Azimet Labor	125		
			Rc / Sv	32.65		
SISTEMA RMR						
PARÁMETROS				RANGO		VALOR
Resistencia a la compresión uniaxial				54.00	MPa	4
RQD				62	%	10
Espaciamiento de discontinuidades				0.06-0.2	mm	8
CONDICION DE DISCONTINUIDADES						
Familia	Buz./D. Buz	f/m	Persistencia	1-3 m	m	4
1	36/067	8	Abertura	1 - 5 mm	mm	1
2	69/331	4	Rugosidad	Lig.rugosa		3
3	87/244	6	Relleno	Suave < 5 mm	mm	2
4			Alteración	Mod.Intempe.		3
Agua subterránea				Mojado		7
Orientación				Media		-5
				RMR₈₉ =		37
Condiciones secas				RMR'₈₉ =		35
SISTEMA Q						
PARAMEROS				RANGO		VALOR
RQD %			RQD	62	%	62
Número de discontinuidades			Jn	3F+1A		12
Número de rugosidad			Jr	I.P.	Irregular Planar	1.5
Número de alteración			Ja	Lig. Alter		1
Número de agua subterránea			Jw	Goteo		0.7
Factor de reducción de esfuerzos			SRF	Con Bajas Presiones		7.5
				Q =		0.72
				Q' =		7.75
RMR = 9 Ln Q + 44 =			41			
RMR = 9 Ln Q' + 44 =			62			
GSI = RMR'₈₉ - 5			=	30		
TABLA GEOMECANICA			GSI =	IF/P		
			RMR =	37	De 34	Hasta 40
			Q =	0.72	0.46	
OBSEVACIONES:						
La labor es de rugosidad lisa y ademas presenta problemas con material suave en las fracturas y hay presencia de fallas y agua						
MAXIMA ABERTURA AUTOESTABLE						
ESR =			3	Temporal		
MAA =			5.00	m		
RS =			0.6			
TIEMPO DE AUTOSOPORTE						
TAS =			2 a 3 días			
RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO						
σ_{MR} =			0.51 MPa			
DETERMINACION DEL SOPORTE						
Malla + Pernos split set sistemáticos de 5' espaciados a 1.20m a 1.30						
Tipo de labor			Temporal			
Relación soporte excavación			ESR =	3		
Altura			H	3.0	m	
Ancho			A	3.0	m	
Dimensión equivalente			De =	1.00		
			Q =	0.72		
Soporte recomendado y observaciones:			Malla + Pernos split set de 5' espaciados a 1.20m motivo de rellenos suaves en fracturas y cuñas en la labor			



ANEXO 3

TIEMPO DE AUTOSOPORTE

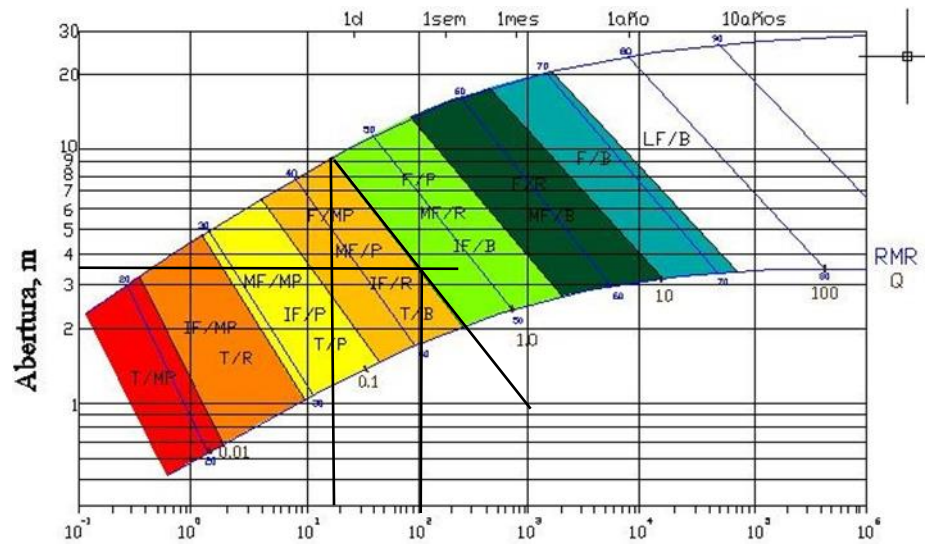


Figura 5. El tiempo de autoporte es de un día a una semana.

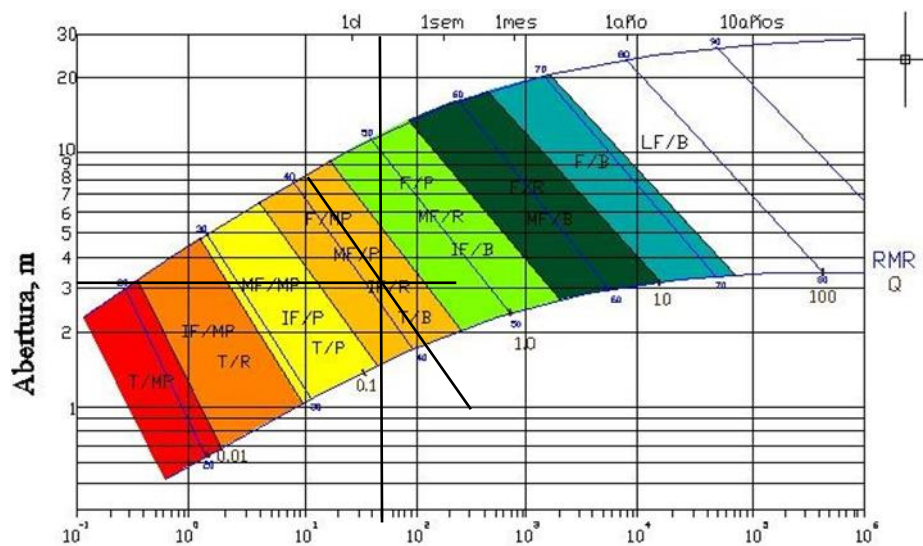


Figura 6. El tiempo de autoporte es de dos días

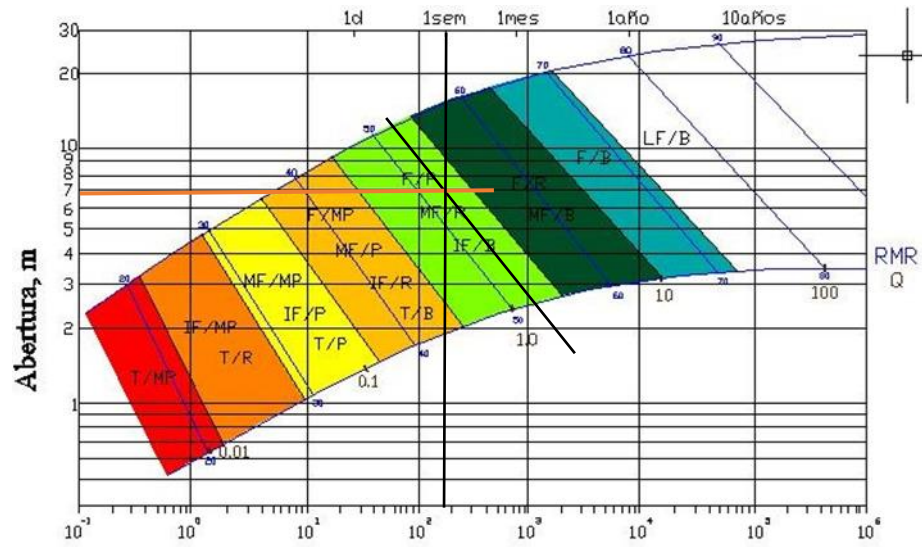


Figura 7. El tiempo de autoaporte es de 7 días.

