

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Evaluación geomecánica para controlar la estabilidad del acceso principal ubicado entre dos cuerpos mineralizados en minas polimetálicas

Para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo

Elaborado por

Cesar Eugenio Garcia Aquino

 [0009-0002-8365-006X](https://orcid.org/0009-0002-8365-006X)

Asesora

MSc. Graciela Gonzales Pacheco

 [0009-0001-1108-5199](https://orcid.org/0009-0001-1108-5199)

LIMA – PERÚ

2024

Citar/How to cite	Garcia Aquino [1]
Referencia/Reference	[1] C. Garcia Aquino, " <i>Evaluación geomecánica para controlar la estabilidad del acceso principal ubicado entre dos cuerpos mineralizados en minas polimetálicas</i> " [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Garcia, 2024)
Referencia/Reference	Garcia, C. (2024). <i>Evaluación geomecánica para controlar la estabilidad del acceso principal ubicado entre dos cuerpos mineralizados en minas polimetálicas</i> . [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Dedico este trabajo con mucho cariño:

A ti Dios por brindarme salud, una familia maravillosa y vida para así seguir adelante en mi formación académica y lograr mis objetivos propuestos.

A mis hijos y esposa: Pablo, Josef y Verónica por estar conmigo en todo momento y estar apoyándome siempre.

A mis amados padres Eugenio Garcia y Fortunata Aquino, por haber confiado en mí y por su apoyo incondicional a lo largo de todas las etapas de mi proceso educativo.

A mis profesores y amigos, por confiar en mí y brindarme sus conocimientos y experiencias y a todas las personas que de alguna u otra forma me ofrecieron su amistad, colaboración y ayuda para la finalización de mis estudios superiores

Agradecimientos

A Dios por permitirme acceder a una carrera profesional, dándome fuerza y sabiduría para poder finalizar con éxito mis estudios.

Expreso mi más profundo agradecimiento al Ing. Aquiles Vivar Montañés por brindarme sus conocimientos y confianza durante el inicio de mi carrera profesional, Ing. Isaac Cuba Vivanco por generar en mi confianza y desarrollo en mi avance a nivel profesional.

A un gran amigo y compañero el Ing. Iván Cáceres Cuadros por brindarme sus conocimientos y amistad desinteresadamente desde el inicio de mi carrera profesional, siendo un ejemplo ético y profesional.

A toda mi familia, amigos y compañeros me han brindado su apoyo moral y que han colaborado de manera activa con pautas que han sido trascendentales en la realización de este proyecto.

Resumen

Se ha realizado la evaluación geomecánica del acceso principal (Bypass 745), ubicado entre dos cuerpos mineralizados (Ore body 5 y Ore body 5B) de la mina Cerro Lindo, Chíncha, con el objetivo de recomendar el sostenimiento óptimo que controle la estabilidad del acceso principal (Bypass 745), debido al registro constante de inestabilidad del macizo rocoso con evidencias de daño al sostenimiento y riesgo de desprendimiento del shotcrete con roca.

La metodología es de corte cuantitativo porque es un problema medible, se ha utilizado ábacos, cuadros y gráficos para el análisis de los resultados. La información geomecánica, se ha obtenido de los mapeos estructural mediante estaciones geomecánicas de las labores subterráneas.

Se realizó la caracterización y zonificación geomecánica del macizo rocoso, la determinación de la calidad de la roca a través de clasificaciones geomecánicas: RMR de Bieniawski (1989), Q de Barton (1974), GSI (Hoek, Marinos 2000) y el diseño de la fortificación, también se definió el comportamiento de los esfuerzos inducidos.

El análisis numérico y empírico indica perturbación del macizo rocoso debido a la influencia de los esfuerzos inducidos, haciéndose más crítica la estabilidad del Bypass a medida que el minado del OB5 y OB5A avanza acercándose al Bypass, siendo potencialmente inestable.

Palabras clave — Clasificación geomecánica, resistencia a la comprensión simple, RMR de Bienawski (1989), diseño de fortificación.

Abstract

The geomechanical evaluation of the main access (Bypass 745), located between two mineralized bodies (Ore body 5 and Ore body 5B) of the Cerro Lindo mine, Chinchá, has been carried out with the objective of recommending the optimal support that controls the stability of the main access (Bypass 745), due to the constant record of instability of the rock mass with evidence of damage to the support and risk of detachment of the shotcrete with rock.

The methodology is quantitative because it is a measurable problem; abacuses, tables and graphs have been used to analyze the results. The geomechanical information has been obtained from structural mapping using geomechanical stations of underground workings. The characterization and geomechanical zoning of the rock mass was carried out, the determination of the quality of the rock through geomechanical classifications: RMR of Bieniawski (1989), Q of Barton (1974), GSI (Hoek, Marinos 2000) and the design of the fortification, the behavior of the induced efforts was also defined.

From numerical and empirical analysis, it indicates disturbance of the rock mass due to the influence of induced stresses, with the stability of the Bay pass becoming more critical as the mining of OB5 and OB5A progresses closer to the Bay pass, being potentially unstable.

Keywords — Geomechanical classification, resistance to simple understanding, Bienawski's RMR (1989), fortification design.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xiv
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Planteamiento del problema de investigación.....	1
1.3 Justificación de la investigación.....	2
1.4 Objetivo general	4
1.5 Antecedentes investigativos	4
1.5.1 Antecedentes internacionales.....	4
1.5.2 Antecedentes nacionales	6
1.6 Hipótesis general.....	7
1.7 Metodología del estudio	7
1.8 Ubicación y accesibilidad.....	8
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	11
2.1 Marco teórico.....	11
2.1.1 Caracterización geotécnica	11
2.1.2 Clasificación geomecánica del macizo rocoso (RQD, RMR, Q y GSI)	16
2.1.3 Sostenimiento a partir del índice Q de Barton (1974)	35
2.2 Marco conceptual	37
2.2.1 Método empírico Span Design	37
2.2.2 Método Análisis de Estabilidad estructuralmente controlada (Unwedge v3.0)	39
2.2.3 Métodos numéricos Elementos finitos (PHASE2).....	40
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación	41
3.1 Geología regional	41
3.2 Geología local	42

3.2.1	Estratigrafía	43
3.3	Investigaciones de campo y laboratorio.....	48
3.3.1	Mapeo geomecánico por celdas (Estación Geomecánica)	49
3.3.2	Muestreo y ensayos de laboratorio de mecánica de rocas	50
3.4	Caracterización geotécnica del macizo rocoso	50
3.4.1	Litología.....	51
3.4.2	Alteración	52
3.4.3	Condiciones estructurales	53
3.4.4	Agua subterránea.....	60
3.4.5	Resistencia de la roca intacta.....	61
3.4.6	Resistencia de las discontinuidades	63
3.4.7	Clasificación del macizo rocoso (RMR89, Q, índice RQD).....	63
3.5	Parámetros de resistencia para cada dominio geomecánico	67
3.6	Esfuerzos in-situ.....	70
Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados		73
4.1	Análisis de estabilidad del Bypass 745.....	73
4.2	Evaluación de la distribución de esfuerzos en el Bypass 745 durante el minado del OB5 y OB5B (Elementos finitos - Phase2).....	75
4.3	Evaluación de sectores críticos (factores de resistencia SF) durante el minado del OB5 y OB5B alrededor del Bypass 745.	80
4.4	Diseño de sostenimiento Q de Barton para el Bypass 745	85
4.5	Evaluación analítica (Análisis de cuña).....	88
4.6	Evaluación numérica del sostenimiento (Phase2).	91
Conclusiones		99
Recomendaciones		102
Referencias bibliográficas		103
Anexos		106

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 : Caracterizaciones epistemológicas	8
Tabla 2 : Estimación en campo de resistencia a la compresión simple de rocas.....	20
Tabla 3 : Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta.....	21
Tabla 4 : RQD.....	21
Tabla 5 : Espaciamiento de las discontinuidades.....	21
Tabla 6 : Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso	23
Tabla 7 : Condición de las discontinuidades	23
Tabla 8 : Condición de las aguas subterráneas	24
Tabla 9 : Corrección por orientación de las discontinuidades en el macizo rocoso	25
Tabla 10: Calidad del macizo rocoso en función al índice RMR (1989).....	26
Tabla 11: Descripción y valoración del Índice de calidad de la Roca (RQD)	27
Tabla 12: Descripción y valoración del índice de diaclasamiento (Jn).....	28
Tabla 13: Valoración del índice de rugosidad de las discontinuidades (Jr).....	29
Tabla 14: Descripción y valoración del índice de alteración (Ja).....	30
Tabla 15: Descripción y valoración del factor por presencia de agua (Jw)	31
Tabla 16: Descripción y valoración del factor de reducción por tensiones (SRF)	32
Tabla 17: Calidad de la roca en función al índice Q de Barton (1974).....	33
Tabla 18: Valores del ESR (Excavation Support Ratio).....	35
Tabla 19: Energía de absorción basada en pruebas a paneles (NB, 2011).....	37
Tabla 20: Distribución de estaciones por zonas y niveles	49
Tabla 21: Relación de ensayos ejecutados en el laboratorio de mecánica de rocas	50
Tabla 22: Resultados de los ensayos de compresión uniaxial	61
Tabla 23: Resultados de los ensayos de carga puntual	62
Tabla 24: Resultados de los ensayos de tracción indirecta.....	62
Tabla 25: Resultados de los ensayos de compresión triaxial	62
Tabla 26: Resultados de los ensayos de las propiedades físicas.....	63

Tabla 27: Resultados de los ensayos de corte directo en discontinuidades	63
Tabla 28: Criterio para la clasificación de la masa rocosa.....	64
Tabla 29: Clasificación de la masa rocosa – litología – Bypass 745.....	66
Tabla 30: Clasificación de la masa rocosa – calidad de roca – Bypass 745.....	67
Tabla 31: Variabilidad de la clasificación geomecánica RMR – GSI – Bypass 745	68
Tabla 32: Propiedades de resistencia del macizo rocoso – Bypass 745	69
Tabla 33: Magnitud de los esfuerzos In-situ – Bypass 745	71
Tabla 34: Estados de estabilidad en función del tipo de roca – Bypass 745	75
Tabla 35: Sostenimiento recomendado en función del tipo de roca – Bypass 745	87

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 : Plano del By pass 745 NV-1710	3
Figura 2 : Sección del By pass 745 NV 1710 luego del desate mecanizado	4
Figura 3 : Plano de la ruta de ubicación de la mina Cerro Lindo	9
Figura 4 : Plano de ubicación de la mina Cerro Lindo	10
Figura 5 : Relación de la constante de esfuerzos (K) en función de la profundidad	15
Figura 6 : Acción de los esfuerzos inducidos en una excavación	16
Figura 7 : Proceso comúnmente usado para evaluar el valor del RQD de un testigo	18
Figura 8 : Relación entre espaciamento de discontinuidad y RQD	19
Figura 9 : Condición de avance desfavorable a la excavación	24
Figura 10: Condición de avance favorable a la excavación	25
Figura 11: Índice de resistencia geológica (Hoek, Marinos 2000)	34
Figura 12: Sostenimientos según el índice Q de Barton (1974)	36
Figura 13: Categorías de sostenimiento según la clasificación geomecánica Q	36
Figura 14: Definición de span (abertura crítica, luz o ancho), (Pakalnis, 1993)	37
Figura 15: Curva de diseño de excavaciones (Pakalnis, 2002)	38
Figura 16: Análisis de cuñas con el software Unwedge v3.0	39
Figura 17: Modelamiento numérico con el software PHASE2	40
Figura 18: Geología regional – mina Cerro Lindo	42
Figura 19: Geología local – mina Cerro Lindo	43
Figura 20: Columna estratigráfica local – mina Cerro Lindo	48
Figura 21: Esquema de sección transversal del sulfuro masivo en Cerro Lindo	53
Figura 22: Contexto estructural de la mina Cerro Lindo	55
Figura 23: Familias principales de discontinuidades – SPP-SPB	57
Figura 24: Familias principales de discontinuidades – volcánico	58
Figura 25: Familias principales de discontinuidades – dique	58
Figura 26: Orientación de los sistemas de discontinuidades – SPP-SPB	59

Figura 27: Orientación de los sistemas de discontinuidades – volcánico	59
Figura 28: Orientación de los sistemas de discontinuidades – Dique.....	60
Figura 29: Análisis estadístico de los valores del RMR – By pass principal 745.....	64
Figura 30: Histograma de distribución de valores RMR para el By pass principal 745	66
Figura 31: Guía para estimar el factor de disturbancia o alteración “D” en túneles	69
Figura 32: Mapa mundial de esfuerzos mostrando la zona de interés - WSM.....	71
Figura 33: Orientación de los esfuerzos principales – WSM	722
Figura 34: Evaluación de la estabilidad de las excavaciones – roca tipo IIIA	73
Figura 35: Evaluación de la estabilidad de las excavaciones – roca tipo IIIB	74
Figura 36: Evaluación de la estabilidad de las excavaciones – roca tipo IVA.....	74
Figura 37: Plano del Nv 1650 mostrando los ejes de las secciones S-1 y S-2	75
Figura 38: Influencia del esfuerzo inducido σ_1 en el NV 1640 – 1680 (S-1)	76
Figura 39: Influencia del esfuerzo inducido σ_1 en el NV1650 – 1680 (S-1)	77
Figura 40: Influencia del esfuerzo inducido σ_1 en el NV1680 – 1740 (S-1)	77
Figura 41: Influencia del esfuerzo inducido σ_1 en el NV1650 – 1710 (S-1)	78
Figura 42: Influencia del esfuerzo inducido σ_1 (separación 11m al Bypass 745)	78
Figura 43: Influencia del esfuerzo inducido σ_1 en el NV1650 – 1680 (S-2)	79
Figura 44: Influencia del esfuerzo inducido σ_1 en el NV1680 – 1740 (S-2)	79
Figura 45: Influencia del esfuerzo inducido σ_1 en el NV1710 – 1740 (S-2)	80
Figura 46: Análisis de los factores de resistencia (SF) en el NV1640 – 1680 (S-1).....	81
Figura 47: Análisis de los factores de resistencia (SF) en el NV1650 – 1680 (S-1).....	81
Figura 48: Análisis de los factores de resistencia (SF) en el NV1680 – 1740 (S-1).....	82
Figura 49: Análisis de los factores de resistencia (SF) en el NV1650 – 1710 (S-1).....	82
Figura 50: Análisis de los factores de resistencia (SF) (cercano al Bypass 745) (S-1).....	83
Figura 51: Análisis de los factores de resistencia (SF) en el NV1650 – 1680 (S-2).....	84
Figura 52: Análisis de los factores de resistencia (SF) en el NV1680 – 1740 (S.2)	84
Figura 53: Análisis de los factores de resistencia (SF) en el NV1710 – 1740 (S-2).....	85
Figura 54: Sostenimiento estimado en base al índice Q – roca tipo IIIA.....	86

Figura 55: Sostenimiento estimado en base al índice Q – roca tipo IIIB.....	86
Figura 56: Sostenimiento estimado en base al índice Q – roca tipo IVA	87
Figura 57: Análisis de estabilidad de cuñas en los sulfuros sección 5.5 m x 5.0 m	89
Figura 58: Análisis de estabilidad de cuñas en los volcánicos sección 5.5 m x 5.0 m	90
Figura 59: Análisis de estabilidad de cuñas en los diques sección 5.5 m x 5.0 m	91
Figura 60: Modelos sin sostenimiento y con sostenimiento – rocas de tipo IIIA	93
Figura 61: Propiedades de los elementos de sostenimiento – rocas de tipo IIIA	93
Figura 62: Diagrama de momentos y fuerza cortante – rocas de tipo IIIA	94
Figura 63: Modelos sin sostenimiento y con sostenimiento – rocas de tipo IIIB	94
Figura 64: Propiedades de los elementos de sostenimiento – rocas de tipo IIIB.....	95
Figura 65: Diagrama de momentos y fuerza cortante – rocas de tipo IIIB	95
Figura 66: Modelos sin sostenimiento y con sostenimiento – rocas de tipo IVA.....	96
Figura 67: Propiedades de los elementos de sostenimiento – rocas de tipo IVA.....	96
Figura 68: Diagrama de momentos y fuerza cortante– rocas de tipo IVA.....	97
Figura 69: Propiedades de los elementos de sostenimiento – rocas de tipo IVA-IVB.....	97
Figura 70: Diagrama de momentos y fuerza cortante – rocas de tipo IVA-IVB.....	98

Introducción

En la actualidad la geomecánica cumple un rol muy importante en la ingeniería minera, no hay unidad minera en la que no se utiliza tal ciencia. Las unidades mineras necesitan llevar un control geomecánico de la estabilidad del macizo rocoso en sus labores de explotación, extracción y vías principales, tal es el caso de un acceso principales ubicado entre dos cuerpos mineralizados (pilar central), que a medida que se acerque la explotación al acceso principal, la estabilidad del macizo rocoso se ve afectada, debido a la influencia de esfuerzos inducidos.

El presente trabajo se enfoca principalmente en definir el sostenimiento adecuado y correcto que nos garantice la estabilidad del acceso principal durante el minado de ambos cuerpos mineralizados, este estudio cuenta con cuatro capítulos:

El capítulo I, muestra el planteamiento del problema y justificación de la investigación, objetivos e hipótesis generales, revisión de los antecedentes referente al trabajo de evaluación y la metodología de estudio.

El capítulo II, constituye el marco teórico referido a la caracterización geotécnica y, clasificación geomecánica (RQD, RMR y Q) y marco conceptual, explica los métodos empíricos, analítico y numéricos que involucran en la evaluación.

El capítulo III, se enfoca en el desarrollo del trabajo de investigación relacionados a toma de datos en el campo (mapeos geomecánicos) y resultados de las propiedades físicas y mecánicas de la roca (ensayos de laboratorio).

El capítulo IV, referido al análisis y discusión de los resultados de la investigación con la finalidad de alcanzar el objetivo, se agrega las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

Los Bypass 745 constituyen labores principales ubicadas en los Niveles 1650, 1680, 1710 y 1740, se ubican entre los cuerpos OB5 y OB5B; por el tipo de minado que se viene realizando en los cuerpos OB5 y OB5B, se exponen grandes cavidades que posteriormente son rellenas con material cementado, pero este mecanismo crea perturbación a la masa rocosa circundante.

La inestabilidad observada en el Bypass 745 es reflejo de la afectación al sostenimiento instalado en dicha labor y se presume que es a consecuencia del minado, en tal sentido en el presente trabajo de investigación se evalúa el sostenimiento que debe aplicarse para asegurar la estabilidad del Bypass 745 a largo plazo.

1.2 Planteamiento del problema de investigación

Actualmente, la ocurrencia de accidentes e incidentes en mina se debe al desprendimiento de rocas, por ello se considera a la industria minera como una actividad de alto riesgo que el hombre realiza. Según las estadísticas, aproximadamente el 20% de accidentes mortales ocurridos en el año 2023 son por desprendimiento de rocas según MINEM (2023).

En el proceso de explotación de los cuerpos mineralizados (OB5 y OB5B), se registra una constante inestabilidad del acceso principal (Bypass 745) con evidencias de agrietamiento del shotcrete aplicado y fallas en el sostenimiento, con riesgo de desprendimiento del sostenimiento actualmente aplicado, generando un alto riesgo durante el tránsito del personal y equipos.

Por otra parte, los constantes trabajos del desate mecanizado del sostenimiento deteriorado y su inmediato reforzamiento, retrasa el ciclo de extracción del mineral y por ende ocasiona una sobre excavación en el acceso principal, incrementando un costo adicional por el sostenimiento aplicado.

La cercanía de la explotación al Bypass principal y a la posibilidad de inestabilidad del sostenimiento aplicado del acceso principal, ocasiona que luego de efectuarse la voladura de explotación, se realiza una inspección para verificar la estabilidad del acceso y se pueda continuar con el ciclo del minado. Los problemas de inestabilidad durante el proceso de explotación generan una incertidumbre en el acceso principal con riesgo de que colapse y se pierda tramos del acceso y se tenga que realizar accesos nuevos para continuar con la explotación de los cuerpos mineralizados.

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, se desprende la siguiente pregunta de investigación.

¿En qué medida la inestabilidad del acceso principal ubicado entre dos cuerpos mineralizado afecta el proceso de explotación del mineral?

1.3 Justificación de la investigación

Compañía NEXA RESOURCES S.A. es una empresa dedicada a la actividad minera que opera la Unidad Minera Cerro Lindo, yacimiento polimetálico, que produce concentrados de zinc, plomo y cobre con contenidos de plata, utilizando el método de tajeos por subniveles (Sub Level Stopping), con el empleo de relleno en pasta cementado.

Los Bypasses 745 de los NV-1740, NV-1710, NV-1680 y NV-1650 tienen una sección de 5.0 m x 4.5 m (ancho x altura) y longitudes aproximadas de 350 m, estas labores están ubicadas entre los cuerpos OB5 y OB5B, en proceso de explotación y que forman un pilar central. Durante el avance del minado de ambos cuerpos entre los Niveles 1650 al 1680 el pilar central está siendo perturbado, observándose signos de inestabilidad en las labores (Bypass 745), viéndose agrietamientos y desprendimiento del Shotcrete con presencia de roca.

Dentro de los planes de minado de Cerro Lindo, esta continuar con la explotación de los cuerpos OB5 y OB5B, por lo cual se tiene que mantener la estabilidad del Bypass 745 en los diferentes niveles de la mina debido a que este es un acceso principal para la extracción del mineral y tránsito del personal.

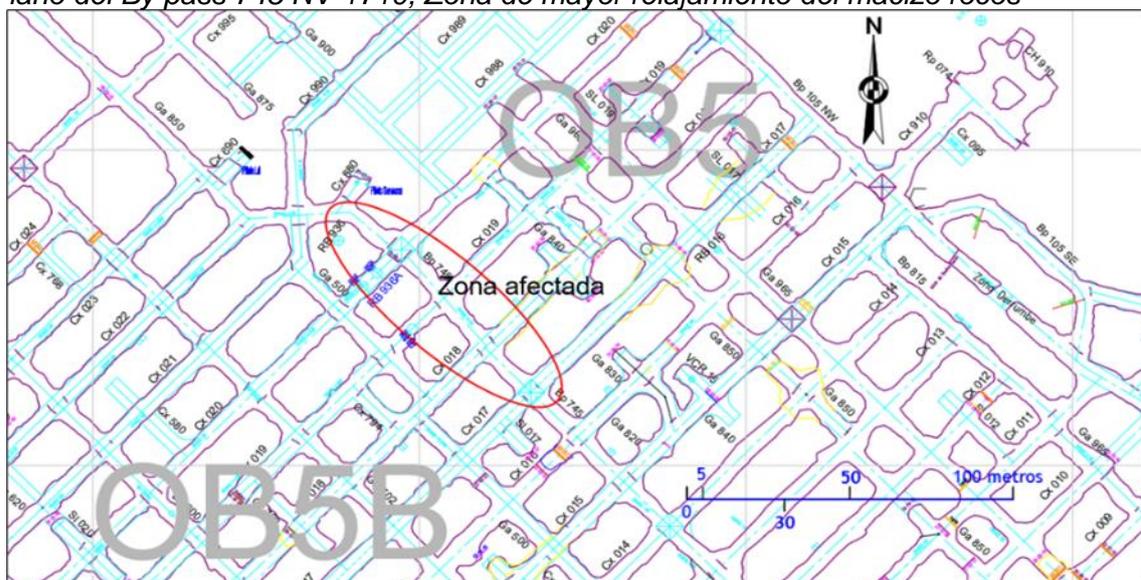
Por la ubicación del pilar central a zonas cercanas a las grandes cavidades adyacentes, se cree que la inestabilidad podría estar ocurriendo debido a los esfuerzos inducidos que se van originando y modificando a medida que el minado progresa. Para conocer la influencia de los esfuerzos inducidos en las labores, se ha realizado un análisis numérico de esfuerzo utilizando el software Phase2.

Se menciona también que en un tramo del Bypass 745 entre los cruceros CX-022 y CX-017 del NV-1710 (ver Figura 1), se ha producido un desprendimiento importante de roca que ha inhabilitado el tránsito, por ello la importancia de determinar el sostenimiento óptimo que nos garantice la estabilidad del Bypass principal en los diferentes niveles durante el minado de los cuerpos.

Durante el proceso de minado de los tajeos entre los NV-1680 al NV-1710, se registró una constante inestabilidad del macizo rocoso con evidencias de daño al sostenimiento y con riesgo de desprendimiento del Shotcrete con roca, por lo cual se ha procedido realizar con frecuencia el desate mecanizado y reforzamiento con Shotcrete, lo que ha provocado que el ancho de la labor aumente a 6.5 m, con esta nueva sección se ha incrementado la inestabilidad de la labor, por lo que el sostenimiento actual no garantiza la estabilidad del macizo rocoso a lo largo del Bypass 745. (ver Figura 2).

Figura 1

Plano del By pass 745 NV-1710, Zona de mayor relajamiento del macizo rocós



Nota: Tomado de Departamento de Geomecánica de la Mina Cerro Lindo (2016).

Figura 2

Sección del By pass 745 NV 1710 luego del desate mecanizado.



Nota: Tomado de Departamento de Geomecánica de la Mina Cerro Lindo (2016)

1.4 Objetivo general

Determinar el sostenimiento óptimo (considerando los factores influyentes y condiciones de esfuerzos inducidos durante el minado) que controle la estabilidad del acceso principal.

1.5 Antecedentes investigativos

1.5.1 Antecedentes internacionales

Caizaluisa y Criollo (2015) en el trabajo de tesis titulado “Caracterización geomecánica del macizo rocoso para el plan de cierre y liquidación de las canteras ubicadas en las parroquias de San Antonio de Pichincha (“Fucusucu III”) y de Píntag (“Esperanza”)” señalan que Fucusucu III es un domo dacítico, siendo la unidad Dacita con anfíbol y piroxeno la que aflora en mayor extensión y es el principal recurso explotable; se observó la presencia de un depósito de tipo “block and ash”, que corresponde a un domo volcánico. Las autoras indican que la caracterización geomecánica realizada por el método de Bieniawski (1989) en la cantera Fucusucu III permitió determinar que la calidad del macizo rocoso que va de clase II (buena) a clase V (muy mala), predominando la roca de

clase III (media). En tramos donde el material está altamente triturado adquirió una valoración RMR muy baja, es decir clase V (mala).

Ramos, N (2021) en el trabajo de tesis titulado “Caracterización geomecánica del macizo rocoso y diseño de las fortificaciones a emplearse en la galería “Veta La 24” y el “Subnivel Principal”, labores de la empresa minera Redgoldmin S.A. ubicadas en el sector Bella Rica, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay” sostiene que las excavaciones subterráneas se encuentran afectadas estructuralmente por la presencia de planos de discontinuidades, tales como: fallas, diaclasas, discordancias, estratificaciones, considerados desde el punto de vista geomecánico como superficies de inestabilidad, para alcanzar este objetivo, recopiló información disponible del área minera, tales como levantamientos topográficos – geológicos previos y la toma de muestras de roca para realizar el ensayo de la resistencia a la compresión uniaxial. El desarrollo de este proyecto considera todos los parámetros técnicos que conlleva el estudio tales como: Levantamiento geológico – geotécnico y mapeo estructural mediante estaciones geomecánicas de las labores subterráneas, determinación de la calidad de la roca a través de clasificaciones geomecánicas: RMR de Bieniawski (1989), Q de Barton (1974), GSI (Hoek, Marinos 2000) y el diseño de las fortificaciones, el procesamiento de los datos tomados en campo se ha realizado mediante el conocimiento y criterio del autor de este Proyecto Integrador y con la ayuda de softwares Dips, Unwedge, RocData, Phase², AutoCAD, Excel.