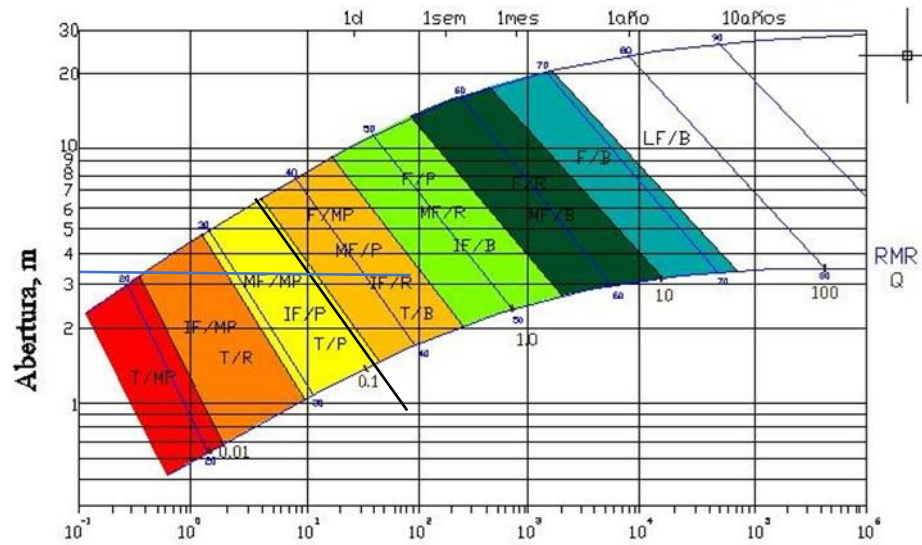


Figura 8. El tiempo de autoaporte es de un día



ANEXO 4

ANÁLISIS CINEMÁTICO DE DISCONTINUIDADES

1.1 Representación estereográfica de las discontinuidades

Figura N°1.- Concentración de polos: 4890

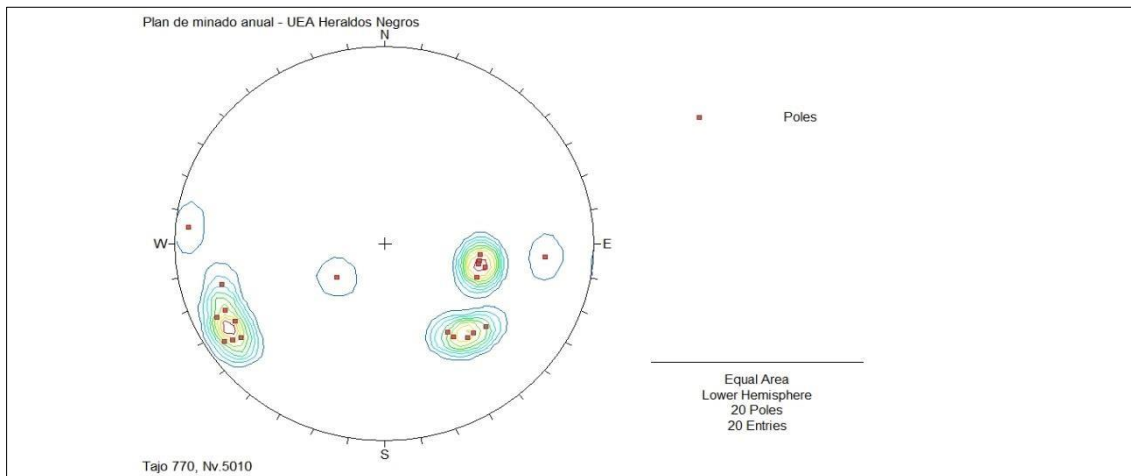


Figura N°2.- Roseta de discontinuidades

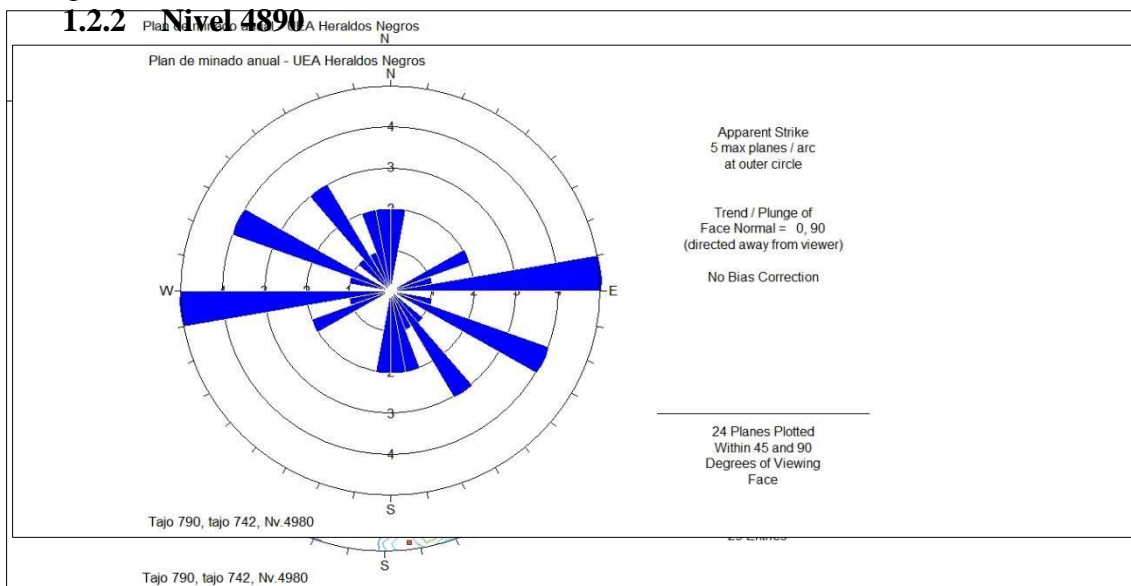


Figura N°4.- Concentración de polos: nivel 489

Figura N°5.- Roseta de discontinuidades: nivel 4980

Nivel 4890

Figura N°16.- Concentración de polos: nivel 4890