Velasco, M (2016) en la tesis titulada “Diseño de sostenimiento en base a la caracterización geomecánica del macizo rocoso en el sector Vetilla 1 Subniveles 1 y 2 de sociedad minera liga de oro” enfoca la necesidad de determinar el sostenimiento, de manera técnica, relacionada con métodos establecidos y aceptados internacionalmente como válidos para el fin mencionado, realiza la clasificación geomecánica del macizo rocoso según el sistema de clasificación de Bieniawski (1989), a fin de determinar el sostenimiento final que será colocado en las galerías del sector conocido como Vetilla 1, de la Sociedad Minera Liga de Oro, SOMILOR S.A. Para alcanzar este objetivo, se hace uso tanto de información de campo recopilada por el investigador autor del presente

trabajo, como de información y metodología previa existente en la empresa SOMILOR S.A., al finalizar el proyecto se obtiene una perspectiva clara sobre la estabilidad del macizo rocoso en las galerías de los subniveles 1 y 2 de Vetilla 1.

1.5.2 Antecedentes nacionales

Jiménez (2021) en la tesis titulada “Desarrollo de herramientas de diseño para la estabilidad de excavaciones en mina Orcopampa” sostiene que el diseño de sostenimiento en la minería subterránea representa un cuello de botella operacional, frente a la incertidumbre por los esfuerzos inducidos y el comportamiento geomecánico del macizo rocoso. En las diferentes literaturas existen metodologías, teóricas y analíticas, que recomiendan procedimientos de diseño para fases de minado, ya sea prefactibilidad como factibilidad operativa, carecemos de un método extendido porque cada caso conmina de un análisis focalizado de los factores de mayor incidencia en la estabilidad. La utilización de herramientas empíricas y de modelamiento numérico adoptado en el análisis de estabilidad, mediante la aplicación del software de elementos finitos en dos dimensiones Phase2, se fundamentaron en 100 casos representados mediante una galería estándar, cuyos factores geomecánicos de entrada disciernen tanto la profundidad (desde 250 hasta 750 m), relación de esfuerzos horizontales y verticales (el valor de K entre 1.5-2), calidad del macizo rocoso (mala y regular expresada en RMR), resistencia a la compresión uniaxial (desde 50 a 150 MPa) y tipos de pernos (adherencia y fricción).

Salazar (2019) en la tesis titulada “Caracterización geomecánica para evaluar el sostenimiento subterráneo de la mina Huantajalla U.P. Uchucchacua Compañía Minera Buenaventura SAA.” tuvo como objetivo identificar los diferentes parámetros geomecánicos del macizo rocoso, y por ende la estabilidad de las excavaciones asociados al minado subterráneo, estableciendo un adecuado sostenimiento que permita controlar todo el proceso de explotación de la mina en coordinación con el Departamento de Mina y el Departamento de Geomecánica. Hizo toma de datos de campo, toma de muestras y análisis geotécnico para la obtención de los parámetros y características geotécnicos de los componentes de las labores de exploración, desarrollo, preparación hasta la

explotación de la misma, como parte del plan de minado en su conjunto. Luego procedió a agrupar y clasificar los datos para obtener valores representativos para los diferentes tipos litológicos de la Unidad de producción Huantajalla. Para la descripción de la calidad del macizo rocoso se usó el sistema de clasificación geomecánica RMR de Bieniawski.

Córdova (2008) en su trabajo titulado “Geomecánica en el minado subterráneo, caso Mina Condestable” indica que el estudio geomecánico puede ser aplicado a cualquier variable aleatoria de datos geomecánicos de campo a fin de estudiar su confiabilidad. Pudiendo utilizarse durante el proceso de la toma de datos de campo, con la finalidad de mejorar el muestreo de datos. Por ejemplo, en los casos del pórfido dacítico andesítico y de los tufos se mejora la confiabilidad de los datos de campo aumentando las estaciones de mapeo geomecánico. También sugiere emplear la toma de datos de campo como criterio para establecer los factores de seguridad durante los análisis de diseño. Un programa geomecánico efectivo debe estar orientado al establecimiento de planes de minado coherentes y también a establecer los estándares de los diferentes parámetros geomecánicos relacionados con el minado. Los componentes de un programa geomecánico involucran: la caracterización del sitio, la formulación del modelo mina, los análisis de diseño, el monitoreo del rendimiento de la roca y los análisis retrospectivos. En este proceso adquiere mucha importancia la preparación de la información geomecánica básica para los análisis de diseño.

1.6 Hipótesis general

Al determinar el sostenimiento óptimo que controle la estabilidad del acceso principal, se garantiza la seguridad del personal y la explotación de los cuerpos mineralizados.

1.7 Metodología del estudio

La presente investigación es una investigación cuantitativa considerando que tiene cinco de las siete características epistemológicas de naturaleza cuantitativa (Objetivo excluyente, Comprobación, Confirmación, Reducción, Resultado, Desde afuera (al margen de los datos) y Antecedentes específicos). ver Tabla 1.

Tabla 1*Caracterizaciones epistemológicas de investigaciones cualitativas vs cuantitativas*

Características	Investigación cualitativa	Investigación cuantitativa
Percepción de la realidad	Subjetiva. Incluyente	Objetiva. Excluyente
Razonamiento	Inductivo Genera hipótesis	Deductivo Contrasta hipótesis
Finalidad	Exploración Descubrimiento Expansión	Comprobación Confirmación Reducción
Orientada	Al proceso	Al resultado
Principio de verdad	Holística Dinámica (provisoria), se construye Centrada en diferencias	Particulariza Estable (permanente), predetermina Centrada en similitudes
Perspectiva del investigador	Desde dentro (próximo a los datos)	Desde afuera (al margen de los datos).
Causalidad	Interacción de factores	Antecedentes específicos

El enfoque es cuantitativo y tiene como alcance el ser una investigación explicativa, porque en el proceso de investigación se obtiene resultados de campo, que se analizan para brindar de forma cuantitativa las alternativas de sostenimiento para garantizar la estabilidad del acceso principal.

El diseño de la presente investigación corresponde a un diseño cuasi - experimental, porque se realizan tomas de datos en el campo (mapeos geomecánicos) y se utilizan datos de laboratorio (ensayos de propiedades mecánicas y físicas del macizo rocoso).

1.8 Ubicación y accesibilidad

La Unidad Minera Cerro Lindo se ubica al Sur del Perú, a 175 km al Sureste de Lima, en la Región Ica, Provincia de Chincha, Distrito de Chavín, Zona de Huapunga, esta unidad se encuentra a una altitud de 1,820 m.s.n.m.

El acceso desde Lima es por la carretera Panamericana Sur hasta Chincha (180 km) y luego por un camino no pavimentado (60 km) desde Huamanpuquio hasta el valle del río. Este camino se bifurca a 51 km antes de llegar al sitio minero para dar acceso al distrito de Chavín (82 km).

El aeropuerto comercial más cercano es el Jorge Chávez, en Callao, aproximadamente a 300 km al noroeste. El aeropuerto más cercano al Proyecto está en Pisco, Ica, sin embargo, el aeropuerto de Pisco está restringido a uso militar y de

emergencia. La Figura 3 muestra la ruta de acceso hacia la mina y Figura 4 muestra ubicación general de la U.M. Cerro Lindo.

Figura 3

Plano de la ruta de ubicación de la Mina Cerro Lindo.



Nota: Tomado de Departamento de Geología de la Mina Cerro Lindo (2016).

Figura 4

Plano de ubicación de la Mina Cerro Lindo.



Nota: Tomado de Departamento de Geología de la Mina Cerro Lindo (2020)

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

En este acápite se definen los conceptos principales de la caracterización y clasificación geomecánica del presente trabajo de investigación y de algunas terminologías básicas usadas en geomecánica y la ingeniería geológica aplicada para obras civiles y mineras.

2.1.1 *Caracterización geotécnica*

Para caracterizar un macizo rocoso donde se pretende realizar una excavación, se requiere conocer los parámetros básicos de la roca y de las discontinuidades, así como la estructura del macizo que incluye aspectos como el número de familias de discontinuidades y las características básicas de las discontinuidades, (Ramírez, 2004).

Un objetivo de las metodologías de la caracterización de macizos rocosos es dividir un macizo rocoso en dominios de características geotécnicas similares, (Villaescusa, 2014).

Litología:

En la descripción de macizos rocosos es de vital importancia la identificación de la litología, conocer el material o materiales que constituyen el macizo, es la base de partida de toda investigación y puede condicionar en muchos casos el continuar o no los trabajos. (Ramírez – Alejano, 2004)

Discontinuidades:

Las discontinuidades siempre están presentes en la roca, afectando la resistencia, permeabilidad y durabilidad, la distribución de las discontinuidades es un aspecto importante para definir el arreglo estructural de la masa rocosa. (Duque, 2020).

El estudio de la estructura geológica y las discontinuidades es un aspecto fundamental en mecánica de rocas, los planos de debilidad preexistentes controlan los procesos de deformación y rotura en los macizos a cotas superficiales, donde se realizan la gran mayoría de las obras de ingeniería. (González, 2002).

Zonificación geomecánica de la masa rocosa:

Es el proceso de delimitación de zonas en donde la masa rocosa tiene condiciones geomecánicas similares (características estructurales y mecánicas) y por lo tanto también comportamiento similar. La zonificación geomecánica puede elaborarse manualmente y/o con software como el MINESIGHT, DATAMINE, GEMCOM, VULCAN, las cuales son particularmente útiles para zonas nuevas de un yacimiento donde la información que se dispone procede de los testigos de las perforaciones diamantinas. (SNMPE, 2004)

La zonificación geomecánica se basa en la clasificación de unidades geomecánicamente homogéneas, donde el detalle y el grado de homogeneidad dependerá de la escala, objetivo del mapa y datos disponibles. La zonificación se realizará en base a criterios litológicos, estado de meteorización, fracturación, estructurales y presencia de agua, considerando los sectores más o menos homogéneos, no siendo conveniente establecer demasiadas zonas, aunque el número y la extensión de las mismas dependerá del grado de heterogeneidad de los materiales y de las estructuras que conforman el macizo y del grado de detalle y finalidad de la investigación. (González de Vallejo, 2002).

En caso de requerirse la zonificación geomecánica de todo un nivel de una mina, será necesario abarcar un área más extensa, donde la zonificación podrá desarrollarse mediante la realización de estaciones geomecánicas distribuidas a lo largo de todo el nivel, abarcando los distintos tipos litológicos y también deberán registrarse todas las estructuras geológicas principales. (Osinermining, 2017).

Propiedades físico-mecánicas de la roca:

Las propiedades de las rocas son muy variables debido a la diversidad de estructuras y componentes, la gran variabilidad de las características y propiedades físicas y mecánicas de las rocas se reflejan tanto a escala de matriz rocosa como de macizo rocoso fracturado. (González de Vallejo, 2002).

Las propiedades mecánicas de la roca intacta son resistencia a la compresión simple, resistencia a la tracción, resistencia al corte, resistencia a prueba triaxial. (Osinermining, 2017).

Las propiedades físicas o propiedades índice de las rocas que se determinan en laboratorio, las más importantes a nivel de influencia en el comportamiento mecánico, son porosidad, peso específico, permeabilidad, alterabilidad, resistencia y la velocidad de propagación de las ondas sísmicas. Algunas de estas propiedades, además de servir para su clasificación, están directamente relacionadas con las características resistentes y deformacionales de las rocas. (González, 2002).

Las propiedades elásticas del macizo rocoso, cuyo conocimiento presenta más interés en el modelo geomecánico son el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson, la cohesión y la fricción. Sin embargo, estos parámetros sólo pueden ser estimados aproximadamente, a partir de ensayos de laboratorio. (IGME, 2004).

Con respecto a la Resistencia a la compresión simple, generalmente este parámetro es estimado con la picota de geólogo categorizado por ISRM (Brown, 1981) desde R0 a R6, o mediante ensayos de impacto con el martillo de Schmidt, opcionalmente se pueden realizar ensayos de carga puntual al menos 1 ensayo por cada corrida, si solamente se tiene un solo tipo litológico. (Osinerming, 2017).

La determinación de propiedades mecánicas, elásticas y los ensayos para las propiedades físicas de la roca como son densidad, peso unitario, humedad, porosidad, absorción, obtenidas en laboratorio de mecánicas de roca deben estar en su totalidad estandarizadas por las normas emitidas por la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials) (ASTM). (Osinerming, 2017).

Otro parámetro importante de la roca intacta es la constante "mi" del criterio de falla de Hoek & Brown (2002, 2006), que puede ser estimado utilizando valores de la literatura especializada o más apropiadamente puede ser determinado mediante ensayos de compresión triaxial. (Córdova, 2008).

Condiciones de esfuerzos in-situ:

Son aquellas encontradas antes de la excavación o en ausencia de actividad antrópica producto de la ejecución de una obra de ingeniería. En la literatura técnica, el

término "in situ" se utiliza para referirse a los esfuerzos de cualquier naturaleza que estén presentes en el interior del macizo rocoso. (ANM, 2023).

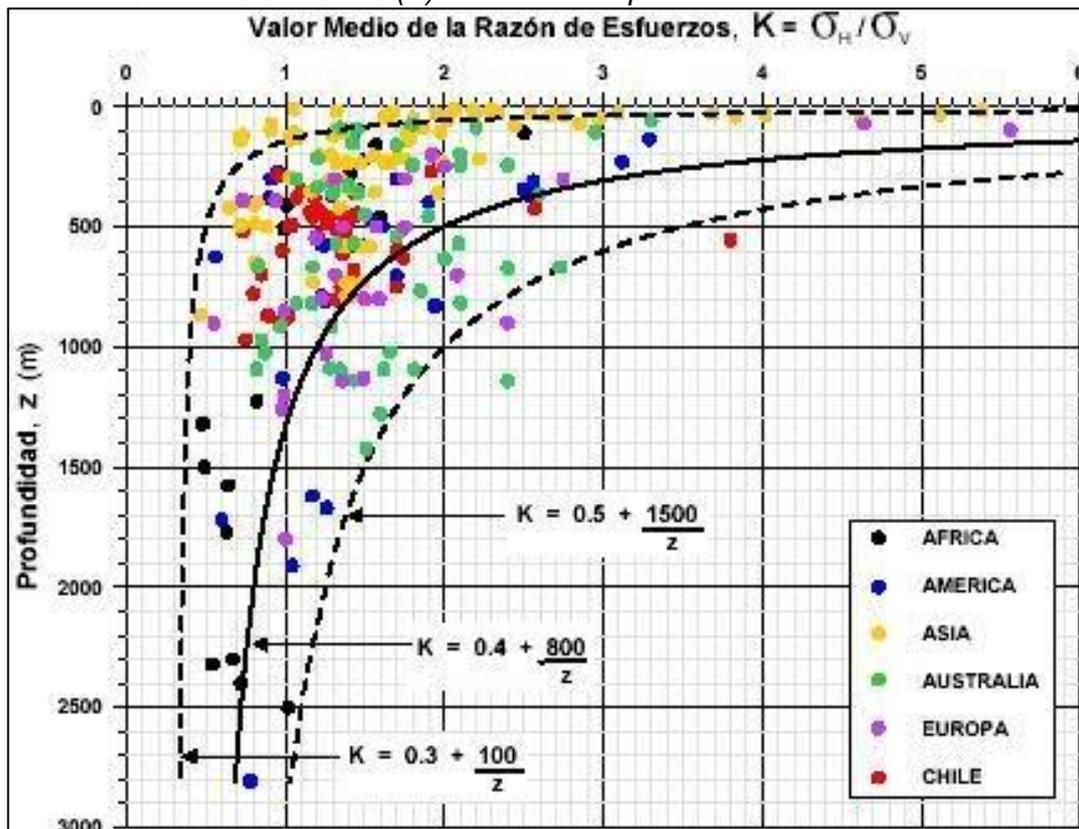
El estado de esfuerzos una vez realizada la excavación, será el resultado del estado de esfuerzos inicial (in-situ) más el estado de esfuerzos inducidos por la excavación o el minado, por ello, los esfuerzos in-situ constituyen unos de los factores importantes que condicionan la estabilidad de la masa rocosa de las excavaciones subterráneas. Los esfuerzos in-situ dependen de una serie de factores como la topografía de la superficie, la erosión, los esfuerzos tectónicos residuales, el efecto de las discontinuidades y otros. (Córdova, 2008).

Para determinar la orientación y la magnitud de los esfuerzos in-situ, lo más recomendable es realizar mediciones in-situ, para ello existen varias técnicas siendo los más principales: liberación de esfuerzos (técnica del "Overcoring" utilizando celdas triaxiales tipo Hollow Inclusión), restauración de esfuerzos (la técnica del "gato plano" - Flat Jack) y de Fracturamiento Hidráulico (técnica del hidrofracturamiento) considerados métodos directos, técnica de Emisiones acústicas, método indirecto (Osinerning, 2017).

Diversos autores, entre ellos Hoek y Brown (1980), han compilado resultados de mediciones de esfuerzos alrededor del mundo y desarrollado relaciones empíricas para estimar los regímenes de esfuerzos, en la Figura 5 se presentan en una gráfica los valores del coeficiente k (relación de esfuerzos) en función de la profundidad, a partir de la recopilación de datos realizada. De ella se puede deducir que la relación de tensiones tiende a ser baja a grandes profundidades ($0,5 < k < 1,5$), pudiendo aumentar de manera significativa a profundidades menores ($k > 1,5$). Se debe tener precaución al momento de usar estas relaciones, ya que los esfuerzos pueden ser altamente variables, incluso a escala de mina.

Figura 5

Relación constante de esfuerzos (K) en función de profundidad.



Nota: Tomado de Hoek y Brown (1980).

Comportamiento de los esfuerzos inducidos:

González de Vallejo (2002) indica que los esfuerzos inducidos son las generadas por la modificación o redistribución de los estados de esfuerzos al efectuar una obra ingenieril.

Antes de llevar a cabo una excavación, el macizo rocoso se encuentra en un estado de equilibrio bajo la influencia de esfuerzos naturales uniformemente distribuidos, al iniciar la excavación, se produce una alteración en el campo de esfuerzos naturales, dando lugar a la formación de un campo de esfuerzos inducidos. (ANM, 2023).

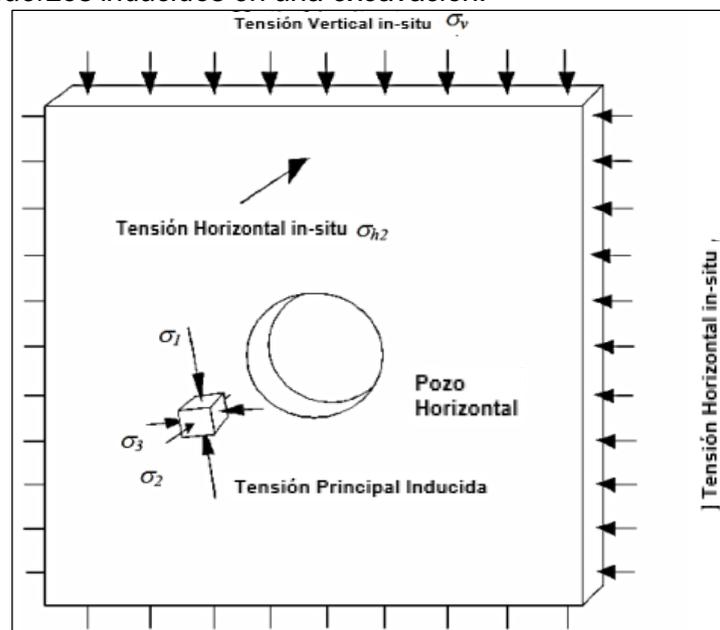
La evaluación del estado de esfuerzos, antes y durante la explotación del yacimiento minero, resulta de suma importancia, debido a que los esfuerzos inducidos pueden dar origen a las concentraciones de esfuerzos que causan la inestabilidad local y global del macizo rocoso. (Osinermining, 2017).

Cuando se realiza una excavación subterránea en un macizo rocoso, las tensiones originales se redistribuyen alrededor de la excavación creado. Las nuevas tensiones principales son perpendiculares entre sí, pero estarán giradas respecto a las direcciones de aplicación de las tensiones de partida. (ver Figura 6)

Para determinar el cálculo de esfuerzos y desplazamientos alrededor de las excavaciones subterráneas se utiliza el programa de Phase2, desarrollado por Rocscience Inc. (Canadá, 2005).

Figura 6

Acción de los esfuerzos inducidos en una excavación.



Nota: Tomado de Hoek, Kaiser & Badwen, (1995).

2.1.2 Clasificación geomecánica del macizo rocoso (RQD, RMR, Q y GSI)

La clasificación geomecánica de macizos rocosos es una herramienta fundamental en la ingeniería geotécnica, que ha evolucionado con el tiempo para abordar la complejidad de los macizos rocosos en proyectos de infraestructura y minería. (ANM, 2023).

Las clasificaciones de los macizos rocosos están basadas en alguno o varios de los factores que determinan su comportamiento mecánico: Propiedades de la matriz rocosa. frecuencia y tipo de las discontinuidades, que definen el grado de fracturación, el tamaño y la forma de los bloques del macizo, sus propiedades hidrogeológicas, grado de

meteorización o alteración, estado de tensiones in-situ y presencia de agua. (González, 2002).

Las clasificaciones de los macizos rocosos sustituyen un enfoque para estimar las propiedades del macizo rocoso a gran escala, debido a que los macizos rocosos es usualmente un material altamente anisotrópico, pueden ser representado por más de un sistema de clasificación, el ingeniero debe estimar el valor de clasificación más realístico para los requerimientos de diseño, también debe tener en cuenta que existen diversas aplicaciones para cada sistema de clasificación geomecánica. (Osinermining, 2017).

Los objetivos de la clasificación geomecánica son: identificar los parámetros más significativos que influyen en el comportamiento de la masa rocosa, dividir una formación rocosa en grupos de similar comportamiento es decir clases de masas rocosas de diferentes calidades, proporcionar una base para el entendimiento de las características de cada clase de masa rocosa, relacionar la experiencia de las condiciones de la roca de un lugar a las condiciones y experiencia encontradas en otros lugares, obtener datos cuantitativos y guías para el diseño de ingeniería. (Córdova, 2008).

2.1.2.1 Rock Quality Designation (RQD). La designación de la calidad de la roca (Rock Quality Design-RQD), es un índice cuantitativo que se obtiene a partir de los testigos de perforación diamantina, se han propuesto métodos alternativos para calcular el RQD a partir del mapeo de juntas o discontinuidades en las paredes de excavaciones subterráneas. (Osinermining, 2017).

Obtenido del Registro de Testigo:

González de Vallejo. (2002) establece que, el índice RQD o Rock Quality Designation permite una estimación cuantitativa de la calidad del macizo rocoso, el cual se define como la relación entre la suma de las longitudes de los fragmentos o trozos de testigo mayores a 10 cm y la longitud total del tramo considerado.

El valor del RQD, es la relación expresada como un porcentaje de la suma de todas las partes de longitudes mayores a 10 cm, dividido por la longitud total de la corrida de

perforación. El correcto procedimiento para la medición de la longitud de núcleos y el cálculo del RQD son resumidas en la Figura 7. (Osinermin, 2017).

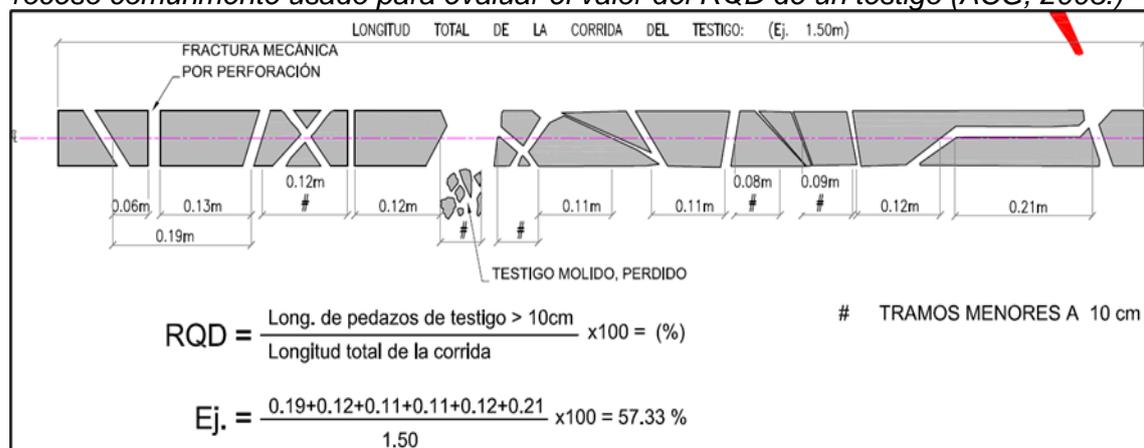
Es importante distinguir entre las fracturas mecánicas causada por la manipulación y/o naturales encontradas en el testigo, con la finalidad de que estas fracturas mecánicas no afecten adversamente el índice de RQD. (González, 2002).

De acuerdo con Osinermin (2017), muestran algunas recomendaciones prácticas para el cálculo del RQD:

- La longitud de testigo no recuperada debe ser incluida en la longitud total del testigo.
- Las fracturas a lo largo del eje del testigo no deben ser consideradas como fractura y por ende no deben afectar el cálculo del RQD.
- Las fracturas o roturas mecánicas o creadas por el manipuleo deben ser ignoradas.
- Las roturas inducidas por esfuerzos (“disking” del testigo) deben ser ignorada en los cálculos.
- El RQD debe ser evaluado sobre testigos relativamente frescos (algunos pueden deteriorarse).
- Se deben considerar taladros perforados en diferente rumbo y buzamiento para tener una mejor representación del RQD.

Figura 7

Proceso comúnmente usado para evaluar el valor del RQD de un testigo (ACG, 2003.)



Nota: Tomado de Osinermin, (2017).

Obtenido por datos de mapeo por línea de detalle:

Para los datos de mapeo por línea de detalle, se puede obtener un espaciamiento promedio de las juntas (número de discontinuidades divididas por longitud transversal), donde el RQD se puede estimar a partir del espaciamiento promedio de las discontinuidades basado en la ecuación 1 de Priest y Hudson (1976). (Osinermin, 2017).

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

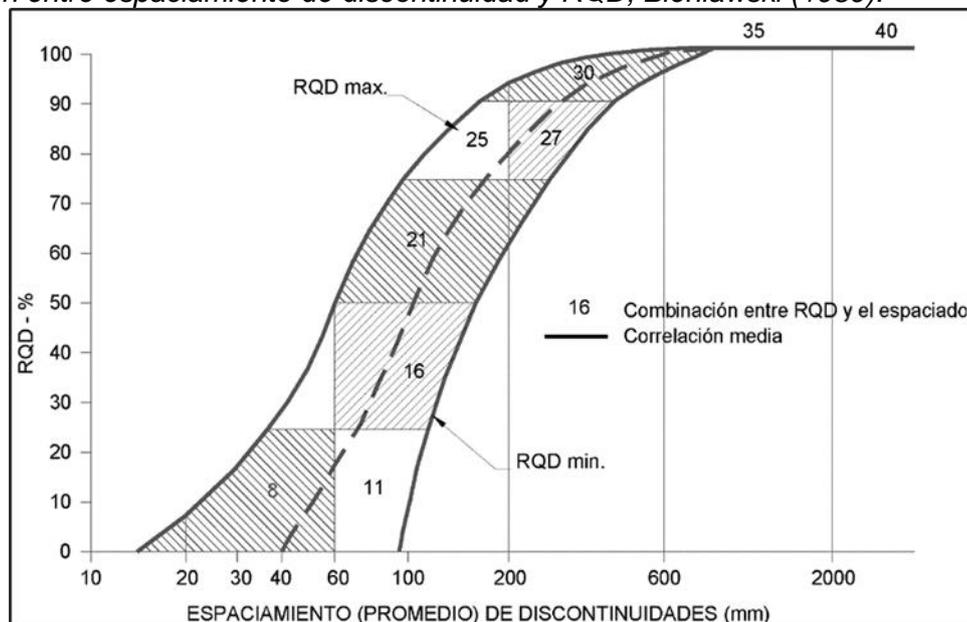
Donde:

$$\lambda = 1 / (\text{frecuencia de discontinuidades})$$

Bieniawski (1989) ha vinculado el espaciamiento promedio de las discontinuidades al RQD (ver Figura 8), relacionar el espaciamiento de las discontinuidades con el RQD promedio usando la figura 8 probablemente conducirá a estimaciones conservadoras, en consecuencia, el uso de la ecuación propuesta por Priest y Hudson (1976) es probablemente lo más apropiado. (Osinermin, 2017).

Figura 8

Relación entre espaciamiento de discontinuidad y RQD, Bieniawski (1989).



Nota: Tomado de Osinermin, (2017).

2.1.2.2 Rock Mass Rating (RMR) Básico, Bieniawski, (1989). Es un sistema de clasificación geomecánica presentado por el Ing. Bieniawski en 1973 y modificado sucesivamente en 1979 y 1989 que permite hacer una clasificación de un macizo rocoso

'in situ' en función de un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), este sistema permite relacionar el índice de calidad con parámetros geotécnicos del macizo de la excavación y sostenimiento en túneles.

Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos: resistencia uniaxial de la matriz rocosa, grado de fracturación en términos del RQD, espaciado y condiciones de las discontinuidades, condiciones hidrogeológicas y orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación. (González, 2002).

Se trata de un índice que evalúa la competencia del macizo rocoso basándose en 6 parámetros Básicos que son:

- **Resistencia compresiva uniaxial del macizo (UCS)**

La resistencia a la compresión uniaxial de la roca puede estimarse en campo, de acuerdo con la descripción de la Tabla 2 (González, 2002).

Tabla 2

Estimación en campo de la resistencia a la compresión simple de las rocas.

Clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (MPa)
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0.25 – 1.0
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	1.0 – 5.0
R2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5.0 – 25
R3	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25 – 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50 – 100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100 – 250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo solo saltan esquirlas.	> 250

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

La puntuación para la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta se asigna de acuerdo con la descripción de la Tabla 3 (González, 2002).

Tabla 3

Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta y su puntuación en la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR, 1989).

Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta								
Resistencia de la roca intacta (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresion Simple (MPa)		
	Compresion simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1
Puntuacion		15	12	7	4	2	1	0

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

- **Designación de calidad de roca (RQD)**

El parámetro del RQD se determina de acuerdo con los establecido en el Ítem 2.1.2.1, contando el número total de discontinuidades que intersecan una longitud L. (Osinerming, 2017), la valoración de este parámetro se describe en la Tabla 4.

Tabla 4

RQD y su puntuación en la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR, 1989).

Valoración del RQD					
Rock Quality Designation	90% – 100%	75% – 100%	50% – 75%	25% – 50%	< 25%
Puntuación	20	17	13	6	3

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

- **Espaciamiento de las discontinuidades**

Se considera espaciamiento de las discontinuidades, a la distancia medida entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, la cual es tomada con cinta métrica en forma perpendicular a las discontinuidades (González, 2002), en donde la valorización de este parámetro en la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR, 1989) queda definido por la Tabla 5.

Tabla 5

Espaciamiento de las discontinuidades y su puntuación en la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR, 1989).

Espaciamiento de las discontinuidades					
Espaciamiento de las discontinuidades	> 2 m	0.6 – 2.0 m	0.2 – 0.6 m	0.06 - 0.2 m	< 0.06 m
Puntuación	20	15	10	8	5

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

- **Condición de las discontinuidades**

De acuerdo con la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR, 1989), las condiciones de las discontinuidades están dadas por (González, 2002):

Persistencia:

Corresponde a la extensión en tamaño o área de una discontinuidad, cuanto mayor sea la persistencia, la masa rocosa será menos estable y cuanto menor sea esta será más estable.

Abertura:

Es la distancia perpendicular que separa las paredes de una discontinuidad. Mientras mayor sea la abertura, las condiciones de la masa rocosa serán desfavorables y cuanto menor sea esta, las condiciones de la masa rocosa serán favorables.

Rugosidad:

Se denomina rugosidad a la irregularidad o aspereza de la superficie de una discontinuidad, mientras mayor sea la rugosidad, la masa rocosa será más competente y cuanto menor sea esta, la masa rocosa será menos competente.

Relleno:

Es el material que ocupa el espacio entre las caras de una discontinuidad, cuando este material es duro, la masa rocosa es más competente y cuando el material es suave la masa rocosa es menos competente.

Alteración:

Es la determinación del grado de meteorización al cual ha sido sometido el macizo rocoso debido a procesos físico – químicos, se realiza por observación directa y comparando esto con los índices estándares que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6*Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso.*

Grado de meteorización	Tipo	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos de meteorización.
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

La puntuación para cada uno de estos parámetros se describe en la Tabla 7.

Tabla 7

Condición de las discontinuidades y su puntuación en la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR, 1989).

Condición de las discontinuidades					
Persistencia	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Puntuación	6	4	2	1	0
Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Puntuación	6	5	3	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
Puntuación	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm
Puntuación	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
Puntuación	6	5	3	1	0

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

▪ Condición de agua subterránea

De acuerdo con González de Vallejo (2002), el agua en el interior del macizo rocoso procede por lo general de la permeabilidad secundaria (flujo que circula por las discontinuidades), aunque en ciertas rocas permeables esta filtración puede darse a través de la matriz rocosa (permeabilidad primaria). La presencia de agua en el macizo rocoso disminuye notablemente su calidad, para este parámetro la puntuación se describe en la

Tabla 8

Condición de las aguas subterráneas y su puntuación en la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR, 1989).

Agua Subterránea					
Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo
Puntuación	15	10	7	4	0

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

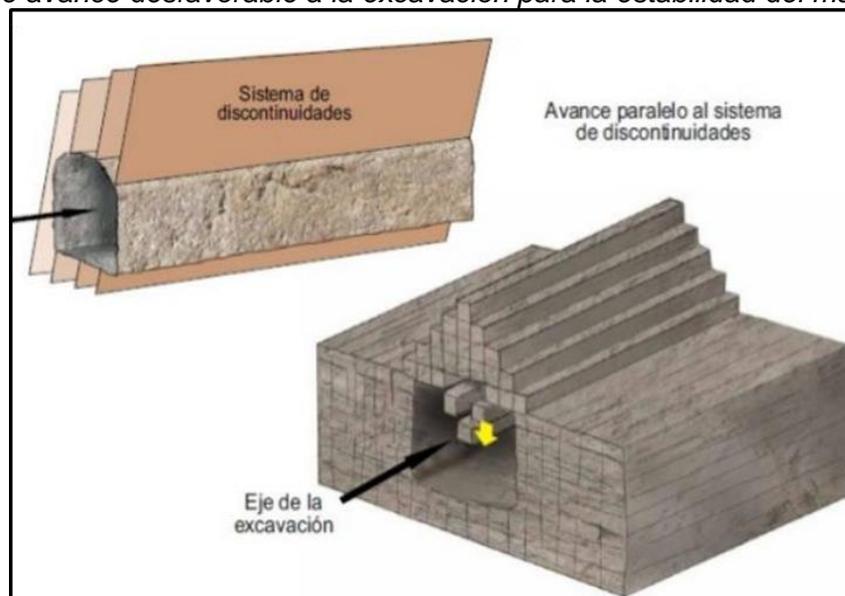
▪ **Corrección por la orientación de las discontinuidades**

Este parámetro toma en consideración la dirección de avance de la excavación el cual influirá en su estabilidad, si el avance se da en forma paralela al sistema principal de las discontinuidades habrá mayor riesgo de inestabilidad en el macizo rocoso (Figura 9). Por el contrario, si el avance de la excavación es en forma perpendicular al sistema principal de las discontinuidades, se tendrá mayor estabilidad en el macizo rocoso (Figura10). (Osinermin, 2017).

Siguiendo este principio en la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR, 1989), se puede realizar la corrección por la orientación de las discontinuidades en el macizo rocoso con respecto a la orientación de avance de la excavación, de acuerdo con lo que se describe en la Tabla 9.

Figura 9

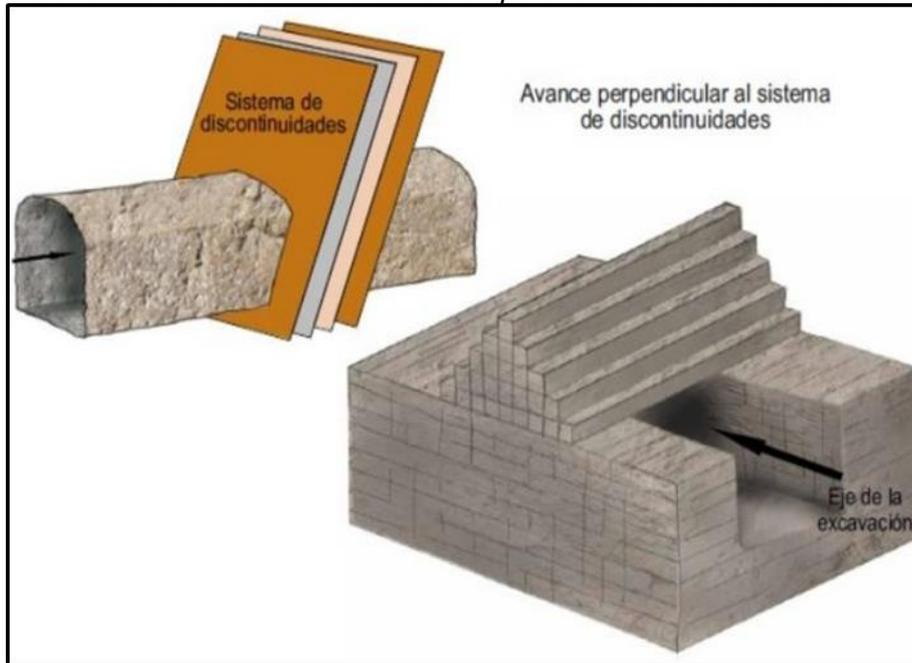
Condición de avance desfavorable a la excavación para la estabilidad del macizo rocoso.



Nota: Tomado de Osinermin, (2017).

Figura 10

Condición de avance favorable a la excavación para la estabilidad del macizo rocoso.



Nota: Tomado de Osinergmin, (2017).

Tabla 9

Corrección por la orientación de las discontinuidades en el macizo rocoso y su puntuación en la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR, 1989).

Orientación de las discontinuidades en el túnel							
Descripción	Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Cualquier dirección
	Dirección con el buzamiento		Dirección contra el buzamiento		Buz. 45°- 90°	Buz. 20°-45°	Buz. 20°- 45°
	Buz. 45°- 90°	Buz. 20°- 45°	Buz. 45°- 90°	Buz. 20°- 45°	Buz. 45°- 90°	Buz. 20°-45°	Buz. 20°- 45°
	Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable
Puntuación	0	-2	-5	-10	-12	-5	-10

Nota: Tomado de Osinerming, (2017).

El RMR se obtiene como la suma de las puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros y oscila entre 0 y 100 y que es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca (González, 2002).

De acuerdo con Osinerming (2017), el valor del RMR se calcula según la ecuación

2:

$$RMR = (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6) \dots\dots (2)$$

Esta clasificación distingue cinco clases, cuyo significado geotécnico se expresa en la Tabla 10, a cada clase de macizo se le asigna una calidad y una valorización (González, 2002).

Tabla 10

Calidad del macizo rocoso en función al índice RMR (1989).

Clase	Calidad	Valoración RMR
I	Muy Buena	100 – 81
II	Buena	80 – 61
III	Regular	60 – 41
IV	Mala	40 – 21
V	Muy Mala	< 20

Nota: Tomado de Osinerming, (2017).

2.1.2.3 Índice de la calidad del macizo rocoso (Q') Barton (1974). El sistema Q fue desarrollado en el NGI (Norwegian Geotechnical Institute) por Barton, Lien y Lunde (1974), el cual se ha utilizado con una gran cantidad de éxito en el diseño de túneles en roca.

Esta clasificación geomecánica, permite estimar parámetros geotécnicos del macizo rocoso, diseñar el sostenimiento para túneles y otras excavaciones subterráneas (Gonzales. 2002), el cual se calcula mediante la ecuación 3:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \dots\dots (3)$$

Donde:

Q = Índice Q de Barton (1974).

De acuerdo con González de Vallejo (2002), los tres términos de la expresión de la Q de Barton representan lo siguiente:

Tamaño de los bloques (RQD/Jn):

Representa la estructura del macizo rocoso, es una medida aproximada del tamaño de los bloques.

Resistencia al corte entre los bloques (Jr/Ja):

Representa las características de fricción de las paredes de una fractura o del material de relleno donde más probablemente se puede iniciar el fallamiento.

Influencia del estado tensional (Jw/SRF):

Es un factor empírico que relación los esfuerzos activos del medio rocoso.

A partir de la puntuación obtenida en cada bloque podremos conocer que término tiene mayor o menor peso en la evaluación del índice Q y por tanto su influencia en la calidad del macizo rocoso (Gonzales, 2002).

Los parámetros geomecánicos en la clasificación Q de Barton (1974) son:

Rock Quality Designation (RQD): se determina con lo establecido en el ítem 2.1.2.1. La valoración de este parámetro está entre 0 – 100 y su descripción se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11

Descripción y valoración del Índice de Calidad de la Roca (RQD) en la clasificación geomecánica Q de Barton (1974).

Índice de calidad de la roca	
Descripción	RQD %
Muy Pobre	0 – 25
Pobre	25 – 50
Regular	50 – 75
Buena	75 – 90
Excelente	90 – 100

Nota:

i) Estimar el RQD con 5% de aproximación.

ii) Cuando no se disponga de testigos.

RQD = $115 - 3.3 J_v$ Donde : J_v : N° de Diaclasas por m³.

iii) Si el RQD es menor de 10, emplear un valor nominal 10

Nota: Tomado de Gonzáles (2002).

Número de sistemas de juntas (Jn):

Se obtiene a partir de los levantamientos estructurales de campo y la utilización de proyecciones estereográficas, en la cual se toma en cuenta el grado de fracturamiento del macizo rocoso en base al número de discontinuidades (Ramos, 2021). La valoración de este parámetro está entre 0.5 – 20 y su descripción se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Descripción y valoración del índice de diaclasamiento (J_n) en la clasificación geomecánica Q de Barton (1974).

Numero de discontinuidades	
Descripcion	Jn
Masiva o con muy poca discontinuidad	0.5 - 1.0
Un sistema de discontinuidad	2
Un sistema de principal y uno secundario	3
Dos sistemas de discontinuidad	4
Dos sistemas principales y uno secundario	6
Tres sistemas de discontinuidades	9
Tres sistemas principales y uno secundario	12
Cuatro sistemas de discontinuidades o más (roca muy fracturada)	15
Roca triturada (Terrosa)	20
<i>Nota:</i>	
i) Para intersecciones de túneles usar ($3.0 \cdot J_n$).	
ii) Para portales usar ($2.0 \cdot J_n$)	

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

Número de rugosidad de las juntas (J_r):

Se refiere a grandes como a pequeñas texturas superficiales de los planos de contacto de las discontinuidades. Toma en cuenta el grado de rugosidad o aspereza en el macizo rocoso (Ramos, 2021). La valoración de este parámetro está entre 0.5 – 4 y se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13*Índice de rugosidad de las discontinuidades (Jr) en la clasificación Q de Barton (1974).*

Factor de rugosidad de las discontinuidades	
Descripción	Jr.
A) Diaclasas discontinuas	4
B) Rugosas e irregulares, onduladas	3
C) Lisas, onduladas	2
D) Lustrosas onduladas	1.5
E) Lisas, planares	1
F) Lustrosas, planares	5
G) Zona conteniendo arcillas en cantidad suficiente como para impedir el contacto entre las superficies que limitan la fractura	1
H) Zona de material arenoso en cantidad suficiente como para impedir el contacto entre la superficies que limitan la fractura	1
<i>Nota:</i>	
i) En los grupos A hasta G, el contacto entre las superficies de la discontinuidad se logra con desplazamientos de cizalla inferiores a los 10 cm.	
ii) En el grupo H no se produce contacto entre las superficies al ocurrir desplazamiento de cizalla	
* Agregar 1.0 cuando el espaciamiento medio de las diaclasas fuera superior a 3 cm	
* Jr = 0.5 puede ser usado para juntas planares lustrosas que tienen alineaciones, siempre que las alineaciones estén orientadas para la resistencia mínima.	

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).**Numero de alteración de las discontinuidades (Ja):**

Factor que mide las alteraciones de las juntas dependiendo si están o no en contacto los planos de discontinuidad (Ramos, 2021). La valoración de este parámetro está entre 0.75 – 20 y su descripción se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14

Índice de alteración de discontinuidades (Ja) en la clasificación Q de Barton (1974).

Factor de alteración de las discontinuidades	
Descripción	Ja
1) Contacto entre superficies de la discontinuidad (sin relleno de mineral, solo recubrimientos)	
A) Ajustadas, rellenas con material compacto	0.75
B) Superficies inalteradas, ligeras manchas de oxidación	1
C) Superficies ligeramente alteradas, cubiertas con material granular no arcilloso, producto de la desintegración.	2
D) Capas superficiales de material limoso o arcilloso arenoso, con una pequeña fracción cohesiva	3
E) Capas superficiales de arcilla (caolinita, mica, clorita, etc.)	4
2) Contacto entre superficies de la discontinuidad se produce después de 10 cm de relleno de mineral fino	
F) Relleno granular no cohesivo, roca desintegrada	4
G) Material con alto grado de consolidación	6
H), I) Relleno continuo (hasta 5 mm de espesor) de material arcilloso compacto con bajo grado de consolidación	8
J) Relleno continuo de arcillas expansivas (Montmorillonita). El valor de Ja dependerá del % de expansión, el tamaño de las partículas arcillosas, la accesibilidad del agua, etc.	8 – 12
3) No contacto entre superficies de la discontinuidad después de cizalla (relleno de mineral grueso)	
K), L), M) Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (Ver G, H, J para la descripción de los tipos de arcilla)	6 – 8 u 8 – 12
N) Zona de arcilla limosa o arenosa	5
O), P), Q) Zonas potentes y continuas de arcilla (Ver G, H, J para la descripción de arcilla)	10 – 13 o 13 – 20

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

Factor de reducción por la presencia de agua JW:

Coeficiente que afecta negativamente el índice Q en función de la entrada de agua a la excavación, alcanza un valor máximo de 1 para excavaciones seca y un valor mínimo de 0,05 para fluencia excepcionalmente alta o de presión elevada de carácter persistente (>10 kg/cm²), (Ramos, 2021) y su descripción se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15

Factor de reducción por presencia de agua (J_w) en la clasificación Q de Barton (1974).

Factor de reducción por contenido de agua en fracturas	
Descripción	J_w
A) Secas o flujos bajos (5 l/min)	1
B) Flujos a presiones medias que ocasionen erosión del material de relleno	0.66
C) Flujos o presiones altas en roca competente con diaclasas sin relleno	0.5
D) Flujos o presiones altas con erosión considerable del material de relleno	0.33
E) Flujos o presiones excepcionalmente altas luego de la voladura disminuyendo con el tiempo	0.2-0.1
F) Flujos o presiones excepcionalmente altas sin que ocurra una disminución en el tiempo	0.1-0-05

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

Stress Reduction Factor SRF:

De acuerdo con González de Vallejo (2002), se trata de un factor que evalúa el estado tensional del macizo rocoso, se distinguen 4 grupos para evaluar el coeficiente SRF:

- Zonas débiles, que intersecan a la excavación pudiendo producirse desprendimientos de roca a medida que la excavación del túnel va avanzando.
- Rocas competentes, problemas tensionales en las rocas.
- Rocas deformables, flujo plástico de roca incompetente sometida a altas presiones litostática.
- Rocas expansivas, actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua.

La valoración de este factor está entre 0.5 – 20 y su descripción se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

Descripción y valoración del factor de reducción por tensiones (SRF) en la clasificación geomecánica Q de Barton (1974).

Factor de reducción por tensiones			
Descripción			SRF
1) Las zonas débiles intersecan a la excavación, pudiendo producirse desprendimientos de rocas a medida que la excavación del túnel va avanzando			
A) Muchas zonas débiles de arcilla con evidencias de desintegración química, roca circundante muy suelta (a cualquier profundidad)			10
B) Zona débil aislada con arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad menor de 50 m)			5
C) Zona débil con arcilla o roca desintegrada, profundidad mayor 50 m			2.5
D) Muchas zonas de falla en roca competente, roca circundante suelta (cualquier profundidad)			7.5
E) Zona de falla aislada en roca competente, profundidad menor a 50 m			5
F) Zona de falla aislada en roca competente, profundidad mayor a 50 m			2.5
G) Diaclasas abiertas y sueltas; roca intensamente fracturada, en terrones, cualquier profundidad			5
Nota: i) Reducir estos valores de SFR por 25 – 50 % si las zonas de fallas influyen, pero no intersecan la excavación			
2) Rocas competentes, problemas tensionales en la roca	sc / s1	sq / sc	SRF
H) Tensiones bajas, poca profundidad, diaclasas abiertas	> 200	< 0.01	2.5
J) Tensiones moderadas, condiciones tensionales favorables	200 – 10	0.01 – 0.3	1
K) Tensiones elevadas, estructura muy compacta, Normalmente favorable para la estabilidad, puede ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales	10 – 5	0.3 – 0.4	0.5 – 2
L) Lajamiento moderado de la roca después de 1 hora en rocas masivas	5 – 3	0.5 – 0.65	5 – 50
M) Lajamiento y estallido de la roca después de pocos minutos en rocas masivas	3 – 2	0.65 – 1	50 – 200
N) Estallidos violentos de roca (deformación explosiva) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	< 2	> 1	200 – 40
Nota: ii) Para campos Insitu fuertemente anisotrópico (si se ha medido): cuando $5 \leq s1/s3 \leq 10$, reducir sc en 0.75sc, cuando $s1/s3 > 10$, reducir sc a 0.5sc, donde sc=esfuerzo compresivo sin confirmar, s1 y s3 son los esfuerzos principales mayores y menores y sq=esfuerzo tangencial máximo (estimado de la teoría de la elasticidad)			
iii) Existen algunos registros disponibles que señalan que la altura del techo de la excavación a superficie es mejor que el ancho de la labor. Para este caso se sugiere incrementar de 2.5 a 5 para estos casos (ver H).			
3) Rocas deformables: flujo plástico de roca incompetente a altas presiones litostática	sq / sc		SRF
O) Presión de deformación suave	1 – 5		5 – 10
P) Presión de deformación intensa	> 5		10 – 20
Nota: iv) Casos de deformaciones de roca pueden ocurrir para profundidades $H > 350 \cdot Q^{1/3}$. La resistencia a la compresión de la masa rocosa puede ser estimada como $q = 7 \cdot g \cdot Q^{1/3}$, donde g=densidad de la roca(gr/cc)			
4) Rocas expansivas: Actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua			
R) Presión de expansión suave			5 – 10
S) Presión de expansión intensa			10 – 15

Nota: Tomado de Gonzáles (2002).

Caracterizado cada parámetro y asignada su puntuación, se realiza el cálculo mediante la ecuación planteada en el ítem 2.1.2.3.1 para obtener el índice Q de Barton (1974) y según este resultado se clasifica al macizo rocoso de acuerdo a la descripción de la Tabla 17.

Tabla 17

Calidad de la roca en función al índice Q de Barton (1974).

Tipo de roca	Valor del índice Q de Barton (1974)
Excepcionalmente mala	0.001 – 0.01
Extremadamente mala	0.01 – 0.1
Muy mala	0.1 – 1
Mala	1 – 4
Regular	4 – 10
Buena	10 – 40
Muy Buena	40 – 100
Extremadamente buena	100 – 400
Excepcionalmente buena	400 – 100

Nota: Tomado de Osinerming (2017).

2.1.2.4 Índice de Resistencia Geológica (G.S.I). El índice de resistencia geológica (Geological Strength Index) GSI, es un sistema para la estimación de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso a partir de observaciones geológicas de campo, propuesto por Hoek et al., (1995) y actualizado en 2000 por Marino y Hoek cuyo rango numérico, comprendido entre 0 y 100, se basa en la identificación y clasificación en campo de dos de las características físicomecánicas de un macizo rocoso (la macroestructura) y la condición de las superficies de las discontinuidades (las características de la fracturación, estructura geológica, tamaño de los bloques y alteración de las discontinuidades).

Los distintos valores que toma el GSI en función de las distintas estructuras y estados de alteración de las superficies observados, quedan resumidos en la Figura 11.

Figura 11

Índice de Resistencia Geológica (Hoek, Marinos 2000).

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 más 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		MUY BUENA	BUENO	REGULAR	MALA	MUY MALA
		Muy rugoso, Superficies frescas sin meteorización	Rugoso, ligamento meteorizado, superficies con óxido	Lizas, moderadamente meteorizadas y superficies almidadas.	Espejo de falla, altamente meteorizadas con recubrimiento compacto o rellenos o fragmentos	Espejo de falla, superficies altamente meteorizadas con recubrimiento de arcilla suave o rellenos
		DISMINUYE CALIDAD DE SUPERFICIE →				
	Intacta o Masivo: Especímenes de roca intacta o masivo in situ con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.	80	80		N/A	N/A
	Levemente fracturado: Macizo rocoso no disturbado, muy bien entrelazado, constituido por bloques cúbicos formados por tres familias de discontinuidades		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: Folada 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	
	Folado/Laminado/Cizallado: Falta de formación de bloques debido al pequeño espaciamiento o esquistocidad débil o planos de corte	N/A	N/A			10
		← DISMINUYE EL ENTRELAZADO DE PEDAZOS DE ROCA				

Nota: Tomado de Osinerming, (2017).

Dada la variedad de sistemas de clasificación de los macizos rocosos y su gran aceptación en la industria minera, diversos autores han propuesto correlaciones entre los diversos sistemas de clasificación, las que se presenta en las ecuaciones del 4 al 7 (MIET, 2015):

$$\text{RMR} = 9 \ln Q + 44 \text{ (Bieniawski (1976), para túneles civiles)} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{GSI} = \text{RMR}_{76} \text{ (para macizos rocosos secos, sin considerar orientación de la excavación)} \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{RMR}_{76} = \text{RMR}_{89} - 5 \text{ (para macizos rocosos secos, sin considerar orientación de la excavación)} \dots\dots\dots(6)$$

$$RMR89 > 23 \rightarrow GSI = RMR89 - 5 \dots\dots\dots (7)$$

RMR89 < 23 → No se puede utilizar el RMR89 para la obtención del GSI.