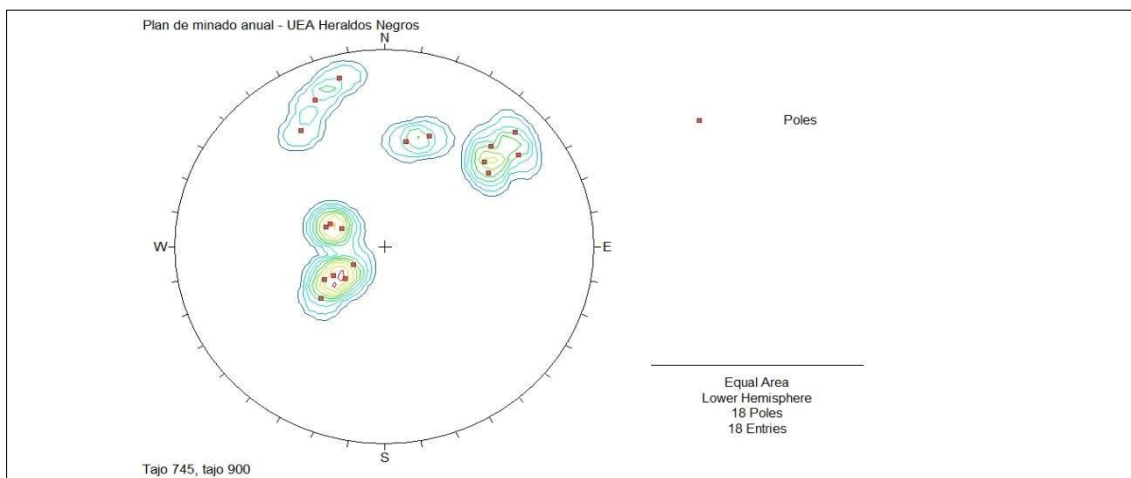
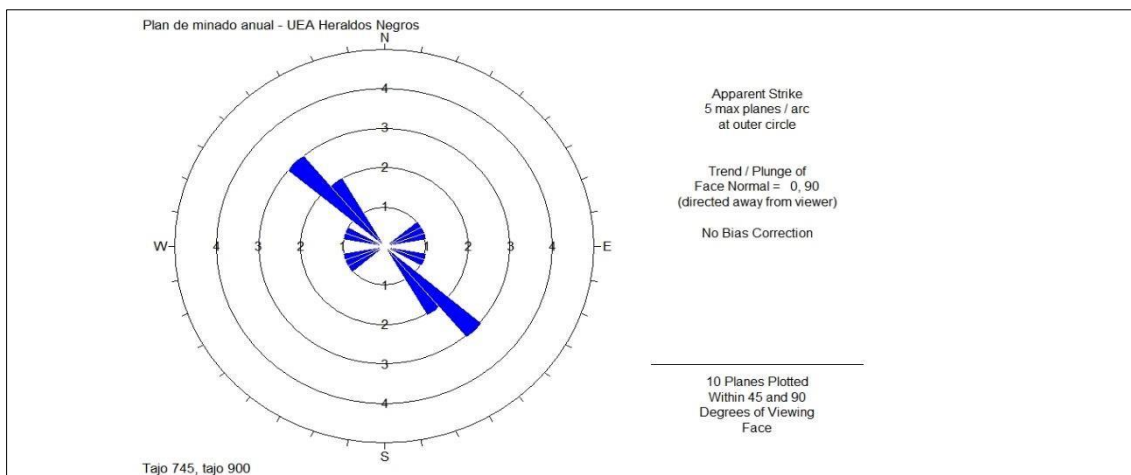


Figura N°17.- Roseta de discontinuidades: nivel 4890



Nivel 4980

Figura N°10.- Concentración de polos: nivel 4980

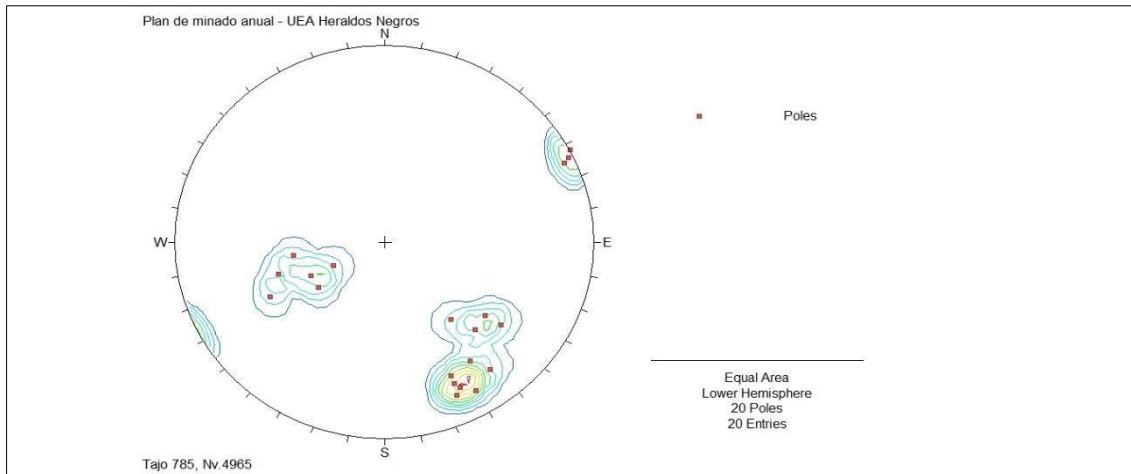
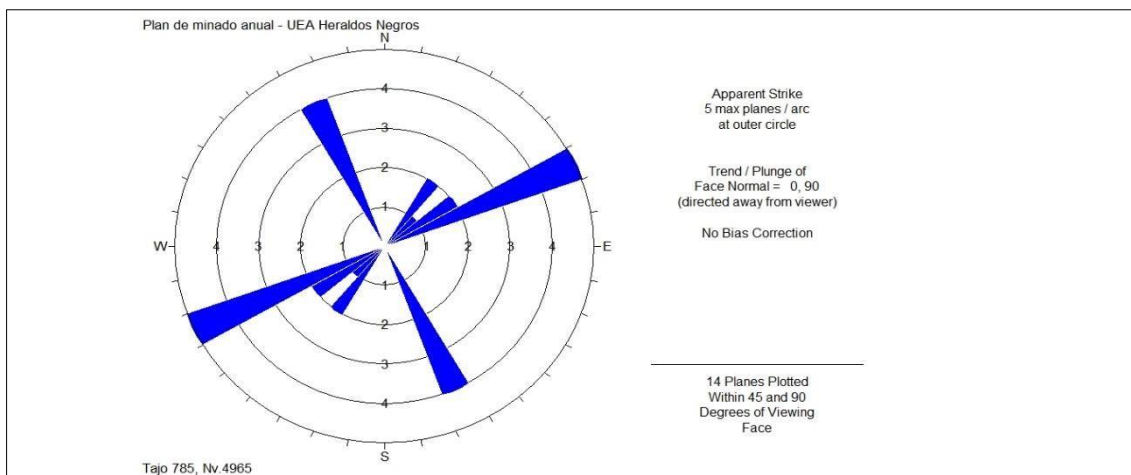


Figura N°11.- Roseta de discontinuidades: nivel 4980



nivel 4980

Figura N°13.- Concentración de polos: nivel 4980

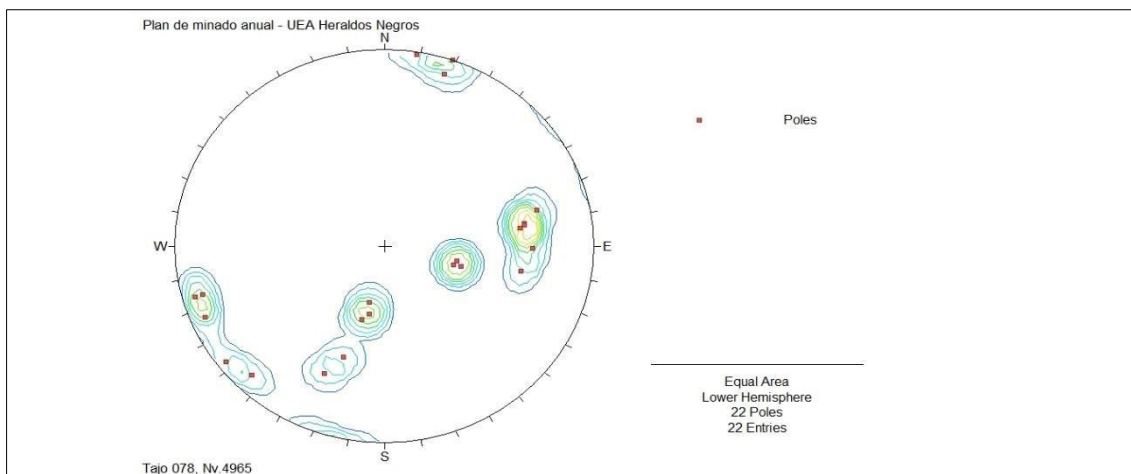
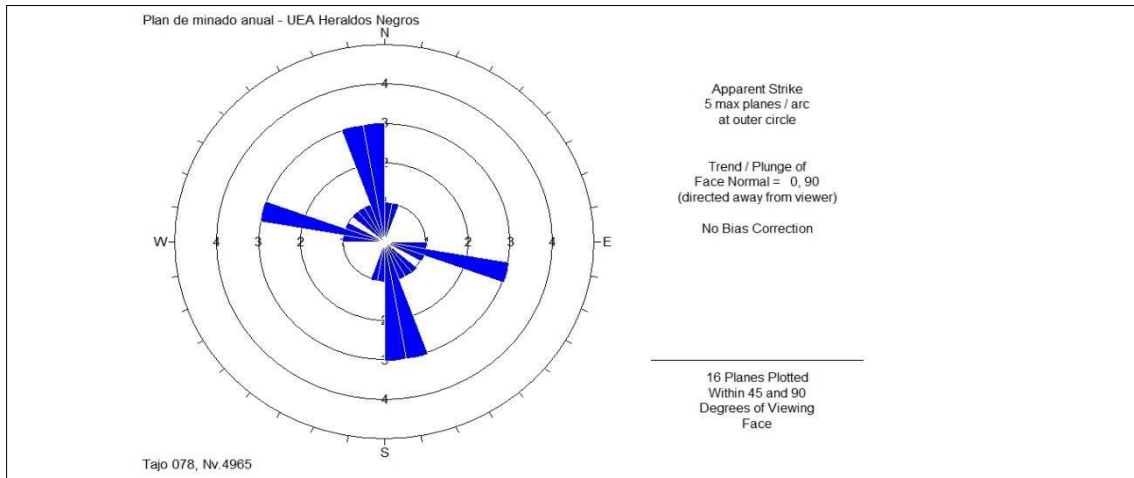