2.1.3 Sostenimiento a partir del índice Q de Barton (1974)

Es un ábaco propuesto por Barton (1974), para estimar el sostenimiento de excavaciones subterráneas, que depende de la dimensión equivalente de la excavación (De) y el índice de calidad de la roca (Q), (Gonzales. 2002).

La dimensión equivalente (De) es la relación entre el span, ancho, diámetro o altura de la excavación y el factor de sostenimiento de excavación (ESR) (Gonzales. 2002), el cual se calcula con la ecuación 8.

$$De = \frac{\text{Anchura, diámetro o altura (m)}}{ESR} \dots\dots(8)$$

El factor ESR (Excavation Support Ratio), es un factor que depende del tipo de excavación, el cual se describe en la Tabla 18.

Tabla 18

Valores del ESR (Excavation Support Ratio) en la Clasificación Q de Barton (1974).

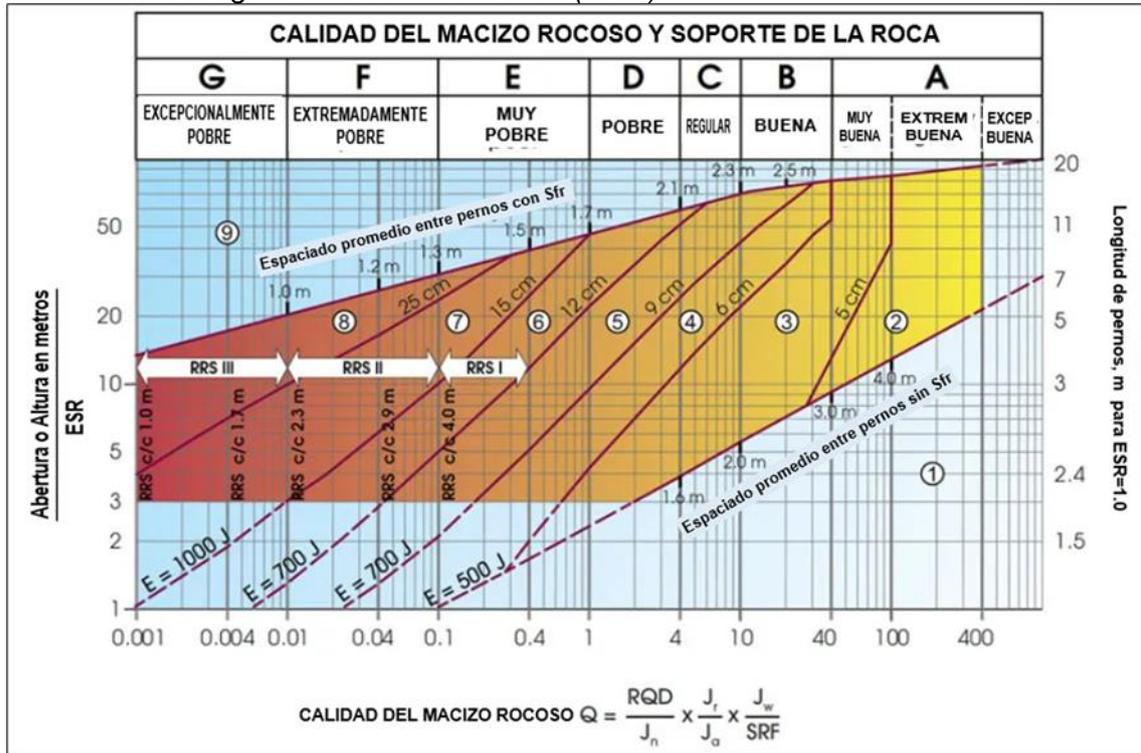
Categoría de Excavación	Tipo de Excavación	ESR
A	Labores mineras de carácter temporal.	2 – 5
B	Galerías mineras permanentes, túneles de centrales hidroeléctricas (excluyendo las galerías de alta presión), túneles piloto, galerías de avance en grandes excavaciones, cámaras de compensación hidroeléctrica.	1.6 – 2.0
C	Cavernas de almacenamiento, plantas de tratamiento de agua, túneles de carreteras secundarias y de ferrocarril, túneles de acceso.	1.2 – 1.3
D	Centrales eléctricas subterráneas, túneles de carreteras primarias y de ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, emboquilles e intersecciones de túneles.	0.9 – 1.1
E	Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, fábricas, túneles para tuberías principales de gas.	0.5 – 0.8

Nota: Tomado de Gonzáles, (2002).

En el gráfico de sostenimiento se han incluido las clases de energía de absorción (Sfr) basándose en las deformaciones esperadas de las diferentes calidades del macizo rocoso (ver Figuras 12 y 13). Estas clases de energía corresponden a energías de absorción definidas por las normas EFNAR C y publicadas por NB (2011) (ver Tabla 19), (Osinermining, 2017).

Figura 12

Sostenimientos según el índice Q de Barton (1974).



Nota: Tomado de Osinerming, (2017).

Figura 13

Categorías de sostenimiento según la clasificación geomecánica Q de Barton (1974).

CATEGORÍAS DE REFUERZO		RRS- Espaciamiento relacionado con el valor de Q
① Sin soporte o emperrado puntual		
② Emperrado puntual, SB		Si 30/6 Ø16 - Ø20 (abertura de 10 m) D40/6+2 Ø16 - 20 (abertura de 20 m)
③ Emperrado sistemático más shotcrete proyectado con espesor 5-6 cm con fibra, B + Sfr		Si 35/6 Ø16 - 20 (abertura de 5 m) D45/6+2 Ø16 - 20 (abertura de 10 m) D55/6+4 Ø20 (abertura de 20 m)
④ Emperrado sistemático más shotcrete proyectado con espesor 6-9 cm con fibra, Sfr(E500) + B		D40/6+4 Ø16 - 20 (abertura de 5 m) D55/6+4 Ø20 (abertura de 10 m) Evaluación especial (abertura de 20 m)
⑤ Emperrado sistemático más shotcrete proyectado con espesor 9-12 cm con fibra, Sfr(E700) + B		
⑥ Cimbras, emperrado sistemático y shotcrete proyectado con espesor 12-15 cm con fibra, Sfr(E700) + RRS I + B		
⑦ Cimbras, emperrado sistemático y shotcrete proyectado con espesor > 1.5 cm con fibra, Sfr(E1000) + RRS II + B		
⑧ Revestimiento con concreto, CCA o Sfr(E1000) + RRS III + B		
⑨ Evaluación especial Espaciamiento de pernos principalmente basado con Ø20 mm E = Absorción de energía en fibra reforzada con shotcrete proyectado ESR = Radio de soporte de la excavación Áreas con líneas de daño que no tiene data empírica		

Simbología:
S30/6= Única capa de concreto proyectado más 6 pernos de anclaje
D = Doble capa de refuerzo
Ø16 = Pernos de diámetro de 16 mm
c/c = Espaciamiento RSS, Centro - Centro

Nota: Tomado de Osinerming, (2017).

Tabla 19

Energía de absorción basada en pruebas a paneles (NB, 2011).

Clase de Energía de absorción	Mínimo de Energía de absorción (Joule)
E500	500
E700	700
E1000	1000

Nota: Tomado de Osinerming, (2017).

2.2 Marco conceptual

Se presentan métodos analíticos y numéricos, con la finalidad de realizar diferentes formas de análisis de estabilidad de una excavación, aplicada para obras civiles y mineras, las cuales han servido para dar estructura a la idea de trabajo.

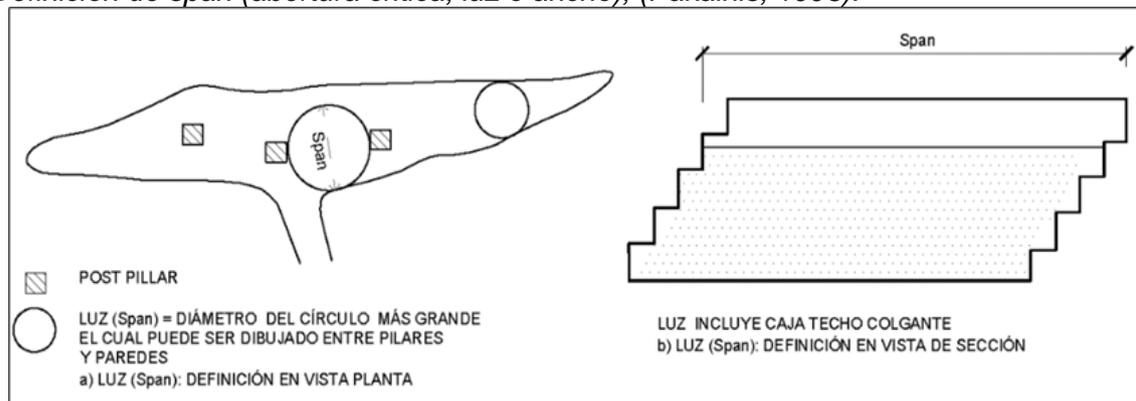
2.2.1 Método empírico Span Design

El método de Span Design (Pakalnis, 2008) relaciona el ancho de la excavación (abertura crítica) y la calidad de la roca en función de RMR_{76} , sugerido por Bieniawski (1976). Este método ha sido desarrollado con una base histórica de 292 casos de diferentes minas, dichos datos están referidos a excavaciones sin soporte o con soporte local, por lo que a partir de este se puede evaluar la estabilidad inicial de las aberturas (Pantaleón, 2017).

La abertura crítica (critical span) se define como el diámetro del círculo mayor que se puede dibujar dentro de los bordes de la excavación expuesta (techo), (Osinerming, 2017) (ver Figura 14 y 15).

Figura 14

Definición de span (abertura crítica, luz o ancho), (Pakalnis, 1993).



Nota: Tomado de Osinerming (2017).

De acuerdo a lo expuesto por Osinerming, la estabilidad de la excavación se puede clasificar de tres categorías:

Excavaciones estables:

- No se presentan caída de roca del techo.
- No se observan deformaciones en el techo de la excavación.
- No se han instalado cantidades importantes de sostenimiento.

Excavaciones potencialmente inestables:

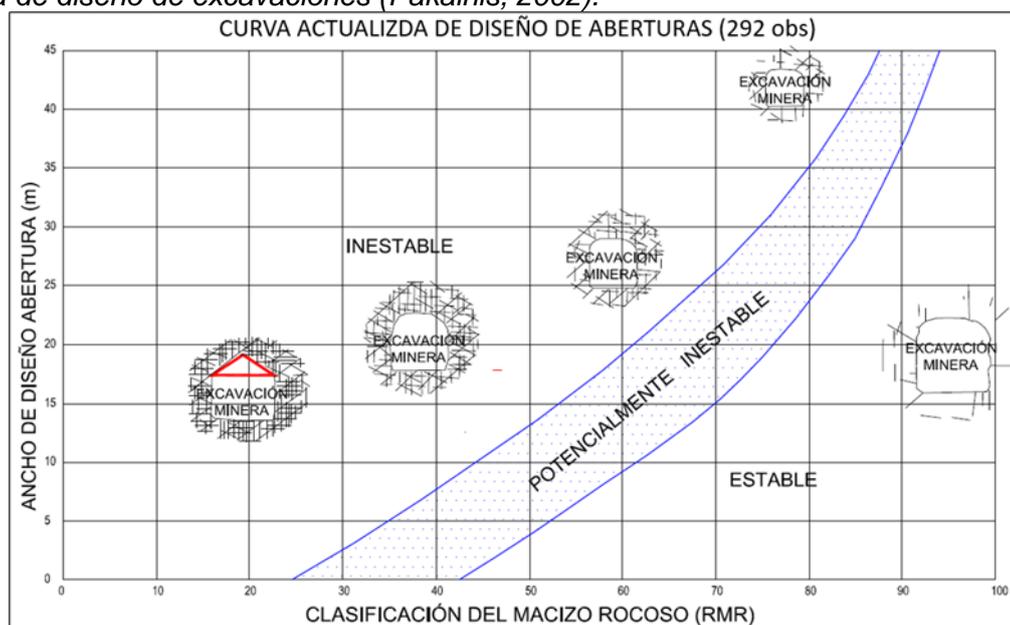
- Requieren de sostenimiento adicional para prevenir las fallas potenciales del macizo rocoso.
- Deformaciones hacia el interior del techo.
- Se requiere de trabajos de sostenimiento frecuente.

Excavaciones Inestables:

- El área ha colapsado.
- La zona de falla por encima del techo de la excavación es aproximadamente 0.5 veces el ancho de la excavación.
- El sostenimiento no fue efectivo para controlar la inestabilidad.

Figura 15

Curva de diseño de excavaciones (Pakalnis, 2002).



Nota: Tomado de Osinerming, (2017).

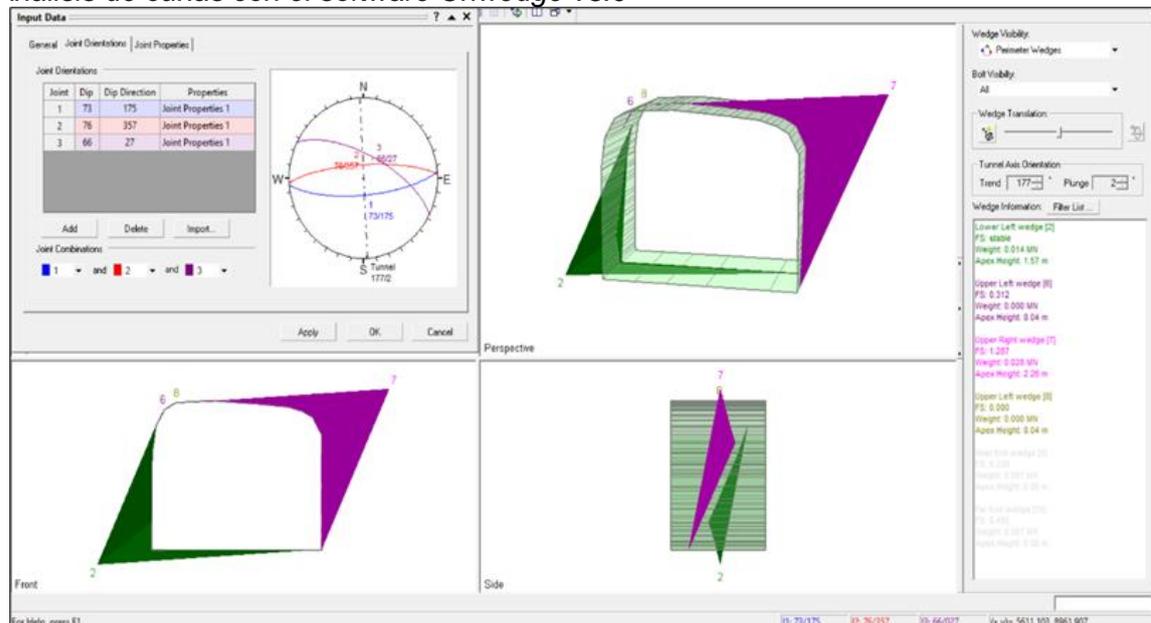
2.2.2 Método Análisis de Estabilidad estructuralmente controlada (Unwedge v3.0)

El software Unwedge v3.0, es un programa de análisis de estabilidad de cuñas en 3D y visualización de discontinuidades estructurales que se intersectan en el macizo rocoso que rodea una excavación subterránea, permite calcular el factor de seguridad de cuñas inestables y modelizar la influencia de los elementos de refuerzo en su estabilidad, determina todas las posibles cuñas que pueden formarse con al menos tres planos de uniones distintas y una cara de excavación, en general, la mayoría de las cuñas formadas con Unwedge v3.0 son tetraédricas en naturaleza, pero también se pueden formar cuñas prismáticas, (Rocscience, 2010) (ver Figura 16).

Unwedge es una herramienta de análisis numérico fácil de usar que se emplea ampliamente en operaciones subterráneas. Puede utilizarse para obtener una mejor comprensión de la interacción de factores críticos, de los parámetros como el tamaño de la excavación, la orientación relativa con respecto a la estructura geológica y la influencia de las propiedades del material (Hadjigeorgiou, 2023).

Figura 16

Análisis de cuñas con el software Unwedge v3.0



Nota: Departamento de Geomecánica de la Mina Cerro Lindo.

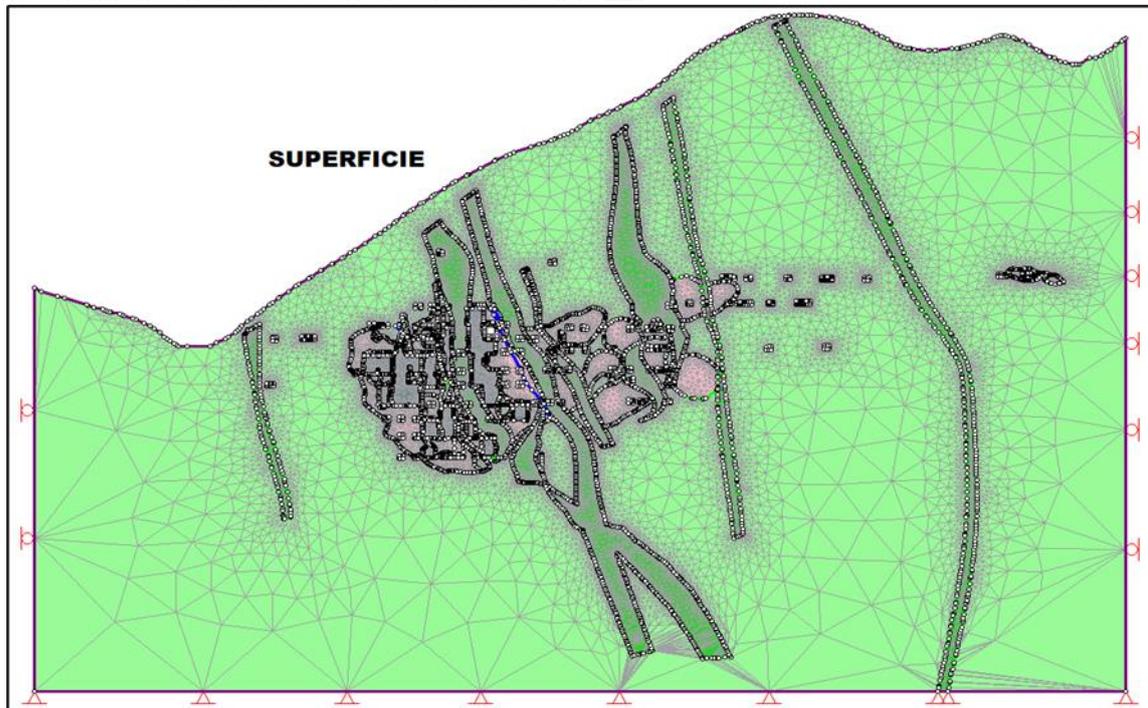
2.2.3 Métodos numéricos Elementos finitos (PHASE2).

El software Phase2 es un programa de cálculo bidimensional, usa los elementos finitos y análisis de esfuerzo (en la modelación elasto-plástica) para los análisis geotécnicos y con ello realizar los cálculos de deformación y esfuerzos alrededor de las excavaciones subterráneas o de superficie en roca o suelo, puede ser utilizado para resolver una amplia gama de problemas mineros e ingeniería civil, incluyendo el diseño de soportes, estabilidad de taludes mediante elementos finitos, filtración de aguas subterráneas y análisis probabilístico (Rocscience, 2010) (ver Figura 17).

El software Phase2 se ha utilizado ampliamente para el diseño y análisis de túneles, excavación de superficie y extracción de minerales, además puede resolver problemas en el área de la ingeniería de rocas al estimar la resistencia al corte y desplazamiento del vertedero interno circundante. Los elementos de revestimiento que pueden ser aplicados en el modelaje del proyecto son: el concreto, sistema de acero, muros de contención, pilotes, multi capa de revestimiento compuesto y muchos más (Mining, 2023).

Figura 17

Modelamiento numérico con el software PHASE2.



Nota: Departamento de Geomecánica de la Mina Cerro Lindo (2018).

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Geología regional

El depósito de Cerro Lindo está ubicado en un cinturón de rocas vulcano-sedimentarias marinas de 30 km por 10 km con tendencia noroeste de la Formación Huaranguillo del Albiense Medio al Senoniense (Cretácico medio), perteneciente al Grupo Casma (Zalazar y Landa, 1993), que a su vez está rodeado por intrusiones terciarias del Batolito de la Costa (ver Figura 18).

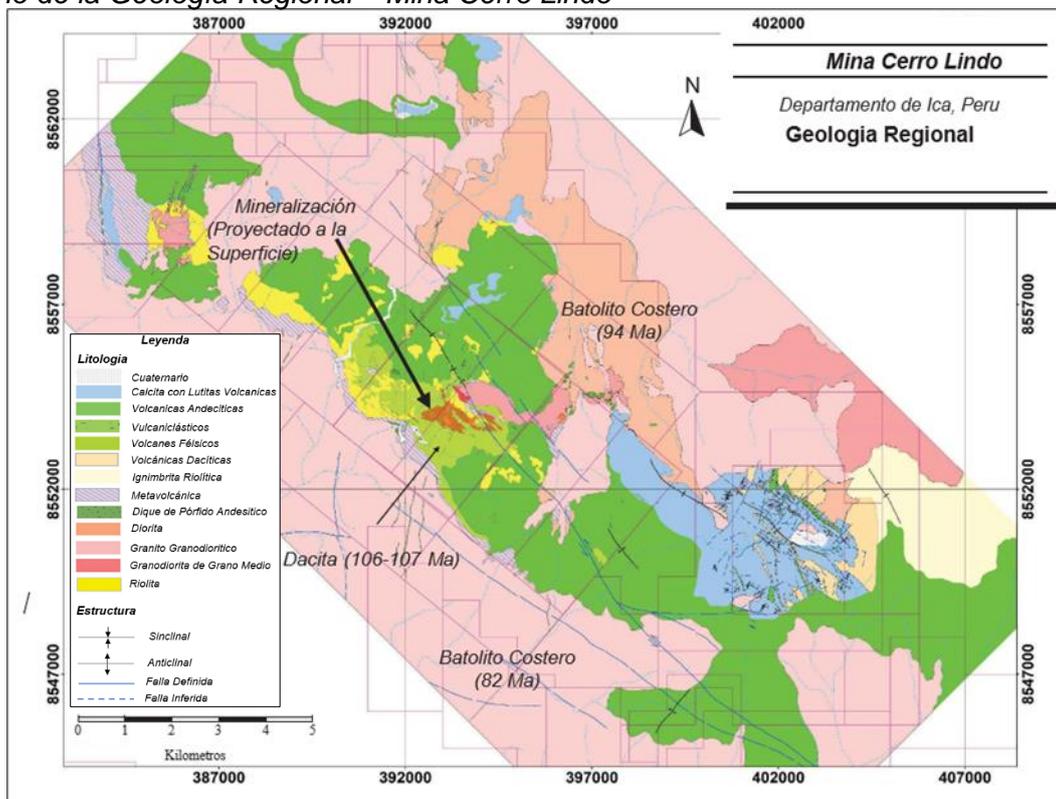
El Grupo Casma está dominado por andesitas porfídicas, que hicieron erupción en una cuenca de arco posterior fallida a través de un basamento más antiguo no expuesto como resultado de la tectónica extensional durante la subducción de la litosfera oceánica. Las rocas volcánicas sedimentarias de Casma se extienden a lo largo de 1.600 km a lo largo del Océano Pacífico, desde Ica, sur de Perú, hasta Piura, norte de Perú.

Rocas intrusivas del Cretácico Superior al Terciario del Batolito de la Costa invaden el Grupo Casma en la mayor parte de su extensión. En la región de Cerro Lindo, este cinturón intrusivo está compuesto por granodioritas, monzogranitos y dioritas de afinidad calco-alcalina. El emplazamiento del batolito se produjo episódicamente durante un período de 64 millones de años, entre 101 Ma y 37 Ma. El Batolito Costero está compuesto por las super unidades Catahuasi, Incahuasi y Tiabaya, que se superponen a rocas volcánicas y generalmente son de composición granodiorítica a tonalítica, con granulometría variable. Diques de pórfido andesítico atraviesan todas las unidades en una orientación general norte-sur. El emplazamiento del batolito generó un intenso metamorfismo de contacto de las rocas volcánicas sedimentarias adyacentes.

La Formación Huaranguillo tiene aproximadamente 3.000 m de espesor; presenta rocas volcánicas intercaladas en su base, volcánicas intermedias con algunas intercalaciones de lutitas en su parte superior y roca calcárea negra en capas de milímetros a centímetros de espesor en la parte superior de la secuencia.

Figura 18

Plano de la Geología Regional – Mina Cerro Lindo



Nota: Tomado de Departamento de Geología de la Mina Cerro Lindo (2020).

3.2 Geología local

El yacimiento de Cerro Lindo es un depósito de sulfuros masivos vulcano-génicos (VMS), cuya génesis es similar a otros depósitos VMS a nivel mundial. Está emplazado entre las unidades Topará y Huapunga, que son secuencias piroclásticas distales y/o removilizadas compuestas de tufos a cenizas y tufos monomícticos y polimícticos de lapilli sub redondeados.

El depósito de sulfuros masivos abarca una extensión aproximada de 1350 m de largo, 83 m de ancho y 245 m de profundidad. Esta secuencia mineral ocupa un graben de intracuenca con orientación hacia el NO; el depósito está inclinado hacia el SO con un buzamiento promedio de 65°, producto de la deformación orogénica.

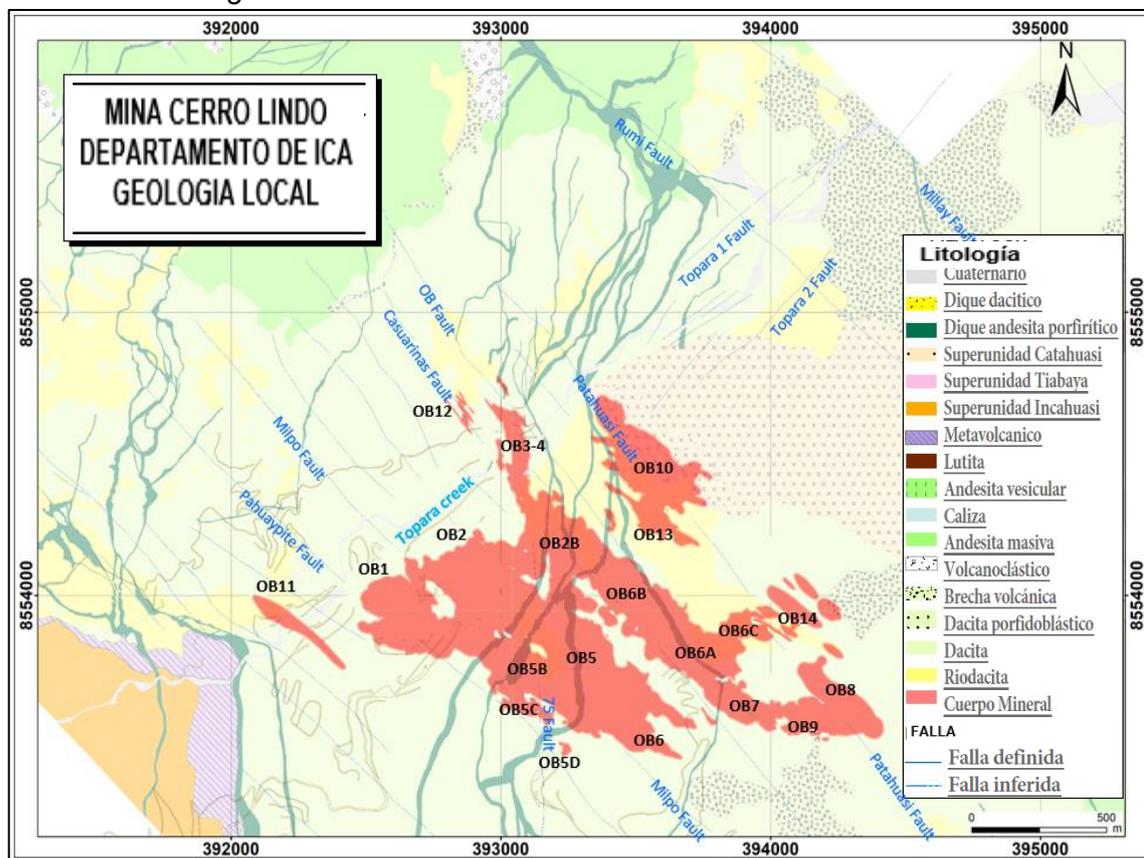
Hinostroza (2016) completó el mapeo geológico a escala 1:10,000 (Ver Figura 19). La Formación Huaranguillo, a escala de propiedad, consiste en una secuencia de cuencas

de retroarco de aproximadamente 2,250 m de espesor que se extiende de noroeste a sureste por aproximadamente 10 km x 5 km.

Zalazar y Landa (1993) dividieron la Formación Huaranguillo en el área de Cerro Lindo en dos miembros: un miembro inferior, compuesto por lutitas, tobas y andesitas, y un miembro superior, formado por calizas, lutitas y rocas volcánicas. Hinostroza (2016) posteriormente dividió la Formación Huaranguillo en tres unidades, Formación Huaranguillo, Intrusivo y otros diques.

Figura 19

Plano de la Geología Local – Mina Cerro Lindo.



Nota: Departamento de Geología de la Mina Cerro Lindo

3.2.1 Estratigrafía

La estratigrafía local del depósito Cerro Lindo se describe como sigue:

- **Formación Huaranguillo (105 a 106 Ma).**

Esta Formación forma parte del Grupo Casma, del Cretácico inferior Albiano y en Cerro Lindo se compone de tres miembros (Hinostroza, 2016):

Miembro Inferior: formado por cuatro unidades litológicas: riolitas, dacitas, brecha volcánica y vulcanoclástica, nombrados por Canales (2016).

Riolita: generalmente se presenta como cuerpos largos con direcciones noroeste-sureste y está estructuralmente controlada. Estas rocas son de color blanco con tonalidad rosada, de textura afanítica y/o raramente porfirítica, tienen ojos de cuarzo y en algunos casos esferulitas rodeadas de cuarzo (tipo vesículas llenas), y están en su mayoría silicificadas, con diseminación de sulfuros.

Dacita: estas rocas son de color blanco a gris pardo, de afaníticas a porfídicas, de isotrópicas a anisotrópicas, no magnéticas. Su textura es variable, siendo la más destacada la textura porfiroblástica tipo mosaico (o espina de sapo), debido a la presencia de cordieritas en su composición (producto del metamorfismo). También se observan texturas porfídicas, representadas por unos fenocristales de plagioclasa envueltos en una matriz. En zonas sin deformación la dacita es isotrópica, mientras que en zonas relacionadas con deformaciones y metamorfismo es anisotrópica, mostrando foliaciones noroeste-sureste y cierta relación con cuerpos mineralizados.

Brecha volcánica: roca discontinua, producto del vulcanismo en riolitas y dacitas, constituida por fragmentos angulares a subangulares de la riolita masiva, de tamaño centimétrico (< 20 cm) y con bordes bien definidos, envueltos en una Matriz fina de composición dacítica. Estos huecos muestran una gradación en el porcentaje de fragmentos riolíticos, desde 1% hasta aproximadamente 25%.

Vulcanoclástica: está formado por fragmentos monomíticos sub redondeados alargados de riolita (hasta 60 cm en su eje mayor) de aristas indefinidas en una matriz afásica de composición andesítica.

Miembro Superior: consiste principalmente en una intercalación de lutitas con andesitas masivas y vesiculares que en algunos casos tienen textura porfirítica. Su mejor exposición se encuentra en la vía UMCL hacia Chavín y en el Cerro Paltarumi, a una altitud mayor a los 2.400 msnm, mostrando una anomalía de color rojizo en imágenes de satélite.

En la base del miembro, las capas de lutitas-limolitas con espesores de hasta dos metros, denominadas "lutitas guía", son indicadores del contacto entre secuencias ácidas e intermedias.

Lutitas: lutitas negras con espesores de hasta 10 cm que se intercalan con láminas de limolita de milímetros de espesor, formando estratos de hasta dos metros. Estos estratos son ricos en hierro, lo que da color rojizo a las zonas de meteorización.

Andesitas masivas: generalmente de color gris a gris verdoso, de textura afanítica, no magnética. En ocasiones presentan cristales de plagioclasa o hornblenda de menos de dos milímetros.

Andesitas vesiculares: muy similares a las masivas, pero con presencia de vesículas de hasta 15 cm, sin embargo, con un tamaño promedio menor a tres milímetros, y llenas principalmente de calcita y ocasionalmente biotita y raramente de cuarzo o anfíbol. Ocasionalmente se observan fenocristales de plagioclasa cerca o en contacto con cuerpos intrusivos.

Miembro del techo: caracterizado por fases sedimentarias calcáreas, capas de margas-lutitas intercaladas con andesitas masivas en la parte inferior y estratos de piedra caliza con capas estrechas de limolitas y hornfels en la parte superior.

Margas-lutitas: observadas como "Techo colgante" en las zonas más altas del intrusivo (principalmente en la Superunidad Catahuasi). Estos parecen estar fuertemente silicificadas, en algunos casos clasificados como hornfels con estratificación aleatoria.

Hornfels calizas: de más de un metro de espesor, observados en elevaciones superiores a los 2.500 msnm (al suroeste del pueblo de Chavín), caracterizados por intercalaciones de láminas oscuras de un centímetro de espesor y blancas de un milímetro de espesor. Estas láminas están separadas por capas de limolita milimétricas y forman estratos de más de 400 m de espesor, intensamente plegados en dirección noroeste-sureste y en algunos sectores cortados por diques riolíticos.

- **Intrusivos**

Se identifican tres intrusivos principales en la Formación Huaranguillo con edades del Turoniano al Campaniano, las superunidades Catahuasi, Incahuasi y Tiabaya.

Superunidad Catahuasi: ubicada en el Cerro Campanario, con orientación general noroeste-sureste, y tiene una extensión con rumbo noroeste-sureste en una distancia no mayor a tres kilómetros, controlada estructuralmente (Falla Patahuasi). Esta superunidad consiste principalmente en una granodiorita-tonalita no magnética, isotrópica, de grano fino equigranular, de color blanco a gris claro, con un 15% de hornblenda (principal mineral máfico). Su edad por el método U-Pb es en promedio de 93,72 Ma (Meffre y Thompson, 2016).

Superunidad Incahuasi: ubicada al oeste del Cerro Paltarumi, al oeste del arroyo Pucasalla. Está compuesto de granodiorita-granito equigranular de grano medio, de color gris rosado, gris oscuro, isotrópico a anisotrópico. El miembro inferior de la superunidad está en contacto con las secuencias volcánicas, donde una fuerte deformación y fusión parcial produjeron rocas meta volcánicas. Su edad por el método U-Pb es en promedio 82,35 Ma (Meffre y Thompson, 2016) metros, controlado estructuralmente (Ejem Falla Patahuasi). Esta superunidad consiste principalmente en una granodiorita-tonalita no magnética, isotrópica, de grano fino equigranular, de color blanco a gris claro, con un 15% de hornblenda (principal mineral máfico). Su edad por el método U-Pb es en promedio de 93,72 Ma (Meffre y Thompson, 2016).

Superunidad Tiabaya: ubicada al norte del Cerro Mesarumi y se caracteriza por la presencia de enclaves de microdioritas y andesitas masivas. Esta unidad es compuesta por tonalita de grano grueso equigranular, isotrópica, de color gris, con siendo la hornblenda el principal mineral máfico. Según el INGEMMET, tiene diferenciados en cinco pulsos magmáticos, formando una estructura centrada a lo largo del río San Valle del río Juan, donde tiene una edad promedio de 80 ± 8 Ma.

- **Otros diques:**

Existen tres tipos diferentes de diques, siendo el pórfido andesítico es el más abundante.

Pórfido andesítico: el más predominante entre los diques, es de color gris verdoso tiene textura porfirítica y es isotrópico con magnetismo moderado.

La textura porfirítica está marcada por la presencia de fenocristales euhédricos de plagioclasa de hasta cinco milímetros englobados en una matriz verde de grano fino.

Su edad por el método U-Pb es en promedio 73,89 Ma (Meffre y Thompson, 2016).

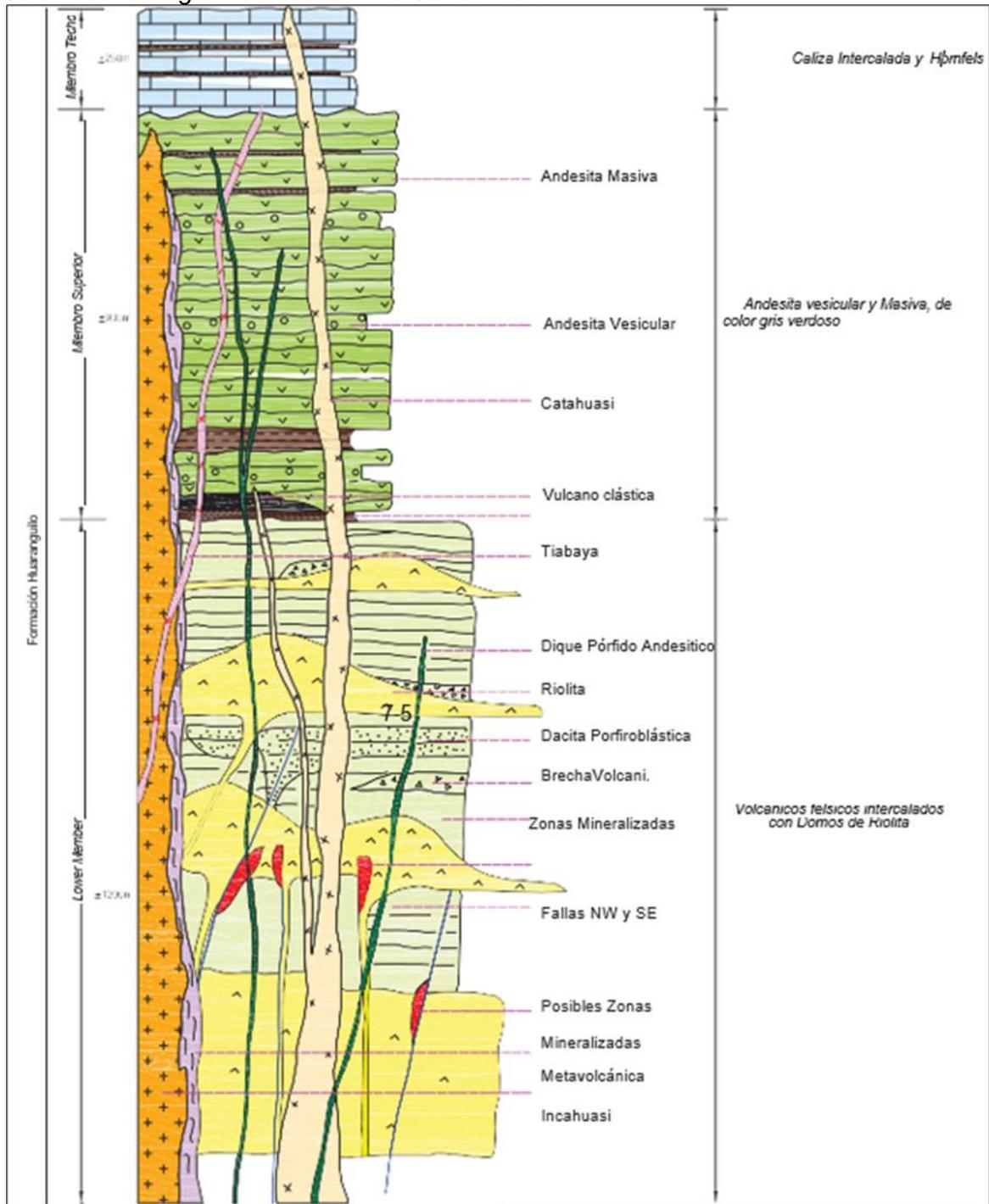
Pórfido riodacítico: corta los diques de pórfido andesítico, es de color gris verdoso tiene textura porfídica y es isotrópico no magnético.

Su textura está marcada por la presencia de fenocristales de feldespato euhédricos de menos de tres milímetros, anédricos ojos de cuarzo de hasta cinco milímetros y hornblenda subédrica de hasta un milímetro envuelto en una matriz verde de grano fino.

Pórfido dacítico: observado en el Cerro Quishpi Pata, tiene una orientación nortee-noreste a sur suroeste y un espesor de hasta 5 m, corta el miembro superior del Formación Huaranguillo y es cortada por la Superunidad Catahuasi es de color blanco, tiene una textura afanítica y muestra cuarzo euhédrico ocasional fenocristales en una matriz afanítica.

Figura 20

Columna Estratigráfica Local – Mina Cerro Lindo.



Nota: Tomado de Departamento de Geología de la Mina Cerro Lindo (2020)

3.3 Investigaciones de campo y laboratorio

Para la presente evaluación, se ha requerido la ejecución de una serie de actividades relacionadas con las investigaciones geológicas, geo-estructurales y laboratorio de Mecánica de Rocas, se levantó información geotécnica principalmente del

mapeo geomecánico del macizo rocoso (estaciones geomecánicas) desarrollados en los trabajos de campo efectuados por el tesista y la información geomecánica existente desarrollados por el Departamento de Geomecánica de Mina Cerro Lindo.

3.3.1 Mapeo geomecánico por celdas (Estación Geomecánica)

Para la caracterización de la masa rocosa de la zona de evaluación se registraron datos a partir de mapeos geotécnicos de campo en exposiciones rocosas, mediante el "Método directo por celdas de detalle" y/o "Estaciones Geomecánicas", mediante este método se efectuaron mediciones sistemáticas en 62 estaciones geomecánicas realizadas a lo largo de la zona de estudio (ver Tabla 20).

Los parámetros más importantes que se tomaron durante el mapeo geomecánico fueron el tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, intemperización y presencia de agua, se registraron datos sobre la resistencia de la roca, la frecuencia de fracturamiento, en este último caso para obtener el RQD y datos de las discontinuidades mayores o principales como fallas, poniendo estas estructuras en los planos geológico estructurales (ver Anexo 1)

Durante las mediciones sistemáticas de las estaciones geomecánicas, se realizó una inspección visual sobre la calidad del macizo rocoso en todas las labores donde se hizo el recorrido durante los trabajos de campo, también se registraron datos de las discontinuidades principales plasmados en los planos geomecánico estructurales que se tenía disponible en la mina Cerro Lindo.

Tabla 20

Distribución de estaciones por zonas y niveles

ESTACIONES GEOMECÁNICAS		
Niveles	Mapeo Geomecánico (Tesista)	Mapeo Geomecánico (DCR-2017)
1650	15	4
1680	12	3
1710	11	5
1740	12	5
1770	12	

Los parámetros de observación y medición para el mapeo geomecánico fueron obtenidos en formatos de registro que son elaboración del área de geomecánica (Cerro Lindo), adecuándolos a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM).

3.3.2 Muestreo y ensayos de laboratorio de mecánica de rocas

Se ejecutaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la roca intacta. Durante los trabajos de campo se realizaron un muestro de bloques de rocas, de las principales litologías que se encuentra emplazado el Bypass 745, como es el caso del mineral SPP - SPB, de la roca encajonante (volcánico) y del dique andesítico (ver Tabla 21).

Los ensayos de mecánica de rocas que fueron realizadas en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Universidad Nacional de Ingeniería son los siguientes:

- Propiedades físicas: densidad, porosidad y absorción.
- Propiedades de resistencia mecánica: compresión uniaxial, compresión triaxial, tracción indirecta, carga puntual y corte directo.

Tabla 21

Relación de Ensayos Ejecutados de Laboratorio de Mecánica de Rocas.

Litología	Resistencia a la Compresión Uniaxial	Triaxial	Tracción Indirecta	Carga Puntual	Corte Directo	Propiedades Físicas
SPP	1	1	1	1	1	1
SPB	1	1	1	1	1	1
VOLCÁNICO	1	1	1	1	1	1
DIQUE	1	1	1	1	1	1

3.4 Caracterización geotécnica del macizo rocoso

La caracterización geotécnica tiene por finalidad determinar la calidad y clasificación del macizo rocoso, además permite obtener información de las propiedades físicas y mecánicas del macizo rocoso, lo cual resulta importante para la estabilidad y construcción de túneles y excavaciones subterráneas.

En la zona de Cerro Lindo, se encuentra rocas volcánicas,

3.4.1 Litología

La zona de estudio está emplazada mayormente en roca volcánica representando en promedio el 60%, los sulfuros masivos (zona de mineral) roca que solo se identificaron en los Niveles 1650 al 1710 representando el 25% y diques rocas que se identificó en todos los niveles representando el 16%, los cuales se describen a continuación:

Volcánico: rocas que se encuentra entre el OB5 y el OB5B alrededor de los sulfuros conformando la roca encajonante, se trata de una roca volcánico félsico de composición riolítica a riodacítica las cuales presentan una coloración blanca grisácea con tonalidades rosadas, azulinas a verduscas con presencia de pirita diseminada y fenocristales de plagioclasa y cuarzo.

La roca volcánica de la zona de evaluación en su mayoría es de calidad regular (IIIA-IIIB) de fracturada a muy fracturada y en las zonas donde se presenta la calidad del macizo rocoso pobre (IVA), se observa problemas estructurales (presencia de fallas) y contenidos de sericita, arcilla en los sistemas de diaclasamiento (relleno).

Dique: rocas que cortan a los cuerpos del sulfuro masivo y volcánicos que son composición andesítica a máfica de textura porfirítica, grano medio, cristales de plagioclasas y una matriz verdosa presentando una alteración propilítica con presencia de cloritas, micas y arcillas que afectan negativamente las condiciones de las juntas y posterior a ella una silicificación.

Los diques que se identificaron en la zona de estudio son competentes de calidad regular (IIIA-IIIB) de leve a muy fracturado.

Sulfuro masivo (zona de mineral): rocas donde se encuentra el mineral en la cual los ensambles mineralógicos consisten en esfalerita, pirrotita, calcopirita, galena, marmatita, pirita y baritina y los diques de pórfido andesíticos a dacítico frescos que cortan transversalmente a los sulfuros y volcánicos.

Las rocas de sulfuros masivos que se identificaron en la zona de evaluación son:

Sulfuros primarios de Pirita – SPP: en estos tipos de roca los sulfuros están compuestas exclusivamente de pirita, que contiene menos del 10% de barita y poca

calcopirita intersticial, presenta una textura homogénea y granular, usualmente con tamaños de grano grueso a muy grueso (3 mm a 6 mm) también se despliegan algunos de tamaños de grano más fino (0.4 mm a 2 mm).

Sulfuros masivos Primario de Baritina - SPB: este tipo de roca contiene más del 50% de sulfuros, presentándose en más del 10% la baritina de color blanco dentro de los sulfuros, su mineralización consiste en esfalerita (en color marrón), calcopirita y galena; la plata se encuentra en la galena argentífera, la textura de esta mineralización puede ser granular o presentar un bandeamiento grueso. Típicamente también son de grano grueso con tamaños de grano alcanzó desde 3 a 6 mm.

En los sulfuros masivos (SPP – SPB) el tamaño de grano afecta el comportamiento geomecánico, siendo los de granos gruesos más desfavorable ya que tienden a desmoronarse fácilmente en granos individuales de pirita, pero la ausencia de arcillas o minerales suaves como relleno puedan incrementar la calidad del macizo rocoso, presentan rocas de calidad regular a pobre y muy fracturado. Los de grano fino son más favorable geomecánicamente, presentando rocas de calidad regular y levemente fracturado.

Los sulfuros masivos (SPP – SPB) que se identificaron en la zona de evaluación son competentes de calidad regular (IIIA - IIIB) y muy fracturado.

3.4.2 Alteración

El principal patrón de alteración hidrotermal en Cerro Lindo es una extensa y pervasiva alteración sericita-pirita, que se forma alrededor del depósito tanto en la caja piso como en la caja techo, que se produce por el cambio mineralógico en las rocas encajonantes que albergan al depósito mineralógico, que junto con la formación de cuerpos masivos de sulfuros se obtiene diferentes tipos de alteración hidrotermal.

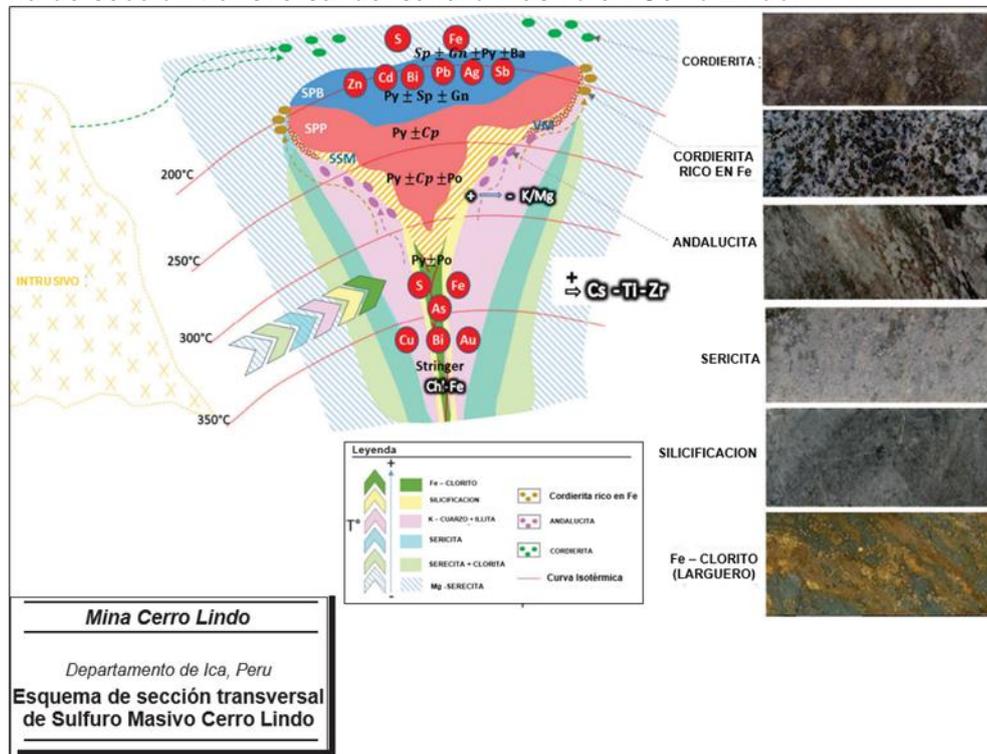
Se desarrollan halos de silicificación en la raíz, cloritización a lo largo de los bordes de la base y alteración sericítica que forman el halo más ancho (desde K-sericita proximal hasta Mg sericita más distal).

Los productos del intemperismo, como limonita, hematita y goethita producen una prominente anomalía de color rojo hematita sobre la superficie y la alteración clorítica oscura a negra de alta temperatura es observada localmente en zonas de debilidad y fallas, asociada con stringer con calcopirita.

En la Figura 21, se muestra un esquema de sección transversal del sulfuro masivo en Cerro Lindo con sus halos de alteración hidrotermal, posibles isotermas del fluido hidrotermal en el momento de mineralización y distribución de elementos químicos en las diferentes zonas del yacimiento.

Figura 21

Esquema de sección transversal del sulfuro masivo en Cerro Lindo.



Nota: Tomado de Departamento de Geología de la Mina Cerro Lindo.

3.4.3 Condiciones estructurales

La zona de Cerro Lindo, en forma general sufrió fuerte plegamiento y fallamiento durante la evolución de los depósitos de mineralización de sulfuro masivo, lo que origino grandes bloques generando un graben de intracuenca donde se depositaron los sulfuros masivos. El patrón estructural corresponde a pliegues abiertos acompañados de una débil a muy débil esquistosidad, sin embargo, ciertas zonas de corte localmente producen

esquistosidad intensa. Se han identificado tres grandes estructuras de este graben, las que han desarrollado tres sistemas de fallas regionales con características muy determinantes (ver Figura 22).

3.4.3.1 Fallas regionales. Se detallan seguidamente las fallas regionales.

Fallas orientadas al NW. Son las más antigua, anterior a la depositación de los sulfuros masivos, estas estructuras son las que le dieron la forma al paleo relieve, conformando el corredor principal donde se albergan los sulfuros masivos y litológicamente también delimitan la unidad u horizonte principal de emplazamiento dentro de la Formación Huaranguillo.

Este sistema de fallas ha sido identificado en el NV 1770 por la Galería 125 NW, NV 1740 en la rampa 678, Nv 1710 y Nv 1680, actualmente están cubiertas por concreto lanzado, pero la superficie de la bóveda de estas labores se muestra irregular con ondulación, en cierto grado sobre excavado.

Fallas regionales orientadas al NE. Estas estructuras son los conductos principales por donde los fluidos hidrotermales ricos en Cu y Fe reemplazan a la mineralización de Zn, Ag y Pb y han tenido un papel importante en la cantidad de sulfuros depositados, finalmente estas estructuras son reemplazadas por diques andesíticos porfiríticos recientes.

Estos sistemas de fallas son paralelos a la orientación de los diques. Los cuerpos mineralizados están separados por cinco diques con orientación predominante N20°E. Mientras que los diques en la zona del OB6 y OB7, tienen orientaciones de N10°S y el buzamiento varía de 75 a 90° al sud este.

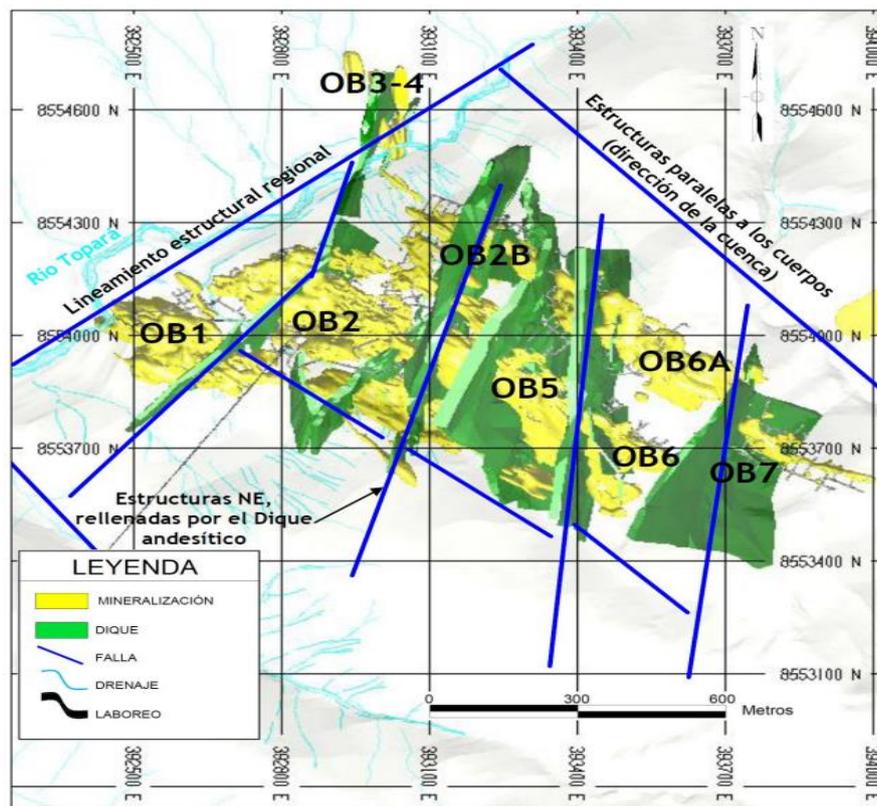
Estos diques en su mayoría son de naturaleza andesita porfirítica y sus espesores varían en el rango de 10 a 60 m, aunque se han registrado diques menores a 10 m de espesor. El contacto dique y roca volcánica está generalmente fallada, se han inspeccionado fallas con superficies estriadas de hasta un 1 m de espesor en su mayoría, aunque también se han registrado algunas fallas con 2 m de espesor presentando como relleno panizo y brecha de falla.