Figura N°14.- Roseta de discontinuidades: nivel 4890



Nivel 4980

Figura N°7.- Concentración de polos:

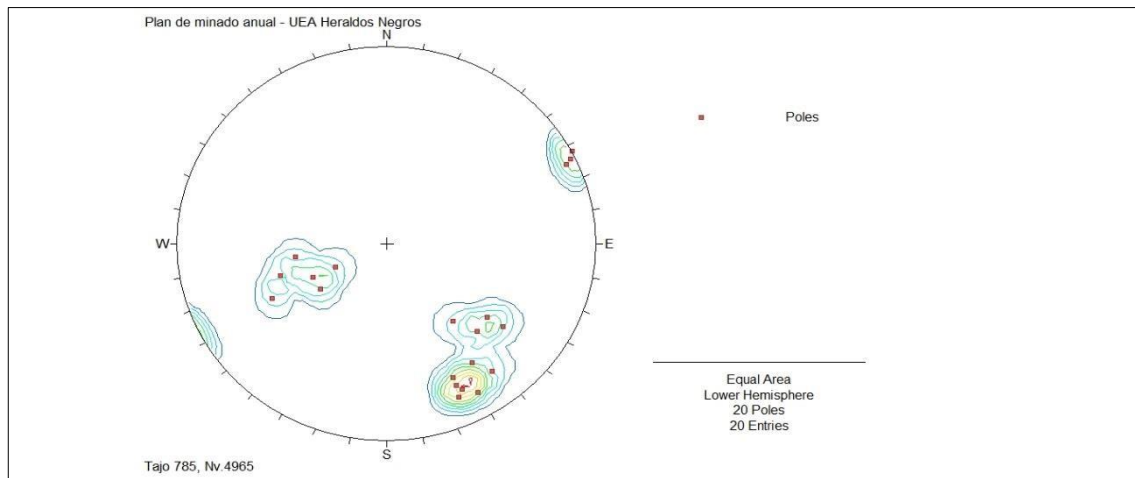
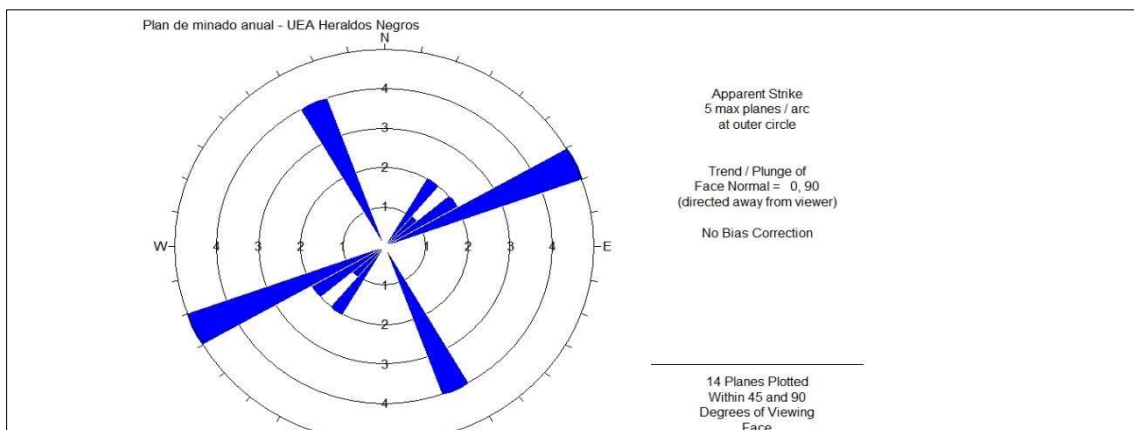


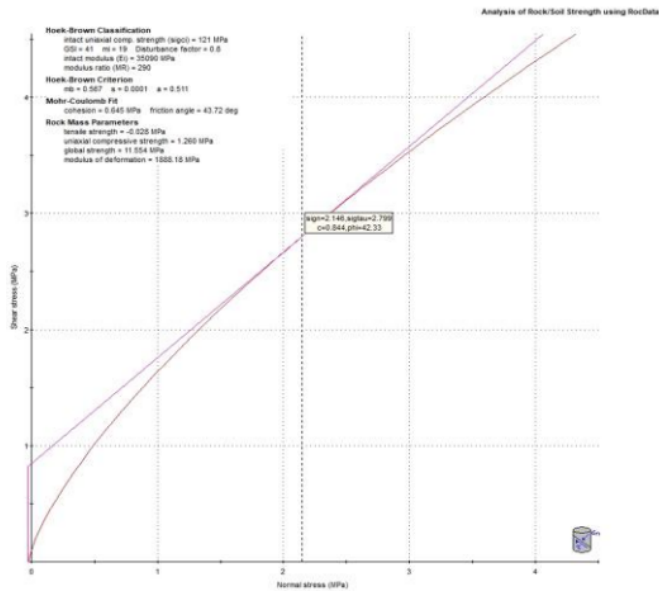
Figura N°8.- Roseta de discontinuidades: nivel 4980