Fallas regionales orientadas al NS. Es un sistema de falla inversas, que se originaron posteriores a la depositación de la mineralización. Este sistema de fallas controla el emplazamiento de diques estériles que cortan las principales zonas mineralizadas, en el OB5 también existen diques y fallas NS.

Las fallas de este sistema se han registrado en el NV 1800 Gal 956 y CX 014, NV 1800 CX 799, NV 1880 Bypass 105 y CX 692NE y NV 1940 Bypass 955SE y CX 791, se han identificado fallas de 0.60 a 2.0 m de espesor y brecha de falla y panizo como relleno de las mismas.

Figura 22

Contexto estructural de la Mina Cerro Lindo.



Nota: Tomado de Departamento de Geología de la Mina Cerro Lindo.

3.4.3.2 Fallas locales. En la zona de evaluación (Bypass745), las fallas identificadas en los tramos de los CX 002 al CX 019, presentan un espaciado por lo general mayores a 10 m, con persistencias de decenas de metros y aperturas de 1 a 5 cm en donde las superficies de las caras son ligeramente rugosas a lisas con ciertas

ondulaciones, en estas fallas se observa rellenos de materiales de roca, materiales oxidados y arcillas, el área de influencia de estas fallas no es significativa. (Ver Anexo 2).

En los tramos de los CX 020 al CX 022, las fallas existentes presentan espaciamientos de 1 m a 3 m, con persistencias de decenas de metros y aperturas que

llegan hasta los 20 cm, en donde las superficies de las caras son ligeramente rugosas a lisas y espejos de falla con ciertas ondulaciones, en estas estructuras se observa rellenos de materiales de roca, materiales de panizo, brechas, materiales oxidados y arcillas, el espesor de estos rellenos varía entre 5 y 15 cm materiales oxidados y arcillas, el área de influencia de las fallas si es significativa alcanzando en algunos casos hasta 2 m. (Ver Anexo 2).

3.4.3.3 Sistemas de discontinuidades. Para establecer las características de las discontinuidades, se registraron datos tales como su orientación (buzamiento “Dip” y dirección de buzamiento “Dip/Dir”), el espaciamiento, la persistencia, la rugosidad, separación o abertura, el grado de meteorización, resistencia del relleno y la presencia de agua información registrada en el mapeo geomecánico del macizo rocoso realizado en los diferentes niveles del By pass 745 (estaciones geomecánicas realizada por el tesista). (Ver Anexo 1), Según esto, las principales características de las discontinuidades son:

Diaclasas de los sulfuros primario (SPP – SPB): presentan mayormente espaciamientos entre 20 a 60 cm y en algunos se tiene espaciamientos de 6 a 20 cm, presentan persistencia de 1 a 10 m con apertura menores a 1 mm y otras de 1 a 5 m, las paredes de las discontinuidades de la superficie son rugosas a ligeramente rugosas con ciertas ondulaciones, presentando una alteración de ligera a moderada, se observa relleno suave a duro y menor a 5 mm con presencia de óxidos, pirita y baritina localmente superficies mojadas.

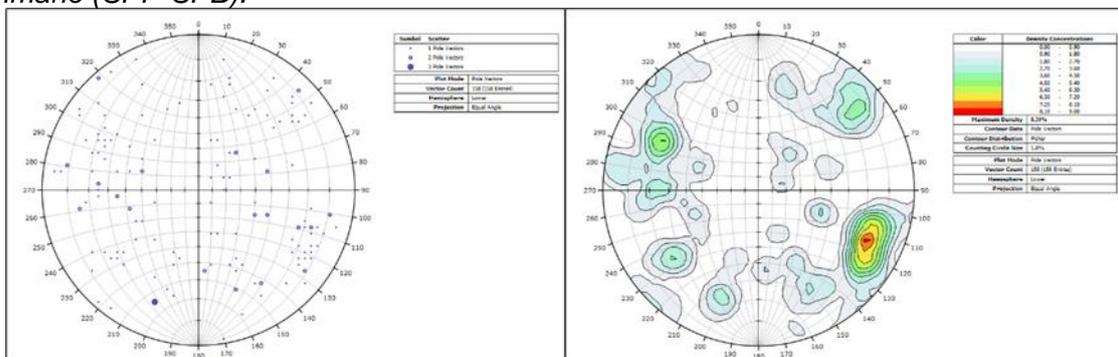
Diaclasas de los volcánicos: presentan espaciamientos entre 20 a 60 cm y en algunos se tiene espaciamientos de 6 a 20 cm, presentan persistencia de 3 a 10 m con apertura de 1 a 5 m, las paredes de las superficies son ligeramente rugosas a lisas con ciertas ondulaciones, presentando alteraciones de moderada a muy alterada, el relleno

presente es suave a duro y menor a 5 mm, con presencia de calcitas y arcillas con presencia de humedad y localmente superficies mojadas.

Diaclasas de los diques: presentan espaciamiento entre 20 a 60 cm, persistencia de 3 a 10 m, apertura menor a 1 mm y otras de 1 a 5, las paredes de las superficies son ligeramente rugosa con ciertas ondulaciones y por lo general están ligeramente alteradas, el relleno presente es suave a duro, con presencia de calcitas y arcillas, localmente superficies mojadas. Para la zona de estudio, la data estructural se obtuvo del mapeo geomecánico (estaciones geomecánicas realizada por el tesista) del Bypass 745 en los diferentes niveles de la mina (NV 1650, NV 1680, NV 1710, NV 1740 y NV 1770), donde se tomaron 260 mediciones y la data estructural obtenida de los planos geomecánicos estructurales que se tenía disponible en la mina Cerro Lindo la cual se contó con 214 mediciones. Los resultados de las características de distribución de los sistemas de discontinuidades estructurales se muestran primero en los formatos del mapeo geomecánico, para cada estación de medición, luego se muestran en los Planos Geológicos Geomecánicos (ver Anexo 2). Para establecer la distribución de las discontinuidades estructurales, tanto mayores como menores, se realizó la agrupación de las discontinuidades en familias cuyo procesamiento de los datos de orientación se realizó mediante técnicas de proyección estereográfica, utilizando el software DIPS Versión 6.000 de Rocscience Inc. (2013). (ver Figura 23,24 y 25).

Figura 23

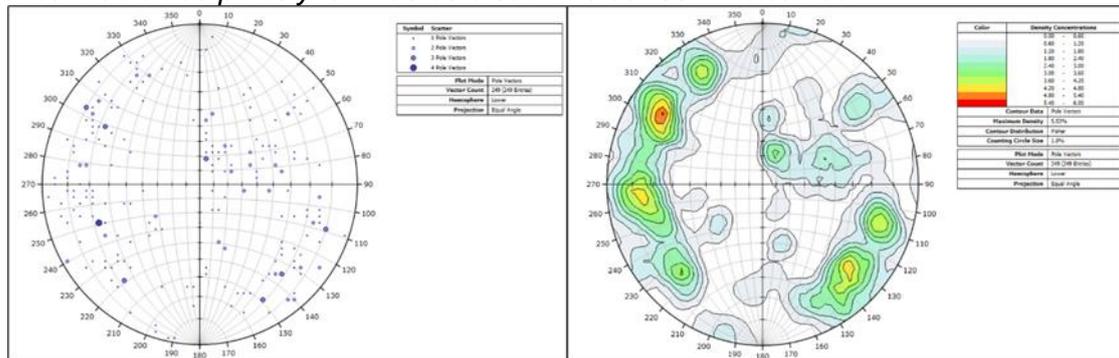
Concentración de polos y familias principales de discontinuidades – Sulfuro masivo primario (SPP-SPB).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24

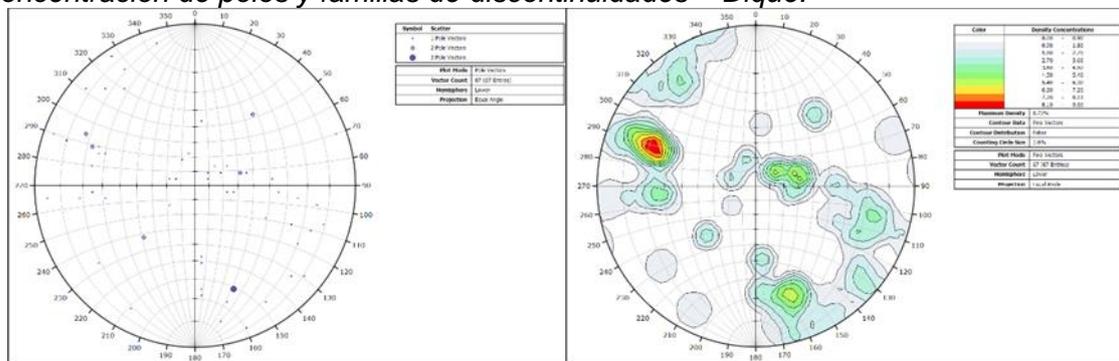
Concentración de polos y familias de discontinuidades – Volcanico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Concentración de polos y familias de discontinuidades – Dique.



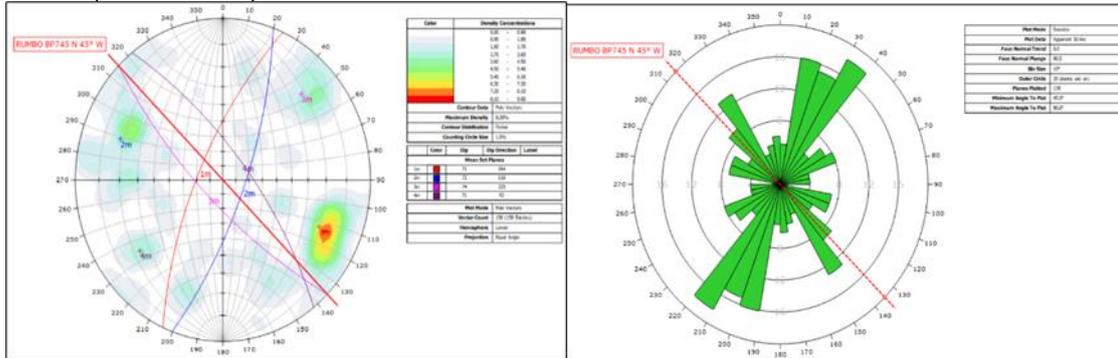
Fuente: Elaboración propia

Del análisis con software DIPS de la información estructural recopilada e interpretada se menciona lo siguiente:

Sulfuro masivo primario (SPP-SPB): se tiene 2 sistemas de diaclasamiento principales, presentando el primer sistema un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 71°/294° y el segundo sistema de diaclasamiento presentando un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 73°/110°, estos sistemas principales tienen un rumbo de NNE y buzamientos altos al NW y SE respectivamente. Se tienen 2 sistemas de diaclasamiento secundarios presentando el tercer sistema un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 74°/225° y el cuarto sistema de diaclasamiento teniendo un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 71°/052°, estos sistemas secundarios presentan un rumbo de NNW y buzamientos altos al NE y SW respectivamente (ver Figura 26).

Figura 26

Orientación de los sistemas de discontinuidades y diagrama de rosetas – sulfuro masivo primario (SPP – SPB)

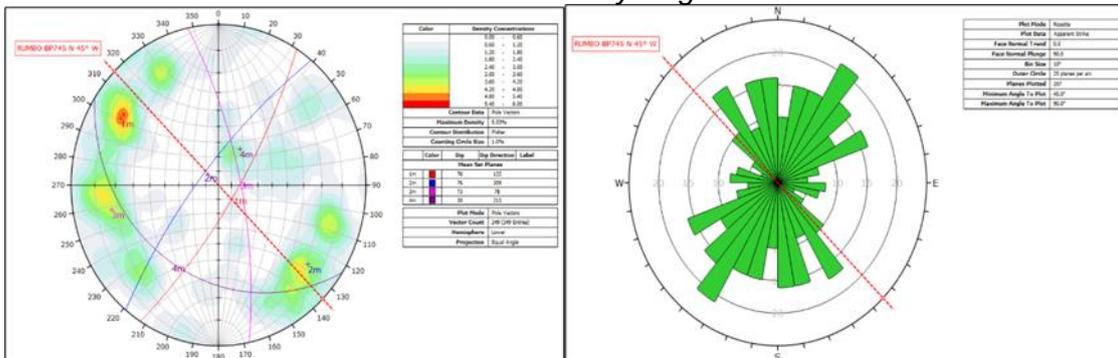


Fuente: Elaboración propia

Volcánico: se tiene 2 sistemas de diaclasamiento principales, presentando el primer sistema un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 76°/122° y el segundo sistema de diaclasamiento teniendo un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 76°/309°, estos sistemas principales presentan un rumbo de NNE y buzamientos altos al SE y NW respectivamente. Se tiene 2 sistemas de diaclasamiento secundarios presentando el tercer sistema un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 73°/078° y el cuarto sistema de diaclasamiento teniendo un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 30°/213°, estos sistemas secundarios presentan un rumbo de NNW y buzamientos bajos al SW y NE respectivamente (ver Figura 27).

Figura 27

Orientación de los sistemas de discontinuidades y diagrama de rosetas – Volcánico.



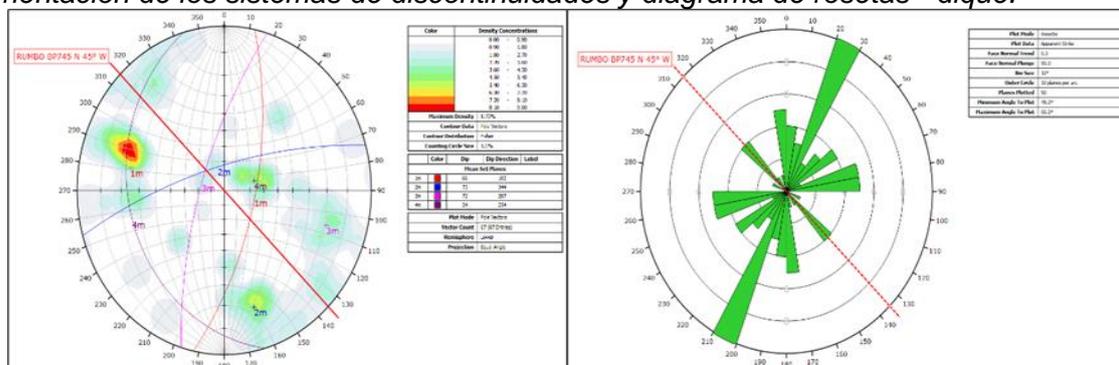
Fuente: Elaboración propia

Dique: se tiene 2 sistemas de diaclasamiento principales, presentando el primer sistema un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de 66°/102° y el

segundo sistema de diaclasamiento teniendo un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de $73^{\circ}/344^{\circ}$, estos sistemas principales presentan un rumbo de NNE y NNW respectivamente con buzamientos altos al SE y NW respectivamente (Ver Figura 28) y se tiene 2 sistemas de diaclasamiento secundarios presentando el tercer sistema un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de $72^{\circ}/287^{\circ}$ y el cuarto sistema de diaclasamiento teniendo un buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCION) de $24^{\circ}/254^{\circ}$, estos sistemas secundarios presentan un rumbo de NNE y buzamientos altos al SE y NW respectivamente (ver Figura 28).

Figura 28

Orientación de los sistemas de discontinuidades y diagrama de rosetas - dique.



Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Agua subterránea

La presencia del agua dentro de la masa rocosa influye adversamente en las condiciones de estabilidad de las labores subterráneas, su principal efecto es la presión que ejerce en las discontinuidades, disminuyendo la resistencia al corte y por tanto disminuyendo el factor de seguridad o grado de estabilidad, por ello es importante tomarlo en cuenta. En terrenos de mala calidad, la presencia del agua puede influir negativamente en las condiciones de estabilidad de las labores mineras.

En la zona de evaluación la presencia del agua no tiene influencia significativa adversa en la estabilidad de las excavaciones debido a que su presencia es mínima, no se observa presencia de nivel freático.

La presencia de agua en la zona del Bypass 745 está relacionada principalmente a la operación minera ya que el agua de las perforaciones tanto de producción como de las

perforaciones diamantinas y del relleno, se infiltra en la masa rocosa y percola hacia las labores inferiores, haciendo que sea necesario el bombeo del agua acumulada hacia la superficie. También se ha observado en el tiempo que lleva la operación minera, la presencia de pequeñas bolsonadas de agua en el interior de la masa rocosa que cuando son conectadas con las labores mineras estas drenan hasta secarse.

3.4.5 Resistencia de la roca intacta

Uno de los parámetros más importantes del comportamiento mecánico de la masa rocosa, es la resistencia compresiva no confinada de la roca intacta (σ_c) o denominada también UCS. Durante los trabajos de campo, como parte del mapeo geomecánico de las labores subterráneas, se realizaron ensayos de golpe con el martillo de geólogo siguiendo las normas sugeridas por la ISRM, a fin de estimar la resistencia compresiva de la roca intacta, los valores de las resistencias estimadas se presentan en los formatos de los Anexos 1 como parte de los trabajos de campo.

Se realizó el muestreo de bloques de rocas de las principales litologías como es el caso del mineral SPP, SPB, Volcánico y del dique andesítico cuyas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Universidad Nacional de Ingeniería para realizar ensayos de resistencia.

Los resultados de estos ensayos de laboratorio se presentan en el Anexo 5. En las Tablas 22, 23, 24 y 25 se muestran los resultados resumidos de los ensayos de compresión uniaxial, carga puntual, tracción indirecta y compresión triaxial respectivamente y en la Tabla 26 se muestran los resultados de las propiedades físicas.

Tabla 22

Resultados de los ensayos de compresión uniaxial.

Muestra	Nivel	Cuerpo	Litología	σ_c (Mpa)
M - 2	1880	OB5	SPP	32.5
M - 3	1880	OB5	SPB	49.8
M - 6	1820	OB5	VOL	74.3
M - 7	1740	OB 5 - OB2	DIQUE AND	135.9

Tabla 23*Resultados de los ensayos de carga puntual.*

Muestra	Nivel	Cuerpo	Litología	I_s (Mpa)	σ_c (Mpa)
M - 2	1880	OB5	SPP	1.68	35.9
M - 3	1880	OB5	SPB	1.00	21.7
M - 6	1820	OB5	VOL	4.41	94.3
M - 7	1740	OB 5 - OB2	DIQUE AND	6.51	138.8

Tabla 24*Resultados de los ensayos de tracción indirecta.*

Muestra	Nivel	Cuerpo	Litología	σ_t (Mpa)
M - 2	1880	OB5	SPP	2.2
M - 3	1880	OB5	SPB	2.1
M - 6	1820	OB5	VOL	4.7
M - 7	1740	OB 5 - OB2	DIQUE AND	12.6

Tabla 25*Resultados de los ensayos de compresión triaxial.*

Muestra	Nivel	Cuerpo	Litología	" m_i "	σ_c (Mpa)	Cohesión (Mpa)	Angulo de fricción (°)
M - 2	1880	OB5	SPP	21.22	42.19	8.84	48.77
M - 3	1880	OB5	SPB	22.01	40.42	8.97	48.27
M - 6	1820	OB5	VOL	26.17	55.32	10.27	52.66
M - 7	1740	OB 5-OB2	DIQUE AND	28.98	110.14	17.52	56.36

Con los ensayos de compresión triaxial se han obtenido además de la resistencia compresiva no confinada de la roca intacta, valores de la constante " m_i " del criterio de falla de Hoek y Brown (2002-2007) y los parámetros de resistencia al corte de Mohr Coulomb: cohesión y ángulo de fricción, todos estos parámetros correspondientes a la roca intacta. (ver Tabla 25).

Tabla 26*Resultados de los ensayos de las propiedades físicas.*

Muestra	Nivel	Cuerpo	Litología	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Peso Específico Aparente (Kg/m ³)
M - 2	1880	OB5	SPP	1.05	0.24	42.47
M - 3	1880	OB5	SPB	0.53	0.12	45.25
M - 6	1820	OB5	VOL	1.12	0.39	28.04
M - 7	1740	OB 5-OB2	DIQ-AND	2.37	0.88	26.46

3.4.6 Resistencia de las discontinuidades

Desde el punto de vista de la estabilidad controlada por las discontinuidades estructurales, es importante conocer las características de resistencia al corte de las discontinuidades, ya que éstas constituyen superficies de debilidad de la masa rocosa y por tanto planos potenciales de falla.

La resistencia al corte en este caso está regida por los parámetros de fricción y cohesión del criterio de falla Mohr -Coulomb, estos parámetros de resistencia al corte fueron determinados mediante ensayos de corte directo sobre superficies simuladas, los resultados de estos ensayos de laboratorio se presentan en el Anexo 5. En la Tabla 27, se muestran los resultados resumidos.

Tabla 27*Resultados de los ensayos de corte directo en discontinuidades*

Muestra	Nivel	Cuerpo	Litología	Cohesión (Mpa)	Angulo de fricción (°)
M - 2	1880	OB5	SPP	0.092	28.17
M - 3	1880	OB5	SPB	0.097	29.71
M - 6	1820	OB5	VOL	0.110	29.88
M - 7	1740	OB 5 - OB2	DIQUE AND	0.127	29.29

3.4.7 Clasificación del macizo rocoso (RMR89, Q, índice RQD)

Para realizar la clasificación geomecánica del macizo rocoso del By pass 745, se utilizó la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR – Rock Mass Rating o Valoración del Macizo Rocosos – 1989). (ver ítem 2.1.2.2), la clasificación geomecánica Q de Barton

(1974) (ver ítem 2.1.2.3), los valores de resistencia compresiva de la roca intacta fueron obtenidos conforme a los procedimientos señalados en el ítem 4.2.4.1.

Los valores del índice de calidad de la roca (RQD), fueron determinados mediante el registro lineal de discontinuidades, utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1976), teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal (ver ítem 2.1.2.1).

En la Tabla 28 se presenta el criterio de Bieniawski (1989), modificado para esta evaluación a fin de clasificar a la masa rocosa.

Tabla 28

Criterio para la clasificación de la masa rocosa.

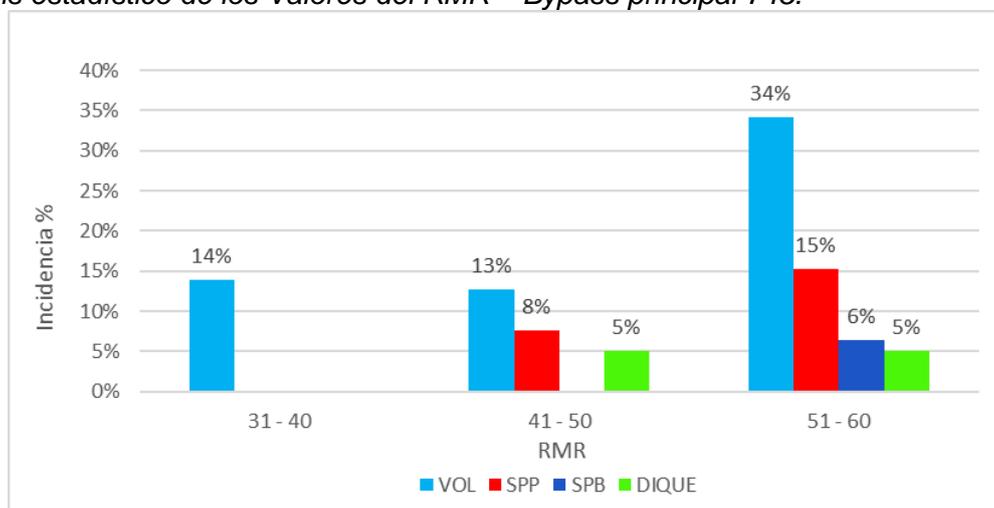
Tipo de Roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR
II	> 60	> 5.92	Buena
IIIA	51 – 60	2.18 - 5.92	Regular A
IIIB	41 – 50	0.72 - 1.95	Regular B
IVA	31 – 40	0.24 - 0.64	Mala A
IVB	21 – 30	0.08 - 0.21	Mala B
V	< 21	< 0.08	Muy Mala

Nota: Tomado de Bieniawski Z.T. (1989).

El análisis estadístico del RMR del macizo fue realizado para la roca encajonante, cuerpo mineralizado y dique por separado con la finalidad de apreciar la clasificación de la roca para cada dominio. (ver Figura 29).

Figura 29

Análisis estadístico de los Valores del RMR – Bypass principal 745.



Fuente: Elaboración propia.

Basado en la información recopilada en los mapeos geomecánicos (estaciones geomecánicas realizada por el tesista) (ver anexo 1) para realizar la clasificación geomecánica de la zona de evaluación, se determinó:

Volcánicos: estos tipos de roca presentan un 22 % de roca tipo R3 (moderadamente dura), 33 % de roca tipo R4 (dura) y 45 % de roca R5 (muy dura), se determinó que un 22%, la frecuencia de fracturamiento son de 17 fracturas por metro lineal, presentando un RQD que varía de 25 % a 50 % (pobre) y 78 % la frecuencia de fracturamiento es de 15 a 11 fracturas por metro lineal cuyo porcentaje de RQD varía de 50% a 100% (regular), de acuerdo a lo mencionado y lo descrito en las características de las discontinuidades en el ítem 4.2.2.3, los valores del RMR de la roca volcánica varían de 31 (roca tipo IVA) a 59 (roca tipo IIIA).

Sulfuro masivo primario (SPP): estos tipos de roca presentan un 47 % de roca tipo R4 (dura) y 53 % de roca R5 (muy dura), se determinó que la frecuencia de fracturamiento son de 16 a 12 fracturas por metro lineal cuyo porcentaje de RQD varía de 50 % a 100 % (regular), de acuerdo con lo mencionado y lo descrito en las características de las discontinuidades en el ítem 4.2.2.3, los valores del RMR del SPP varían de 43 (roca tipo IIIB) a 59 (roca tipo IIIA)

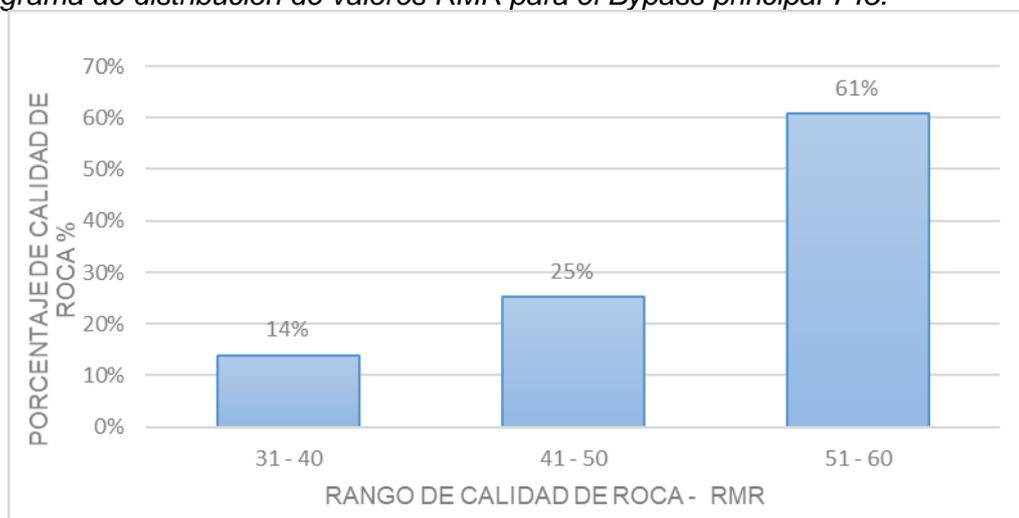
Sulfuro masivo primario (SPB): estos tipos de roca presentan un tipo de roca R5 (muy dura), se determinó que la frecuencia de fracturamiento son de 14 a 11 fracturas por metro lineal cuyo porcentaje de RQD varía de 50 % a 100 % (regular), de acuerdo con lo mencionado y lo descrito en las características de las discontinuidades en el ítem 4.2.2.3, los valores del RMR del SPB varían de 55 a 56 (roca tipo IIIA)

Dique: estos tipos de roca presentan básicamente rocas tipo R4 (dura) y R5 (muy dura), se determinó que la frecuencia de fracturamiento son de 14 a 11 fracturas por metro lineal cuyo porcentaje de RQD varía de 50 % a 100 % (regular), de acuerdo con lo mencionado y lo descrito en las características de las discontinuidades en el ítem 4.2.2.3, los valores del RMR de Dique varían de 46 (roca tipo IIIB) a 59 (roca tipo IIIA).

Para una mejor visualización de los resultados obtenidos, se realizó un histograma de distribución de calidades de masa rocosa expresada en porcentaje para rangos de calidades RMR del By pass 745 (zona de evaluación). (ver Figura 30).

Figura 30

Histograma de distribución de valores RMR para el Bypass principal 745.



Fuente: Elaboración propia

En el histograma de la Figura 30, se muestra que la masa rocosa de calidad Regular A (IIIA) representan el 61 %, las de calidad Regular B (IIIB) representan el 25 % y las de calidad Mala A (IVA) representan el 14 %. En general el Bypass 745 se encuentra emplazado mayormente en rocas de buena a regular calidad geotécnica; la zona de mala calidad está asociada a fallas locales.

Los resultados de la clasificación geomecánica se presentan en los formatos de mapeo del Anexo 1 y en las Tablas 29 y 30 se muestra el resumen de la clasificación geomecánica del Anexo 1.

Tabla 29

Clasificación de la masa rocosa – Litología – Bypass 745.

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA					
Litología	Min - RMR	Max - RMR	Promedio RMR	Promedio Q	Calidad de la masa rocosa según RMR
SPP	43	59	53	2.7	Regular B a Regular A
SPB	55	56	56	3.5	Regular A
DIQUE	46	59	53	2.7	Regular B - Regular A
VOLCANICO	32	59	50	2.3	Mala A - Regular A

Tabla 30*Clasificación de la masa rocosa – calidad de roca – Bypass 745.*

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA			
Calidad de la masa rocosa según RMR	Promedio RMR ₈₉	Promedio Q	Promedio RMR ₇₆
Regular A	56	3.7	52
Regular B	48	1.5	42
Mala A	35	0.4	33

Con la información recopilada durante los mapeos geomecánicos realizado en los distintos niveles del Bypass 745 y con la información de los planos existentes del Bypass 745 de parte del área de geomecánica de Cerro Lindo, se ha realizado la zonificación geomecánica del Bypass 745 realizando planos de isovalores de RMR en planta por cada nivel caracterizado (ver Anexo 4), cabe indicar que existen zona del By pass 745 están recubiertas con shotcrete.

Los planos de zonificación geomecánica de la zona de evaluación (ver Anexo 4), también puede apreciarse que la clase de roca predominante para el Bypass 745 es la del tipo IIIB (RMR 40 – 50), seguido de rocas de tipo IIIA (RMR 50 – 60) hacia el lado E, se observa hacia el lado W rocas de tipo IVA (RMR 40 – 30).

3.5 Parámetros de resistencia para cada dominio geomecánico

Con la finalidad de estimar los valores de los parámetros de resistencia del macizo rocoso para cada dominio geomecánico, se utilizó el Criterio de falla de Hoek y Brown generalizado (2000, 2006) y con la ayuda del software RocData 4.0 se ha estimado las propiedades de resistencia del macizo rocoso.

Criterio Generalizado de Hoek – Brown, este criterio tomó la resistencia de la roca intacta como punto de partida e introdujo factores para reducir la resistencia sobre la base del espaciamiento y las características de las diaclasas dentro del macizo rocoso, a este proceso se le denomina escalar y degradar las propiedades.

El Criterio Generalizado de resistencia empírica de Hoek – Brown para macizos rocosos fracturados este dado por la ecuación 9

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} (mb \sigma'_3 \sigma_{ci} + s) a \quad (9)$$

Donde:

σ'_1 y σ'_3 = son los esfuerzos principales mayor y menor

σ_{ci} = es la UCS de la roca intacta.

mb , s y a = son constantes del macizo rocoso que reflejan las fuerzas de

fricción y cohesión del macizo rocoso respectivamente.

Para la roca intacta $s=1$, el valor de mb , s , $10a$ están asociados al GSI del macizo rocoso por las ecuaciones 10, 11 y 12

$$mb = m_i \cdot \exp(GSI - 10028 - 14D) \quad (10)$$

$$s = \exp(GSI - 100) / 9 - 3D \quad (11)$$

$$a = 0.5 + \frac{(e^{-GSI/15} - e^{-20/3})}{6} \quad (12)$$

Para el caso del factor de disturbancia “D”, que está en función del grado de alteración al cual ha sido sometido el macizo rocoso debido a la voladura (Hoek, Carranza – Torres y Corkum 2002) (ver Figura 31), se ha determinado por observación directa del macizo rocoso; en tanto que, para la resistencia a la compresión uniaxial de la roca “ σ_{ci} ” y la constante de roca intacta “ m_i ” se ha tomado los valores de los ensayos de compresión uniaxial y triaxial (ver Tablas 22 y 25).

Los datos de entrada para el software RocData 4.0, han sido obtenidos a partir del mapeo geomecánico de las labores subterráneas, observándose mayormente condiciones húmedas en tal sentido los valores de calidad RMR son similares a los valores de GSI (Índice de Resistencia Geológica) (ver Tabla 31).

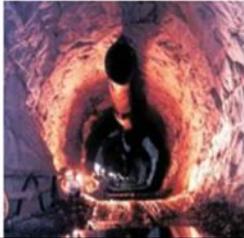
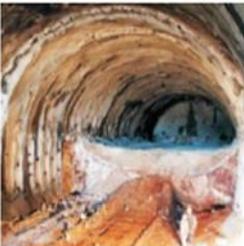
Tabla 31

Variabilidad de la Clasificación Geomecánica RMR – GSI – Bypass 745.

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA				
Litología	Min – RMR	Max – RMR	Promedio RMR	Promedio GSI
SPP	43	59	53	48
SPB	55	56	56	51
DIQUE	46	59	53	48
VOLCANICO	32	59	50	45

Figura 31

Guía para estimar el factor de disturbancia o alteración "D" en túneles.

Apariencia del macizo rocoso	Descripción del macizo rocoso	Valor "D" sugerido
	Excelente calidad de voladura controlada o excavación con tuneladora, TBM, con resultados de alteración mínima del macizo rocoso circundante al túnel.	D = 0
	Excavación mecánica o manual en macizos rocosos de mala calidad (sin voladuras) con una alteración mínima en el macizo rocoso circundante. Cuando aparezcan problemas de deformación en el piso durante el avance, la alteración puede ser severa a menos que se coloque una contrabóveda temporal, tal como se muestra en la fotografía.	D = 0 No invert
	Voladura de muy mala calidad en un túnel en roca competente con daños locales severos, extendiéndose 2 o 3 m en el macizo rocoso circundante.	D = 0.8

Nota: Tomado de Hoek, Carranza – Torres y Corkum (2002).

En la Tabla 32, se detallan los valores de las propiedades de resistencia del macizo rocoso para cada dominio geomecánico.

Tabla 32

Propiedades de resistencia del macizo rocoso – Bypass 745.

Litología	σ_c (Mpa)	GSI	m_i	m_b	s	a	E_{mr} (Mpa)	v	γ (MN/m ³)
SPP	45	53	21.22	3.961	0.0054	0.505	11920	0.25	0.042
SPB	49	56	22.01	4.573	0.0075	0.504	15093	0.25	0.042
VOLCANICO	75	50	26.17	4.388	0.0039	0.506	9340	0.23	0.027
DIQUE	110	53	28.98	5.409	0.0054	0.505	11920	0.24	0.027

Donde:

GSI = Calidad de la masa rocosa GSI = RMR (condiciones húmedas)

σ_c = Resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta

γ = Densidad de la roca intacta

m_i	=	Constante de la roca intacta
m_b	=	Constante de la masa rocosa
E_{mr}	=	Módulo de deformación de la masa rocosa
V	=	Relación de Poisson de la masa rocosa

Estos parámetros estimados de resistencia serán involucrados en los distintos análisis numéricos para los modelamientos numéricos que se presentan en este trabajo.

3.6 Esfuerzos in-situ

En los años 2012 y 2013 en la unidad Cerro Lindo, se realizaron mediciones de esfuerzos in-situ utilizando las técnicas de “Overcoring” con celda triaxial y “emisión acústica”, con cada una de estas técnicas se realizaron tres mediciones, pero en todos los casos los resultados fueron diferentes, no habiendo ninguna tendencia.

En el estudio realizado por DCR (2017), realizó modelamientos numéricos para evaluar el “efecto topográfico” sobre los esfuerzos in-situ en Cerro Lindo. Como los cuerpos mineralizados se alinean con la dirección NW-SE paralelos a la línea de máxima pendiente de la ladera de la quebrada Topará, estos cuerpos están debajo de la ladera y cerca al fondo de la quebrada. En este caso, cerca de la superficie el esfuerzo principal máximo (σ_1) se alinea en forma paralela a la pendiente de la ladera, y conforme nos alejamos de la superficie hacia la profundidad y particularmente en el fondo de la quebrada el (σ_1) tiende a ser horizontal.

Este efecto topográfico ha sido verificado mediante el modelamiento numérico realizado, con $k = 1$ ($k = \text{Esfuerzo horizontal}/\text{Esfuerzo vertical}$). Para la presente evaluación, se han estimado los esfuerzos in-situ tomando en cuenta los dos siguientes criterios: el primero utilizando el concepto de carga litostática (Hoek & Brown, 1978) conjuntamente con el criterio de Sheorey (1994) y el segundo utilizando la información del Mapa Mundial de Esfuerzos (WSM).

Para la aplicación del concepto de carga litostática se ha considerado la profundidad media de la zona de estudio y la constante “k” del criterio de Sheorey como se observa en la Tabla 33.

Tabla 33

Magnitud de los esfuerzos In-situ – Bypass 745.

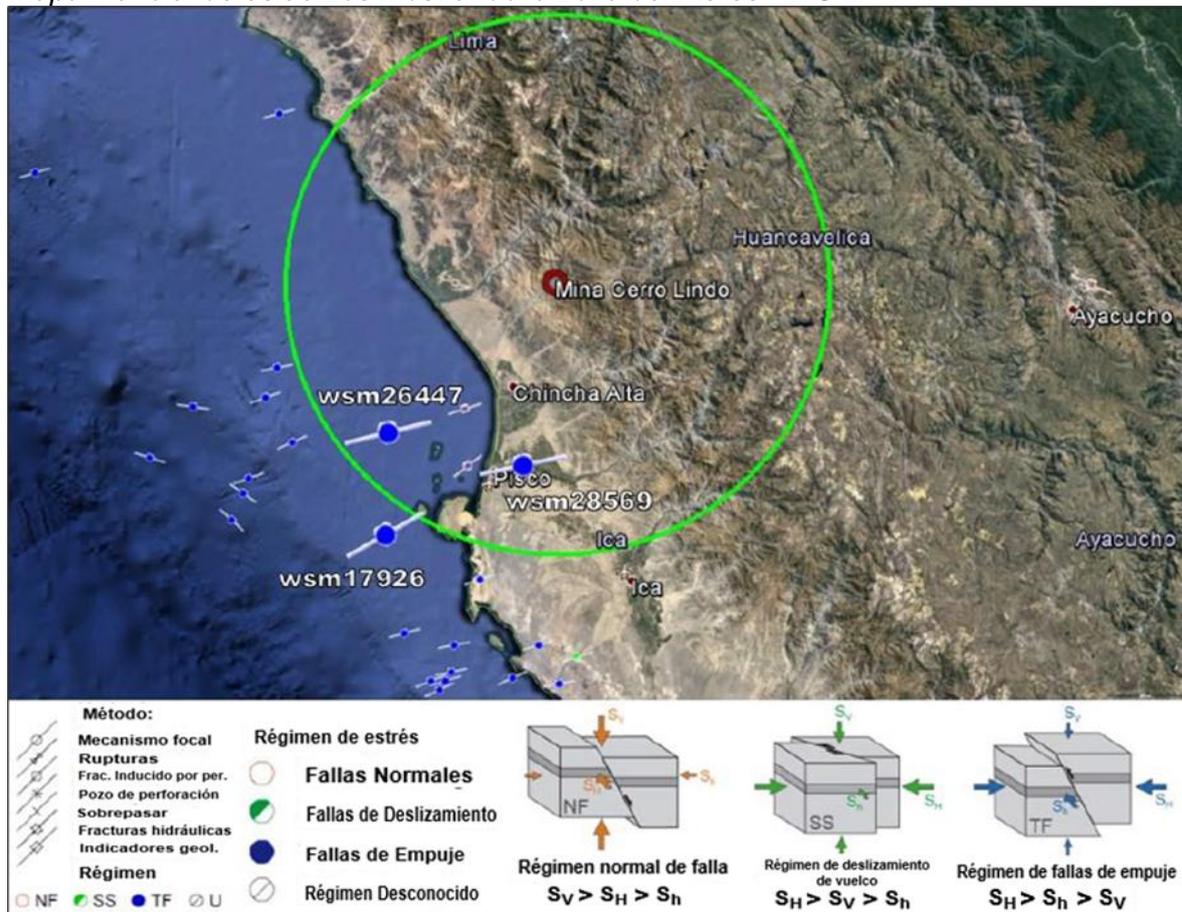
Profundidad Media (m)	Constante K	Esfuerzo Vertical (Mpa)	Esfuerzo Horizontal (Mpa)
450	0.48	13.1	6.2

Nota: Tomado de DCR, (2017).

En relación al WSM, se ha considerado un área de búsqueda de 100 km a la redonda, de la información contenida se ha tomado en cuenta tres mediciones in-situ representativas (wsm17926, wsm26447 y wsm28569), la ubicación y orientación de los esfuerzos principales de estas mediciones se muestra en las Figuras 32 y 33.

Figura 32

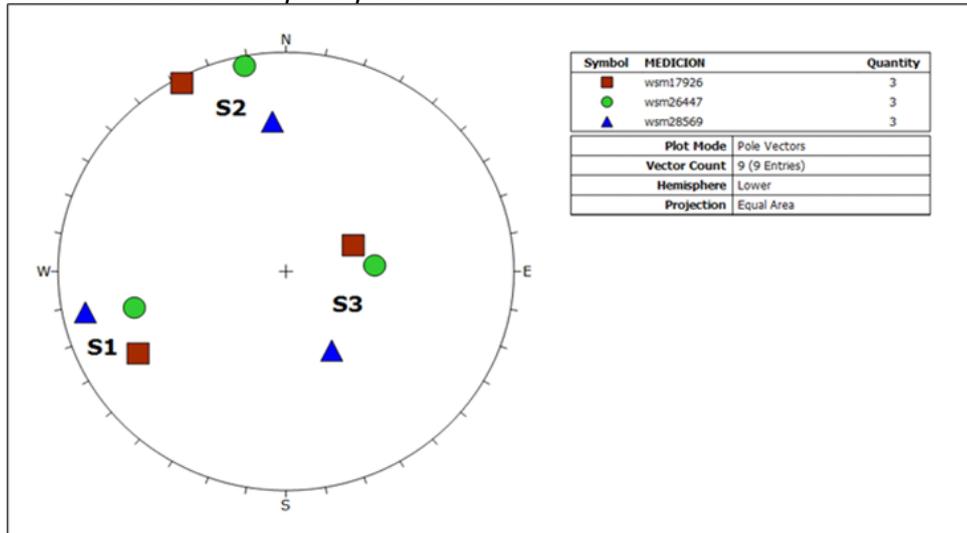
Mapa mundial de esfuerzos mostrando la zona de interés - WSM.



Nota: Tomado de DCR, (2017).

Figura 33

Orientación de los esfuerzos principales – WSM.



Nota: Tomado DCR, (2017).

Según lo mostrado en estas figuras, la dirección de los esfuerzos horizontales tiene alineamiento NEE, siendo los esfuerzos horizontales mayores que los esfuerzos verticales, es decir la constante “k” es mayor que 1.

Considerando los párrafos anteriores, es conveniente asumir para el caso de Mina Cerro Lindo que k es aproximadamente igual a 1. Mientras no haya nuevas mediciones de esfuerzos in-situ se adoptará dicho valor de k. (DCR, 2017).

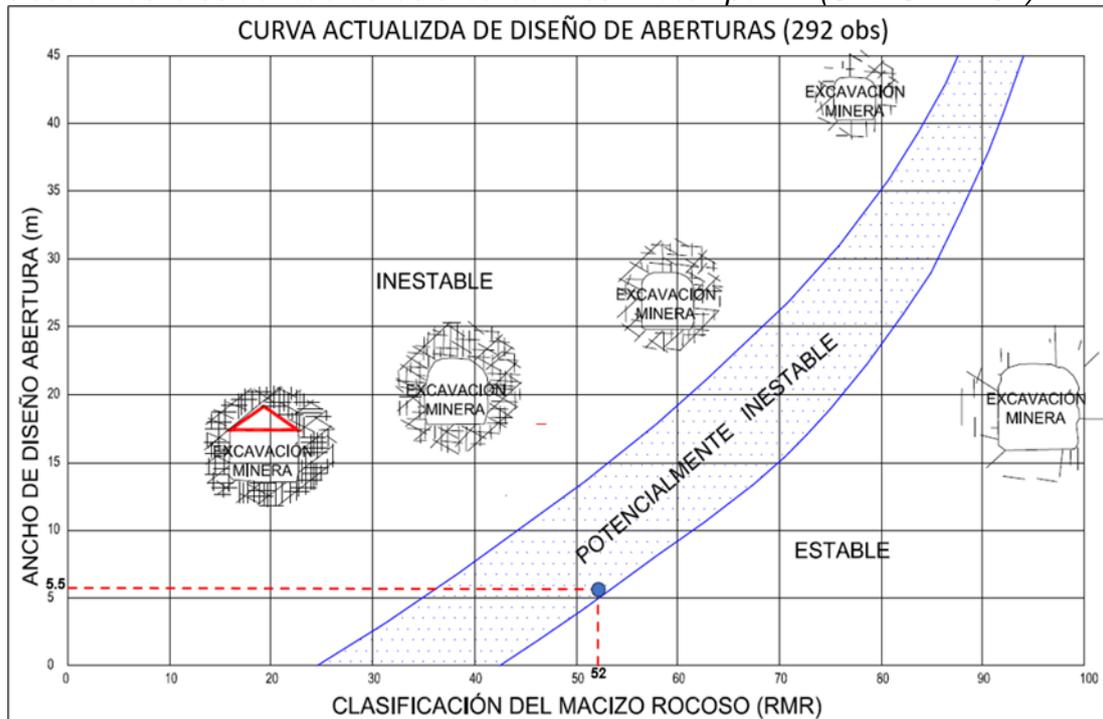
Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados

4.1 Análisis de estabilidad del Bypass 745

Para el análisis empírica de la estabilidad de las labores del Bypass 745, se empleó el Método del Span Design (Pakalnis, 2008) y la correlación del RMR_{89} con el RMR_{76} descritos en el ítem 2.1.2.4 (ecuación 6), utilizando la descrito, considerando que la calidad del macizo rocoso predominante presenta un $RMR = 51-60$ y el macizo rocoso desfavorable un $RMR = 31-40$ (Ver Tabla 30) y tomando como sección del Bypass principal para este análisis de 5.5 m x 5 m, se realizó la evaluación de estabilidad aplicando la “Curva de Diseño de Luz o Aberturas” (Span Design) para cada tipo de roca como se muestra en las Figuras 34,35 y 36.

Figura 34

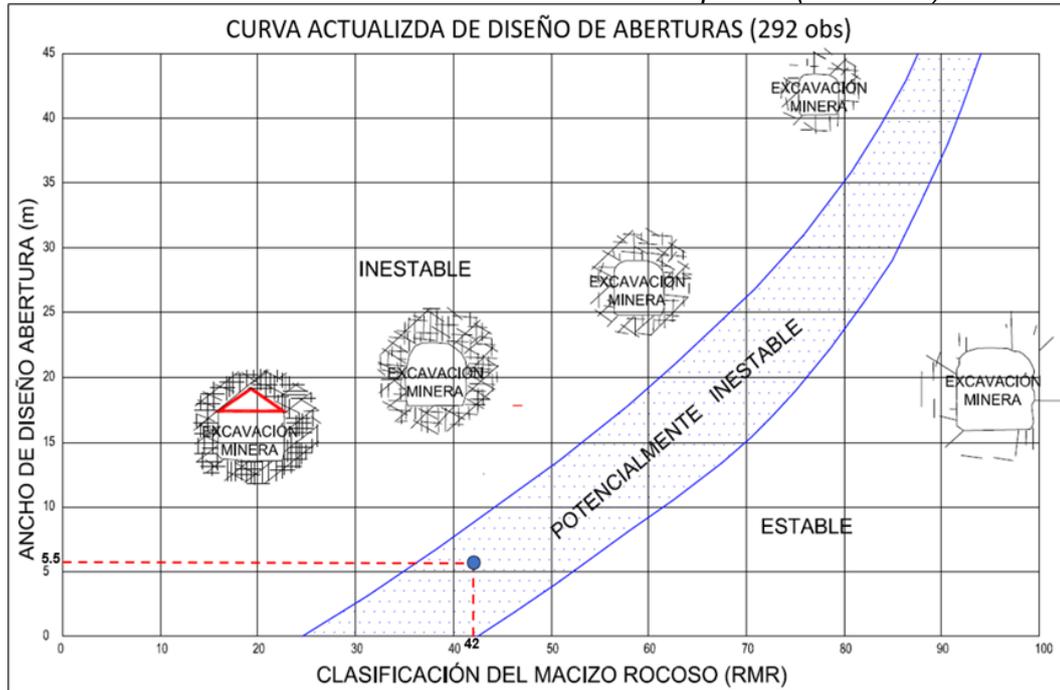
Evaluación de la estabilidad de las excavaciones – roca tipo IIIA (SPB-SPP-VOL).



Nota: Modificado de Osinerming, (2017).

Figura 35

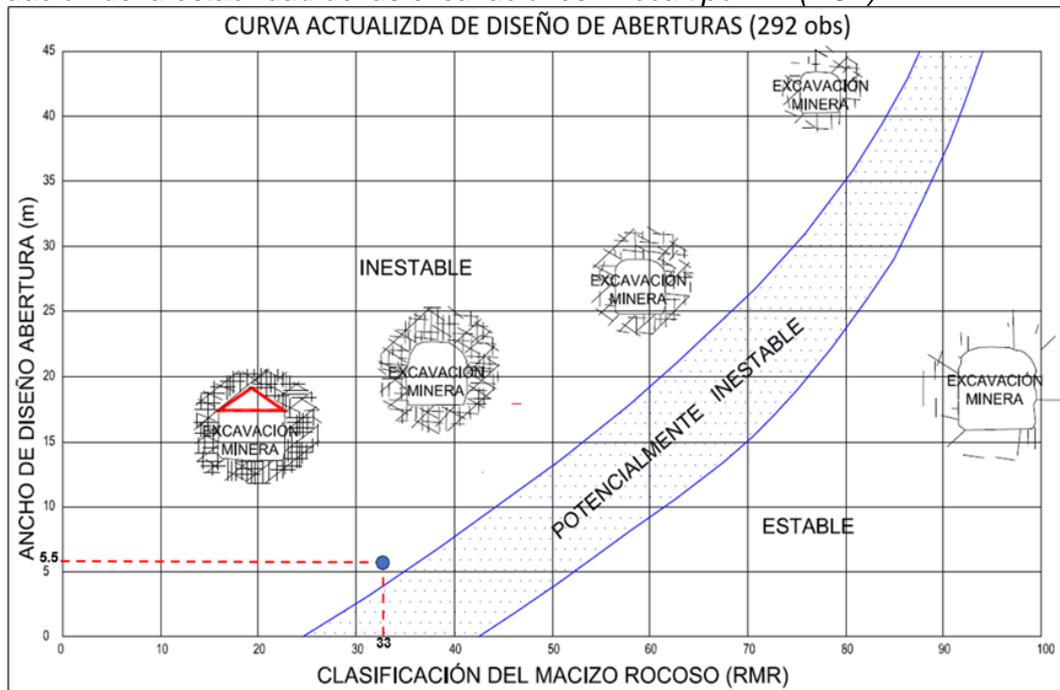
Evaluación de la estabilidad de las excavaciones – roca tipo IIIB (SPP-VOL).



Nota: Modificado de Osinerming, (2017).

Figura 36

Evaluación de la estabilidad de las excavaciones – roca tipo IVA (VOL).



Nota: Modificado de Osinerming, (2017).

De las Figuras 34, 35 y 36, se concluye que para rocas de tipo IIIA las excavaciones son potencialmente inestables para secciones de 5.5 m x 5.0 m, en rocas de tipo IIIB las excavaciones son potencialmente inestables en secciones de 5.5 m x 5.0 m y en las rocas

de tipo IVA las excavaciones son inestables con secciones de 5.5 m x 5.0 m. En la tabla 34 se ven los resultados de la evaluación de la estabilidad para los diferentes tipos de rocas

Tabla 34

Estados de estabilidad para aberturas 5.5 m en función del tipo de roca – Bypass 745.