ANEXO 4

Rocdata v.3.0 Rocscience



Hoek-Brown Classification

sigci	121 MPa
GSI	41
mi	19
D	0.8
EI	35090
MR	290

Hoek-Brown Criterion

mb	0.56696
s	0.00013112
a	0.510622

Failure Envelope Range

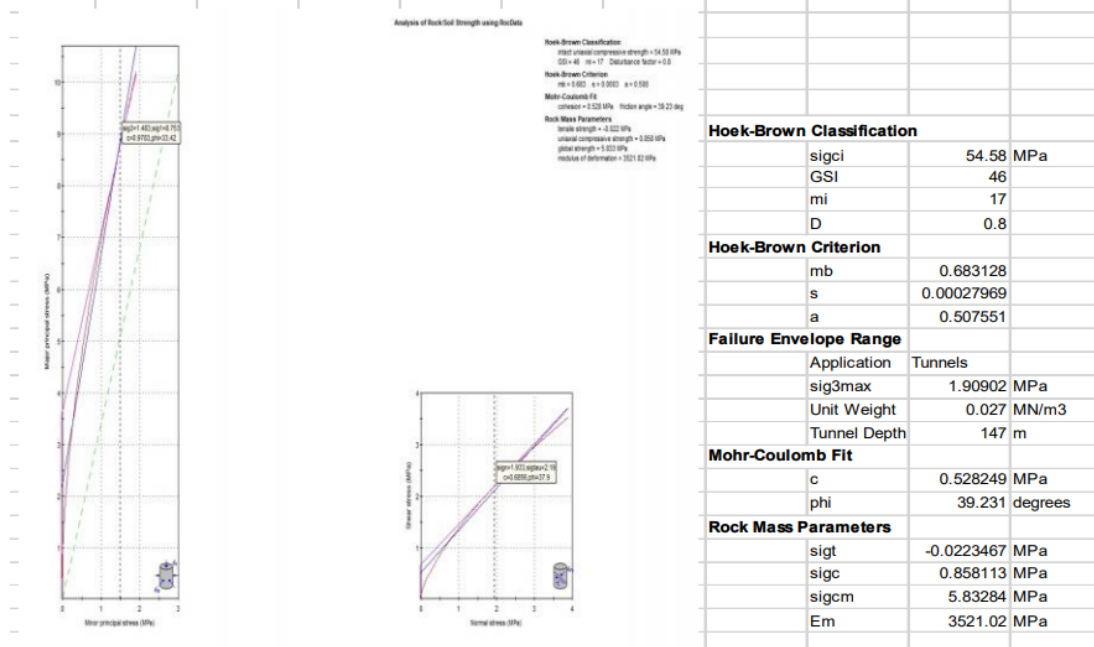
Application	Tunnels
sig3max	1.9972 MPa
Unit Weight	0.027 MN/m3
Tunnel Depth	147.65 m

Mohr-Coulomb Fit

c	0.645407 MPa
phi	43.7177 degrees

Rock Mass Parameters

sigt	-0.0279836 MPa
sigc	1.26004 MPa
sigcm	11.5536 MPa
Em	1888.18 MPa



Hoek-Brown Classification

sigci	54.58 MPa
GSI	46
mi	17
D	0.8

Hoek-Brown Criterion

mb	0.683128
s	0.00027969
a	0.507551

Failure Envelope Range

Application	Tunnels
sig3max	1.90902 MPa
Unit Weight	0.027 MN/m3
Tunnel Depth	147 m

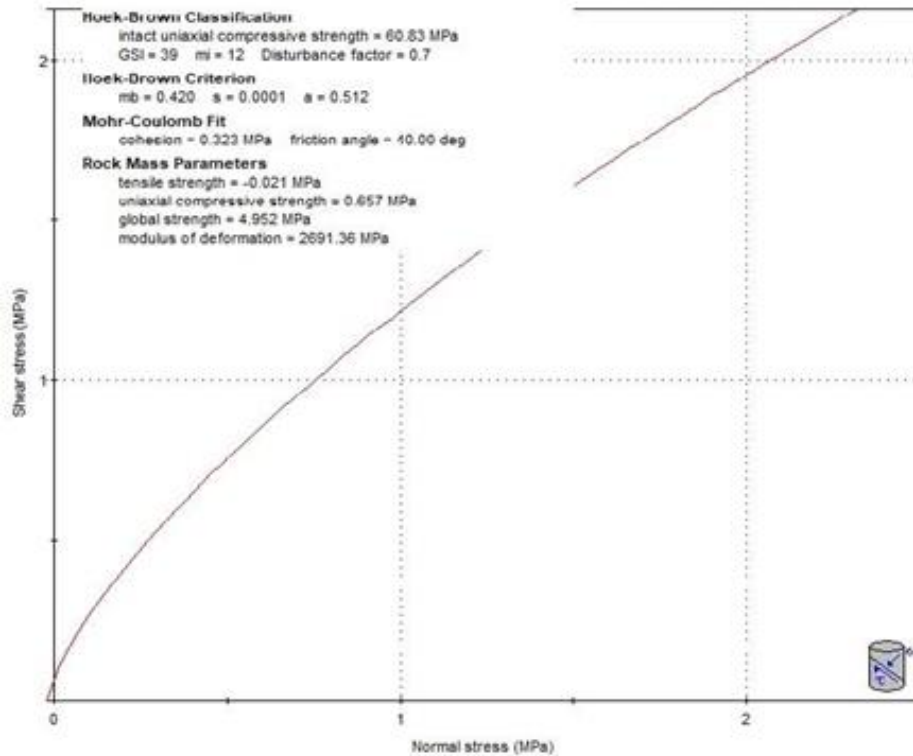
Mohr-Coulomb Fit

c	0.528249 MPa
phi	39.231 degrees

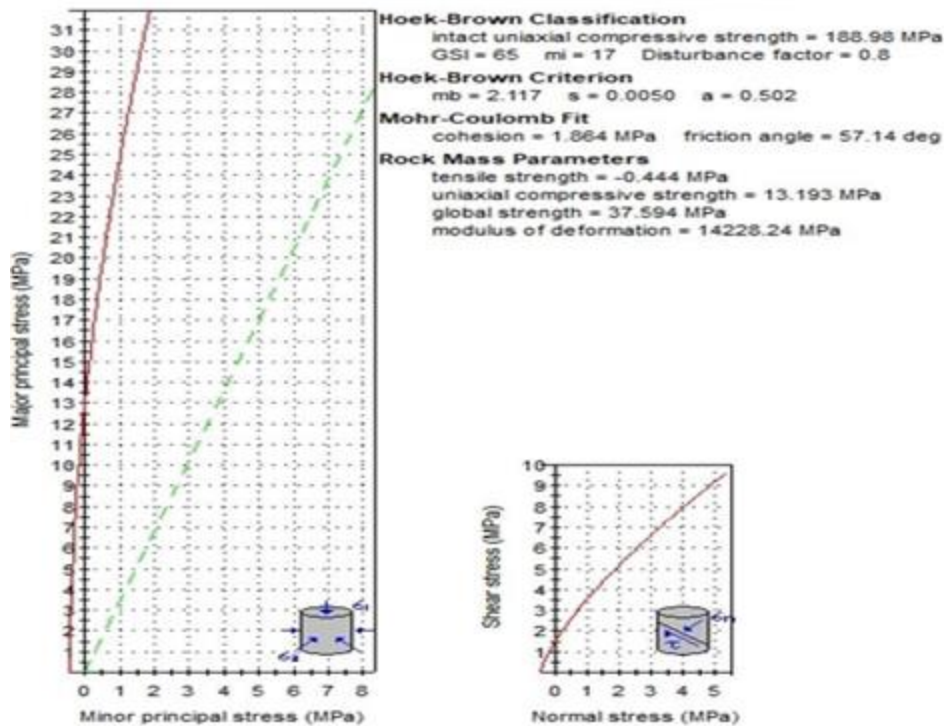
Rock Mass Parameters

sigt	-0.0223467 MPa
sigc	0.858113 MPa
sigcm	5.83284 MPa
Em	3521.02 MPa

Analysis of Rock/Soil Strength using RocData



Analysis of Rock/Soil Strength using RocData





ANEXO 6

Análisis de Estabilidad

software Unwegde v.3.0 Rocscience

1.1 Análisis de estabilidad física nivel 4890

Análisis de estabilidad de labores paralelas a la estructura mineralizada

Figura N°1.- Galerías

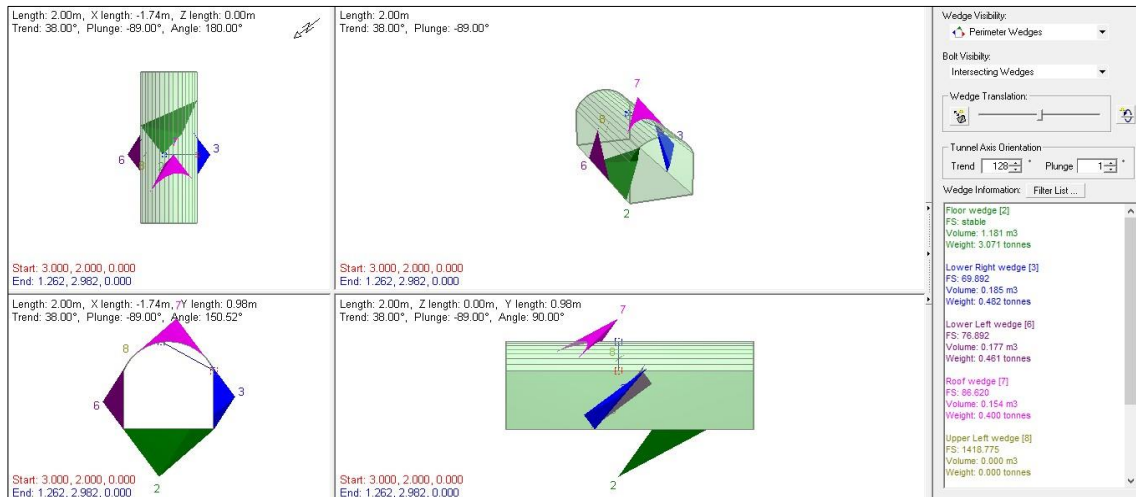
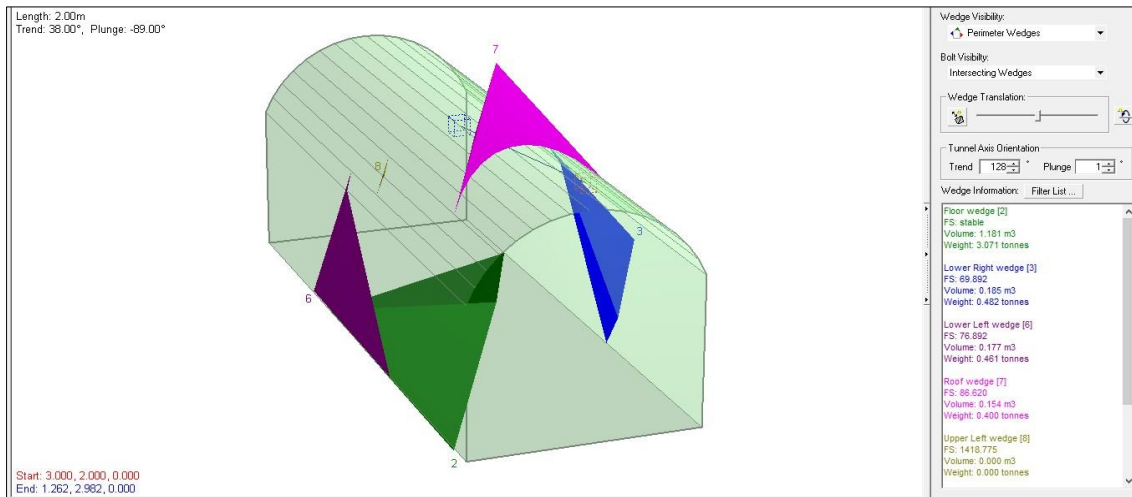


Figura N°2.- Galerías y by-pass, Nv. 4890



A lo largo de la labor analizada se observa la formación de cuñas sobre la corona, la cual se mantendrá estable (FS>1.5), el análisis de estabilidad de la cuña se realizó bajo condiciones seudoestáticas.

1.2.2 Análisis de estabilidad de labores perpendiculares a la estructura mineralizada

Figura N°7.- Ventanas y cruceros, Nv.4980, vista general

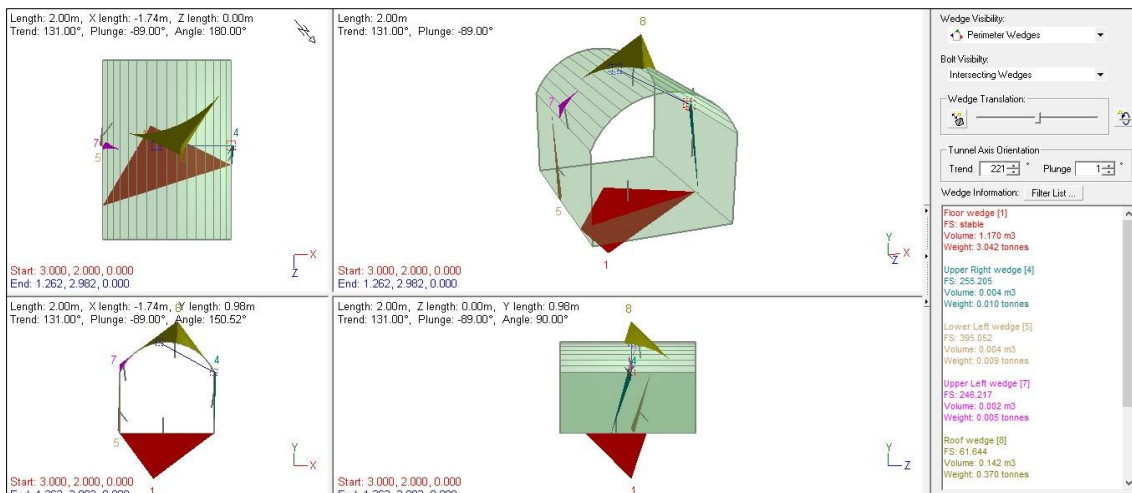
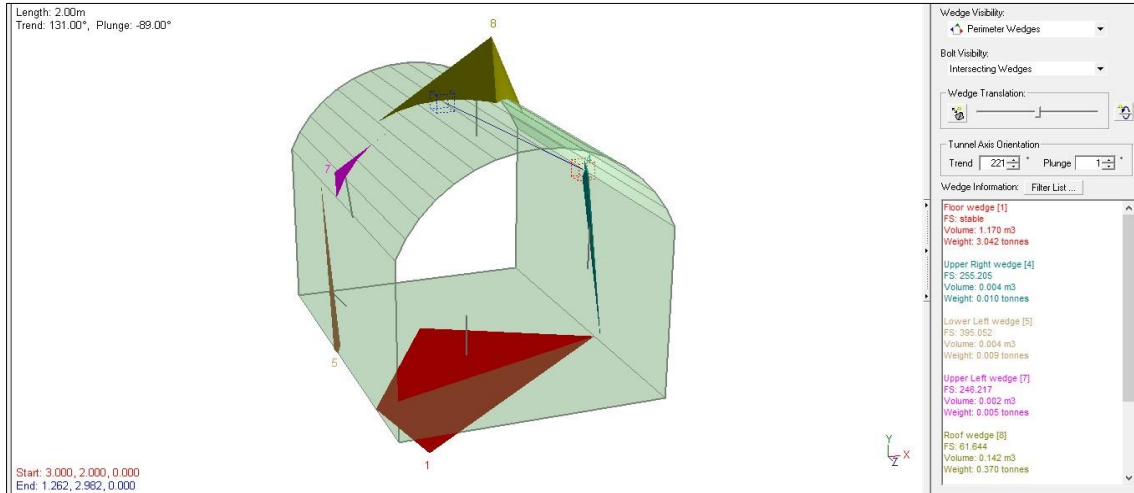


Figura N°8.- Ventanas y cruceros, Nv.4980, vista isométrica



A lo largo de la labor analizada se observa la formación de cuñas sobre la corona, la cual posee posibilidad de falla, el análisis de estabilidad de la cuña se realizó bajo condiciones pseudoestáticas.

Como medida de control se aplicará la instalación de pernos de anclaje de acuerdo a las condiciones exactas que se encuentren.

1.6 Análisis de estabilidad física nivel 4890

1.6.2 Análisis de estabilidad de labores perpendiculares a la estructura mineralizada

Figura N°21.- Ventanas y cruceros, Nv.4890, vista general

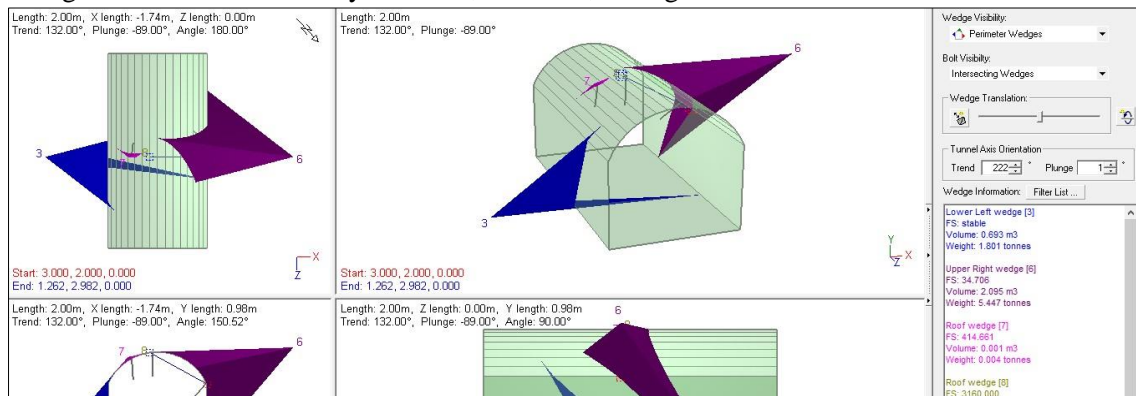
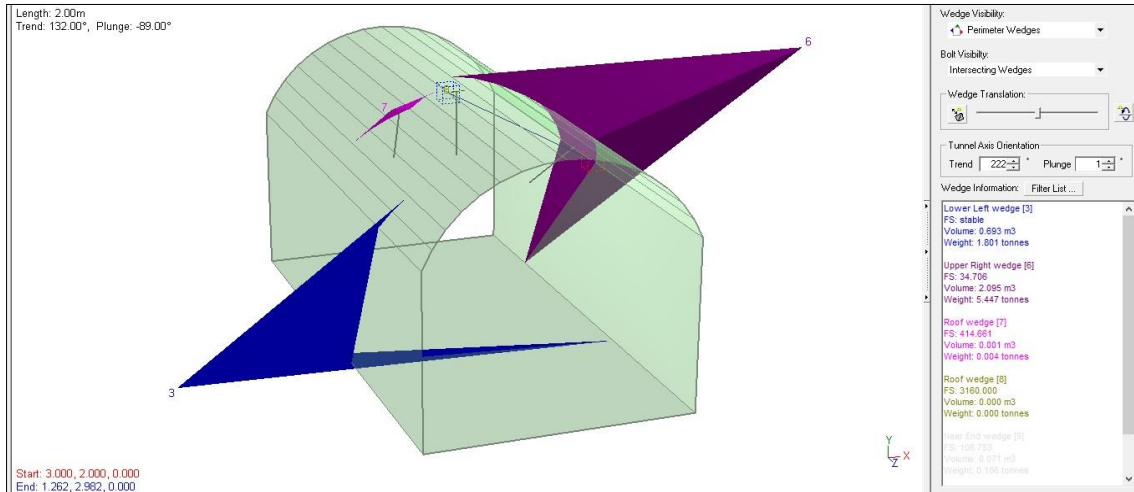


Figura N°22.- Ventanas y cruceros, Nv.4890, vista isométrica



A lo largo de la labor analizada se observa la formación de cuñas sobre la corona-hastial derecho, la cual se mantendrá estable (FS>1.5), el análisis de estabilidad de la cuña se realizó bajo condiciones pseudoestáticas.

Análisis de estabilidad física nivel 4980

Análisis de estabilidad de labores paralelas a la estructura mineralizada

Figura N°13.- Galerías y by-pass, Nv.4920, vista general

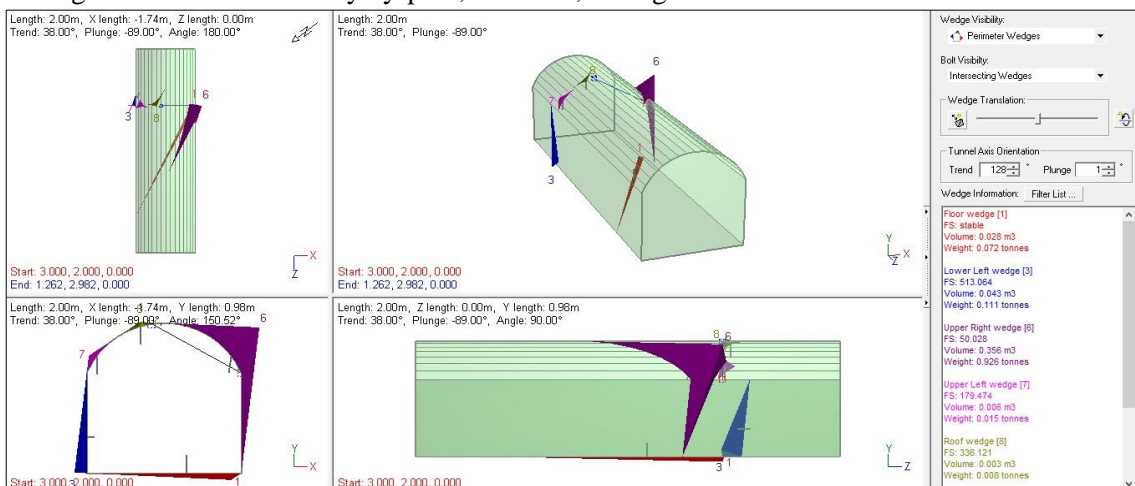
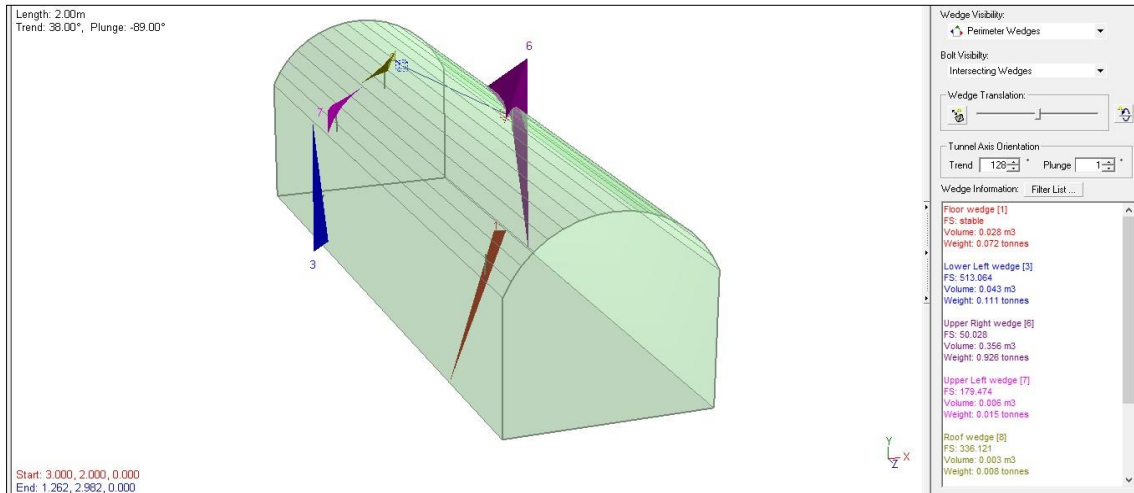


Figura N°14.- Galerías y by-pass, Nv.4920, vista isométrica



A lo largo de la labor analizada se observa la formación de cuñas sobre la corona-hastial derecho, la cual se mantendrá estable (FS>1.5), el análisis de estabilidad de la cuña se realizó bajo condiciones seudoestáticas.

Análisis de estabilidad física 4890

Análisis de estabilidad de labores paralelas a la estructura mineralizada

Figura N°17.- Galerías, 4890, vista general

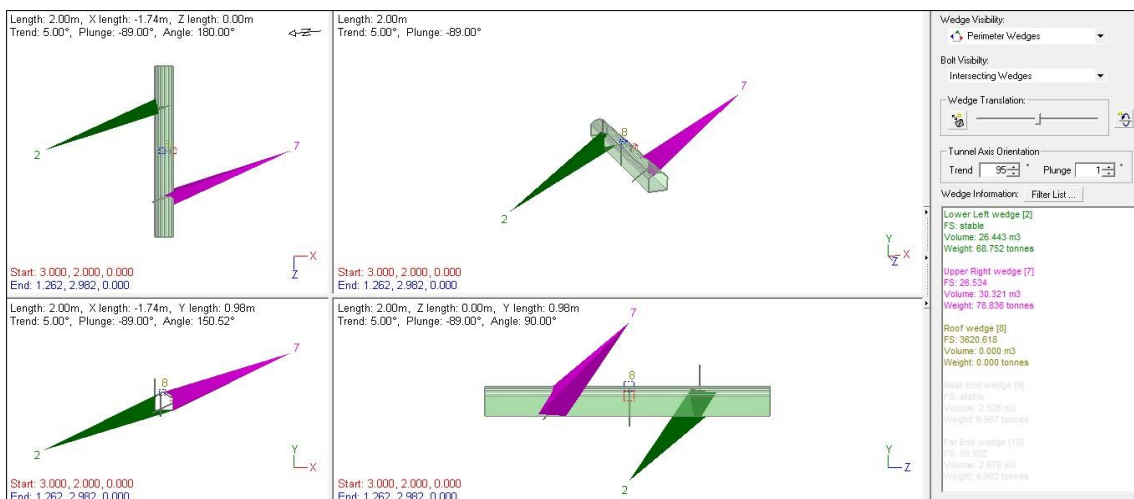
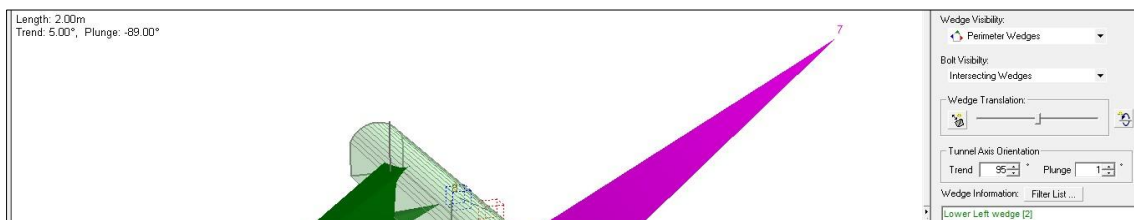


Figura N°18.- Galerías 4890, vista isométrica



A lo largo de la labor analizada se observa la formación de cuñas sobre la corona-hastial derecho, la cual se mantendrá estable ($FS > 1.5$), el análisis de estabilidad de la cuña se realizó bajo condiciones seudoestáticas.

Análisis de estabilidad física nivel 4980

Análisis de estabilidad de labores perpendiculares a la estructura mineralizada

Figura N°11.- Ventanas y cruces, Nv.4980, vista general

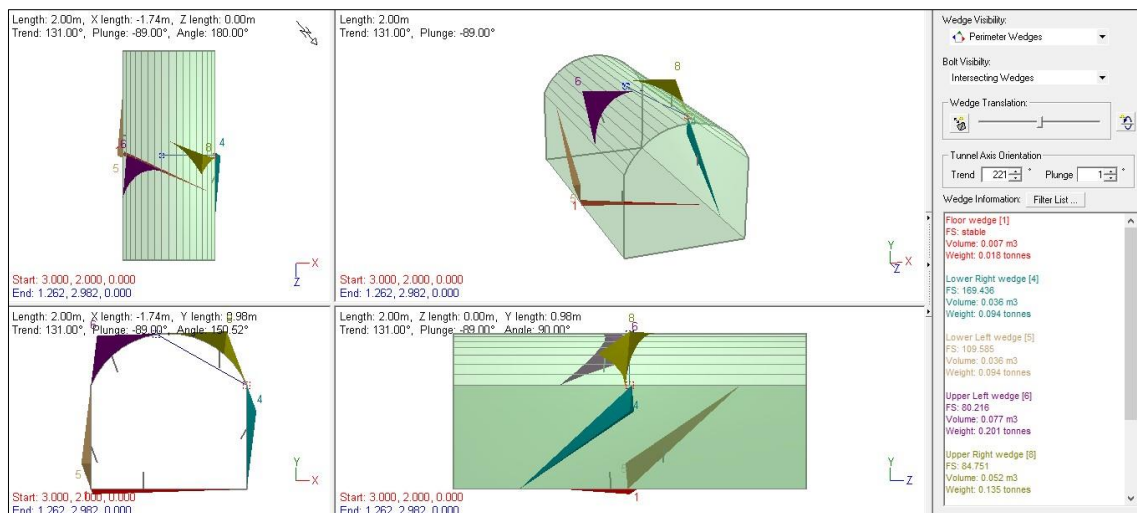
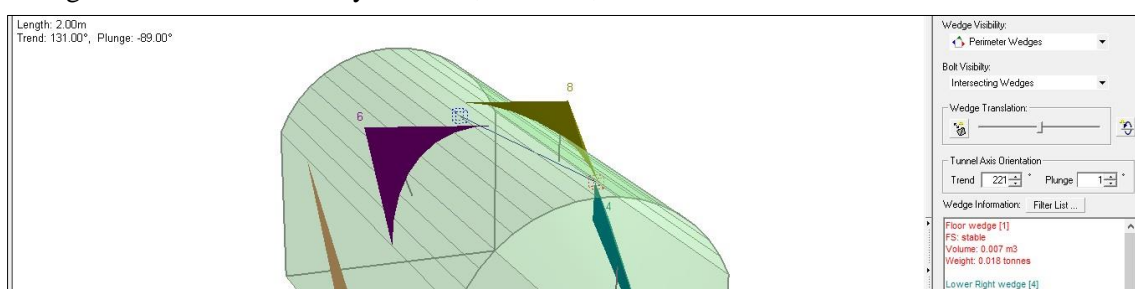


Figura N°12.- Ventanas y cruces, Nv.4980, vista isométrica





A lo largo de la labor analizada se observa la formación de cuñas sobre la corona-hastial derecho y corona-hastial izquierdo, las cuales poseen posibilidad de falla, el análisis de estabilidad de la cuña se realizó bajo condiciones pseudoestáticas.

Como medida de control se aplicará la instalación de pernos de anclaje de acuerdo a las condiciones exactas que se encuentren.

ANEXO 7

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1. Se muestra en el techo cuña de manera favorable para la estabilidad de la excavación al minado.



Foto 2. Se muestra sistema de cuñas con probabilidad de caer debido a las cargas gravitacionales.



Foto 3. Se muestra cuñas en el techo como se observa de manera estable en la excavación subterránea.



Foto 4. fotografía panorámica con el equipo de trabajo.