Tipo de Roca	RMR	Sección 5.5 m x 5.0 m
IIIA	59 - 51	Potencialmente Inestable
III B	43 - 49	Potencialmente Inestable
VA	32 - 40	Inestable

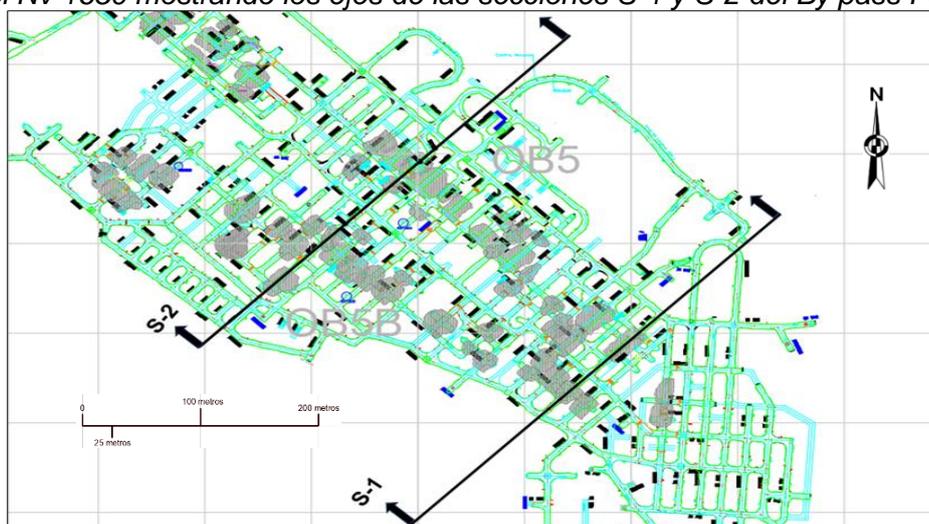
4.2 Evaluación de la distribución de esfuerzos en el Bypass 745 durante el minado del OB5 y OB5B (Elementos finitos - Phase2).

Para realizar el análisis de estabilidad controlada por los esfuerzos inducidos en el Bypass 745, se han realizado modelamientos numéricos de esfuerzos utilizando el software Phase2 de Rocscience (2010), con la finalidad de observar la influencia de los esfuerzos inducidos por el minado de ambos cuerpos alrededor del bypass en los diferentes niveles.

En el modelamiento realizado se ha utilizado la información descrita en los ítems 4.2.5 y 4.3, para el análisis se tomaron las secciones S-1 y S-2 (ver Figura 37) debido a que estas son las más representativa y que durante el minado solamente en estos sectores sucede la cercanía de ambos cuerpos al Bypass.

Figura 37

Plano del Nv 1650 mostrando los ejes de las secciones S-1 y S-2 del By pass Principal.



Fuente: Elaboración propia.

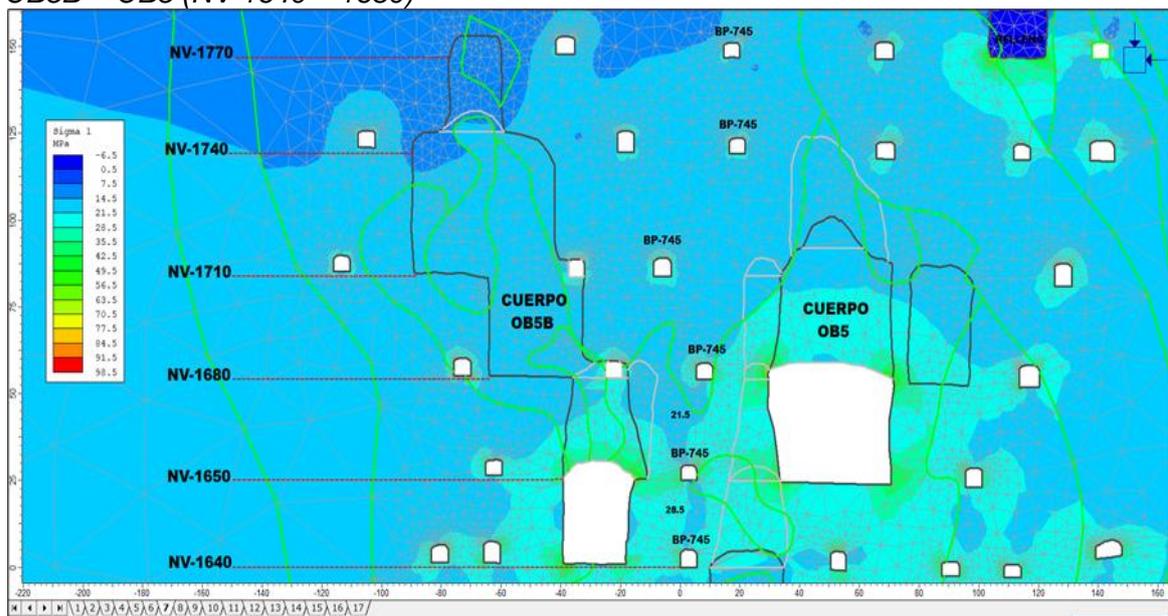
Análisis en la sección S-1

Del modelamiento numérico en las Figuras 38 al 42, se observa que el esfuerzo inducido Sigma1 (principal) es cambiante de acuerdo con la evolución del minado y va incrementando a medida que la explotación de los cuerpos OB5 – OB5B se hacen más cercanos al Bypass principal 745 (ver Anexo 6).

Cuando se inicia el minado de ambos cuerpos, los valores de Sigma1 son de 21.5 Mpa. (ver Figura 38) y conforme el minado se va acercado al bypass, los esfuerzos aumentan hasta alrededor de 30.5 Mpa (ver Figura 41), cabe indicar que cuando el minado está a 11 m del Bypass 745 el valor de Sigma1 llega a 45.8 Mpa. (ver Figura 42)

Figura 38

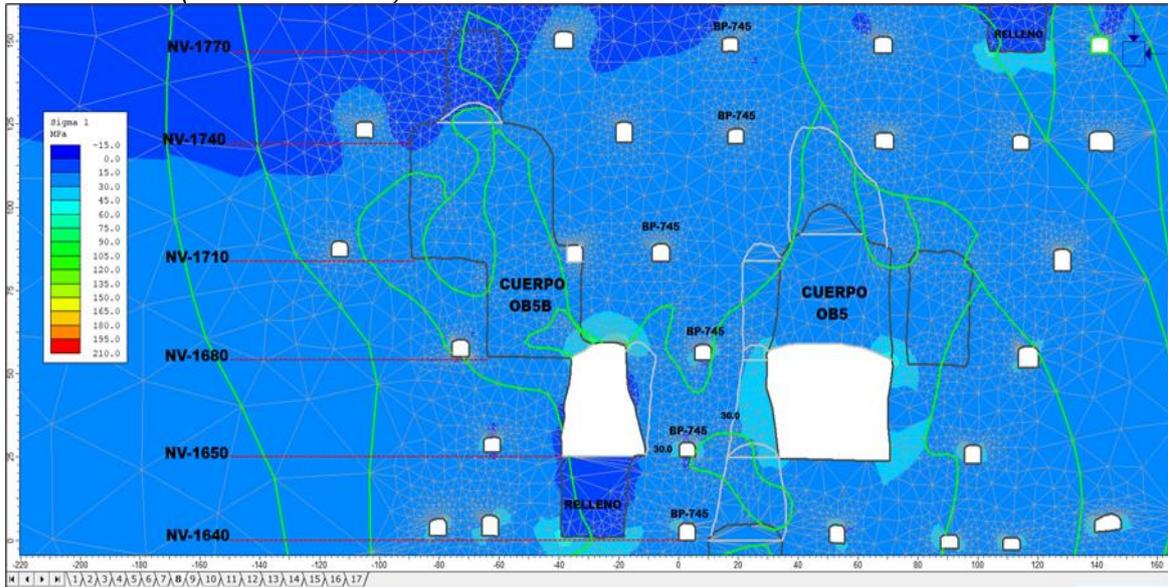
Influencia del esfuerzo inducido Sigma1 en el By pass -745 (S-1), durante el minado del OB5B – OB5 (NV 1640 – 1680)



Fuente: Elaboración propia

Figura 39

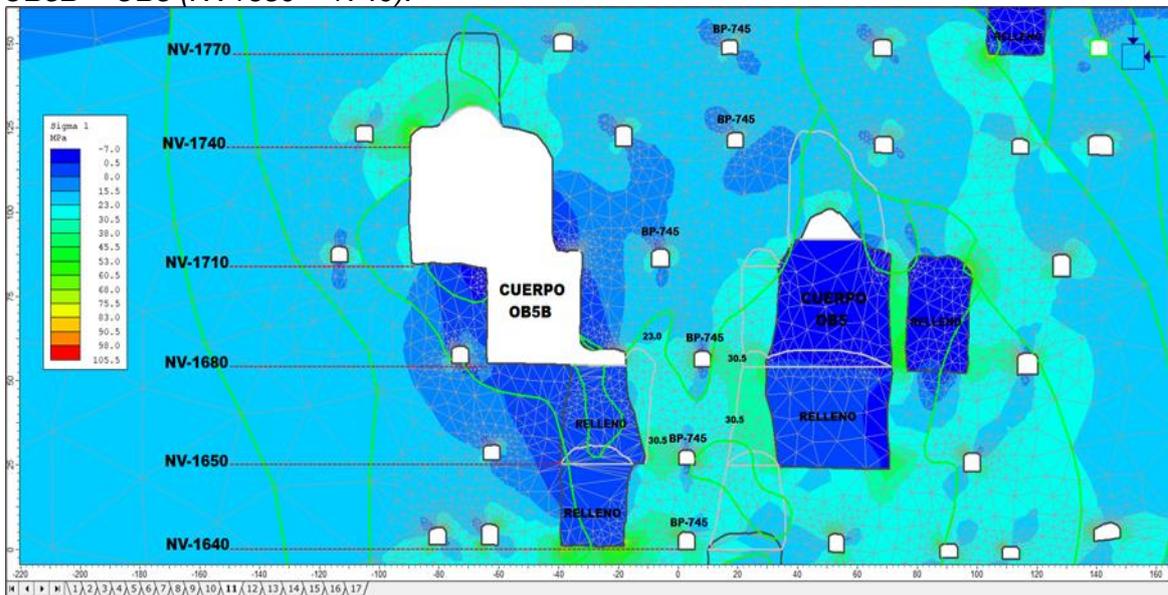
Influencia del esfuerzo inducido Sigma1 en el By pass -745 (S-1), durante el minado del OB5B – OB5 (NV1650 – 1680).



Fuente: Elaboración propia

Figura 40

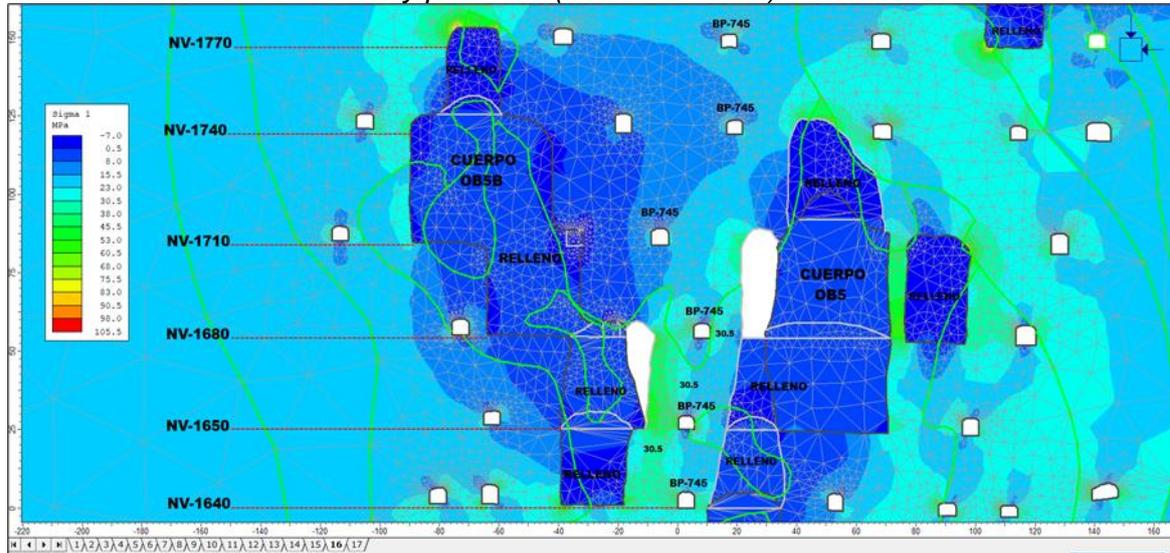
Influencia del esfuerzo inducido Sigma1 en el By pass -745 (S-1), durante el minado del OB5B – OB5 (NV1680 – 1740).



Fuente: Elaboración propia

Figura 41

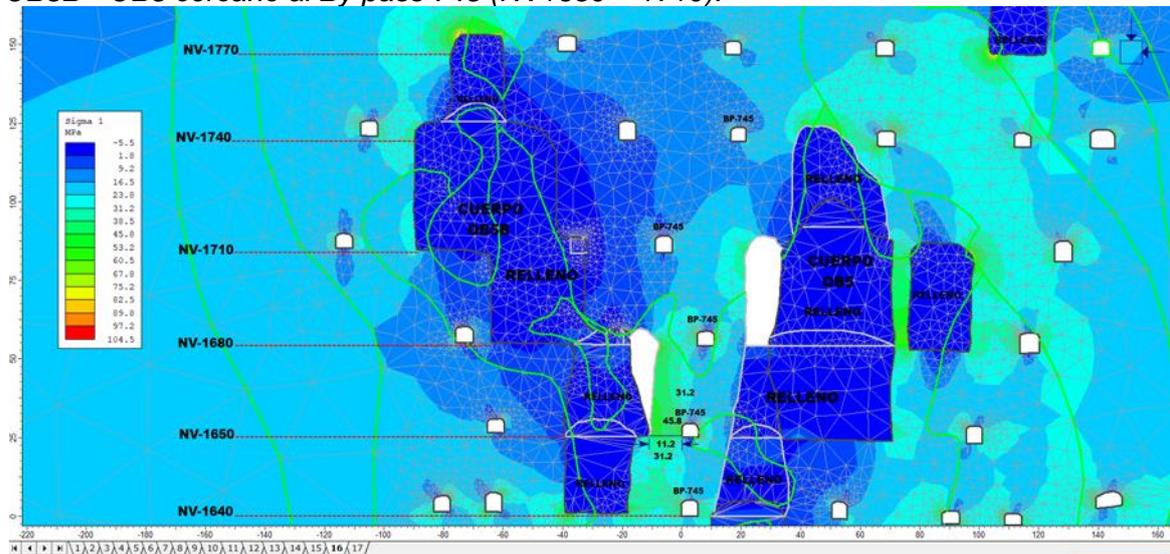
Influencia del esfuerzo inducido Sigma1 en el Bypass -745 (S-1), durante el minado del OB5B - OB5 acercándose al By pass 745 (NV1650 – 1710).



Fuente: Elaboración propia

Figura 42

Influencia del esfuerzo inducido Sigma1 en el Bypass -745 (S-1), durante el minado del OB5B - OB5 cercano al By pass 745 (NV1650 – 1710).



Fuente: Elaboración propia

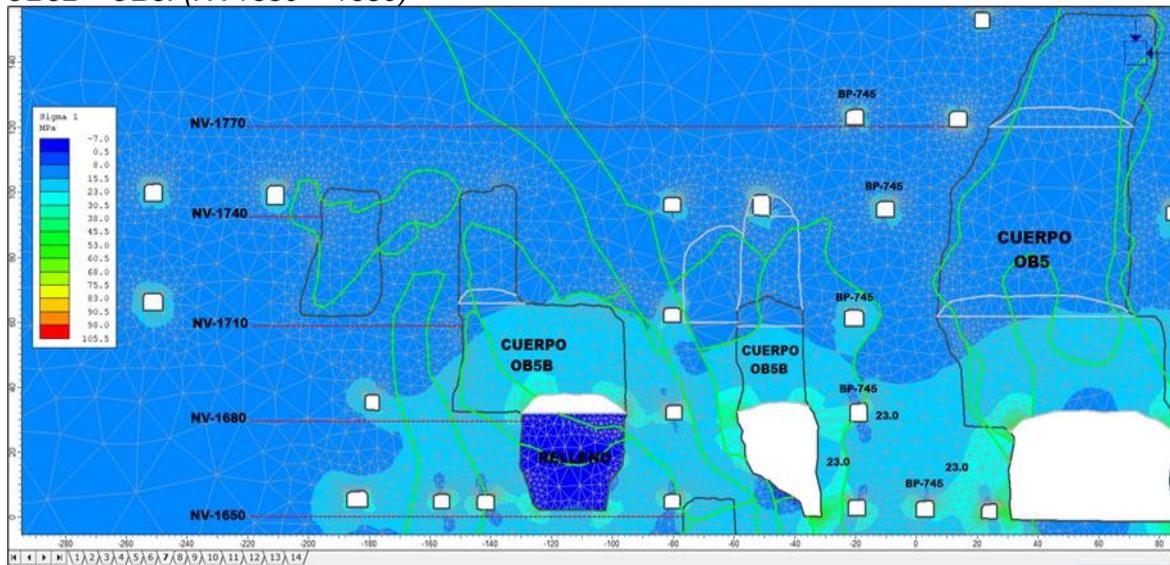
Análisis en la sección S-2

Del modelamiento numérico, en las Figuras 43 al 45 se observa que el esfuerzo inducido Sigma 1 (principal) es cambiante de acuerdo con la evolución del minado y se va incrementando a medida que la explotación de los cuerpos OB5 – OB5B se hacen más cercanos al Bypass 745 (ver Anexo 6).

Cuando se inicia el minado de ambos cuerpos, los valores de Sigma1 son de 23.0 Mpa. (ver Figura 43) y conforme el minado se va acercado al Bypass, los esfuerzos aumentan hasta alrededor de 30.5 Mpa (ver Figura 45).

Figura 43

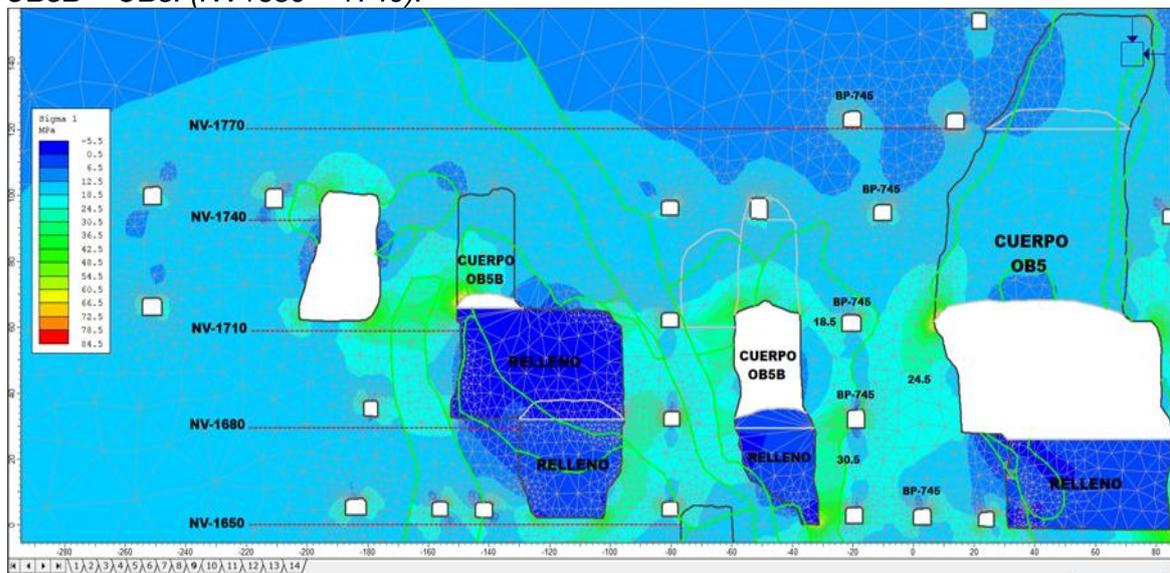
Influencia del esfuerzo inducido Sigma1 en el By pass -745 (S-2), durante el minado del OB5B - OB5. (NV1650 – 1680)



Fuente: Elaboración propia

Figura 44

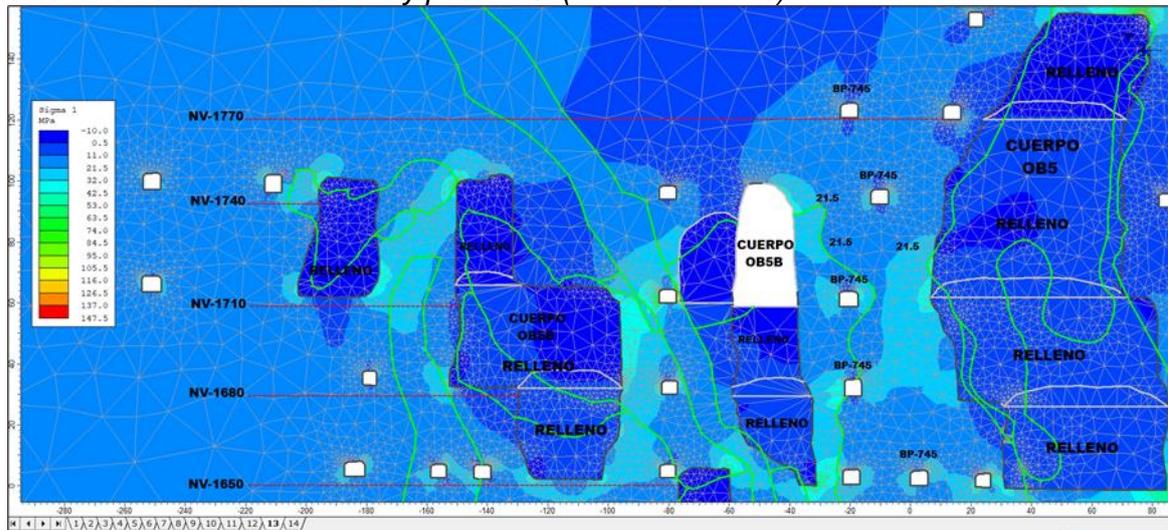
Influencia del esfuerzo inducido Sigma1 en el By pass -745 (S-2), durante el minado del OB5B – OB5. (NV1680 – 1740)



Fuente: Elaboración propia

Figura 45

Influencia del esfuerzo Inducido Sigma1 en el By pass -745 (S-2), durante el minado del OB5B - OB5 acercándose al By pass 745. (NV1710 – 1740).



Fuente: Elaboración propia

4.3 Evaluación de sectores críticos (factores de resistencia SF) durante el minado del OB5 y OB5B alrededor del Bypass 745.

Para realizar el análisis de los factores de resistencia del macizo rocoso del bypass principal durante el minado del OB5 – OB5B, se han realizado modelamientos numéricos utilizando el software Phase2 de Rocscience (2010), con la finalidad de observar los sectores críticos debido a la influencia del minado de ambos cuerpos alrededor del bypass en los diferentes niveles.

En el modelamiento realizado se ha utilizado la información descrita en los ítems 4.2.5 y 4.3, para el análisis se tomaron las secciones S-1 y S-2 (ver Figura 37) debido a que estas son las más representativa y que durante el minado solamente en estos sectores sucede la cercanía de ambos cuerpos al Bypass.

Análisis en la sección S-1

Del modelamiento numérico, de las Figuras 46 al 50, se observa que la roca circundante al bypass se halla perturbada por la influencia del minado y que los valores de los factores de resistencia del macizo rocoso son cambiantes de acuerdo con la evolución del minado y estos valores desciende por debajo del límite del equilibrio (SF=1),

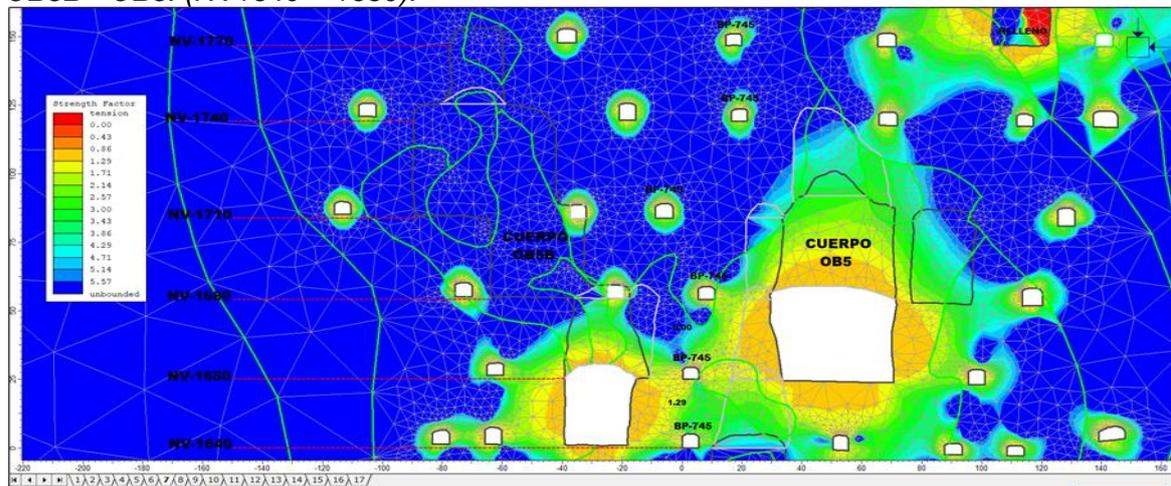
haciéndose crítico la estabilidad del Bypass principal a medida que la explotación de los cuerpos OB5 – OB5B se hacen más cercanos al Bypass 745 (ver Anexo 7).

Cuando se inicia el minado de ambos cuerpos, se tiene como valores de SF=1.29 (ver Figura 46) y conforme el minado se va acercado al bypass, los valores de resistencia del macizo rocoso descienden a 0.86 (inestable) (ver Figura 49),

Se observa que cuando el minado del OB5-OB5B se realiza en el mismo nivel y con una separacion de 11m con respecto al Bypass 745 se observa valores de factor de resistencia SF=0.86 (inestable) (ver Figura 47 y 50)

Figura 46

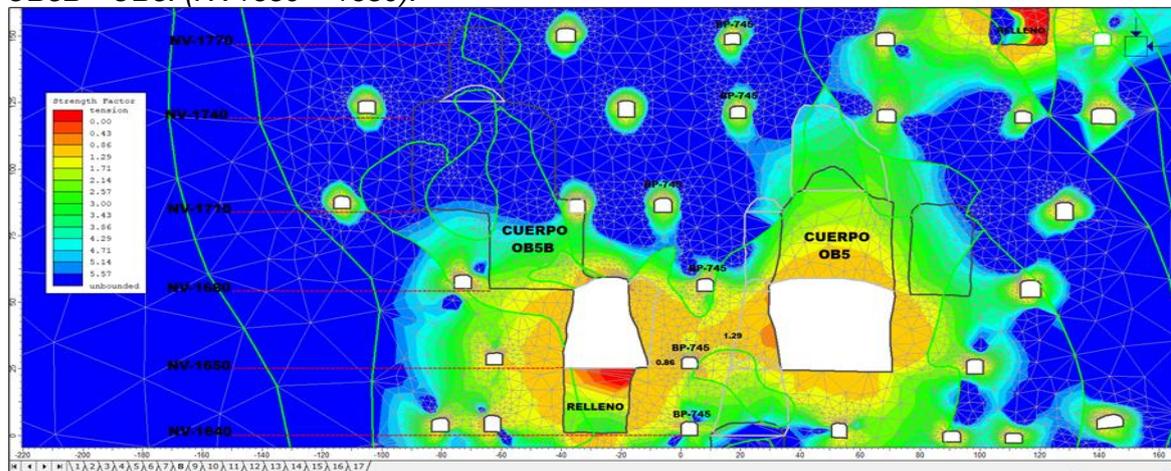
Análisis de los factores de resistencia (SF) en el Bypass -745 (S-1), durante el minado del OB5B - OB5. (NV1640 – 1680).



Fuente: Elaboración propia

Figura 47

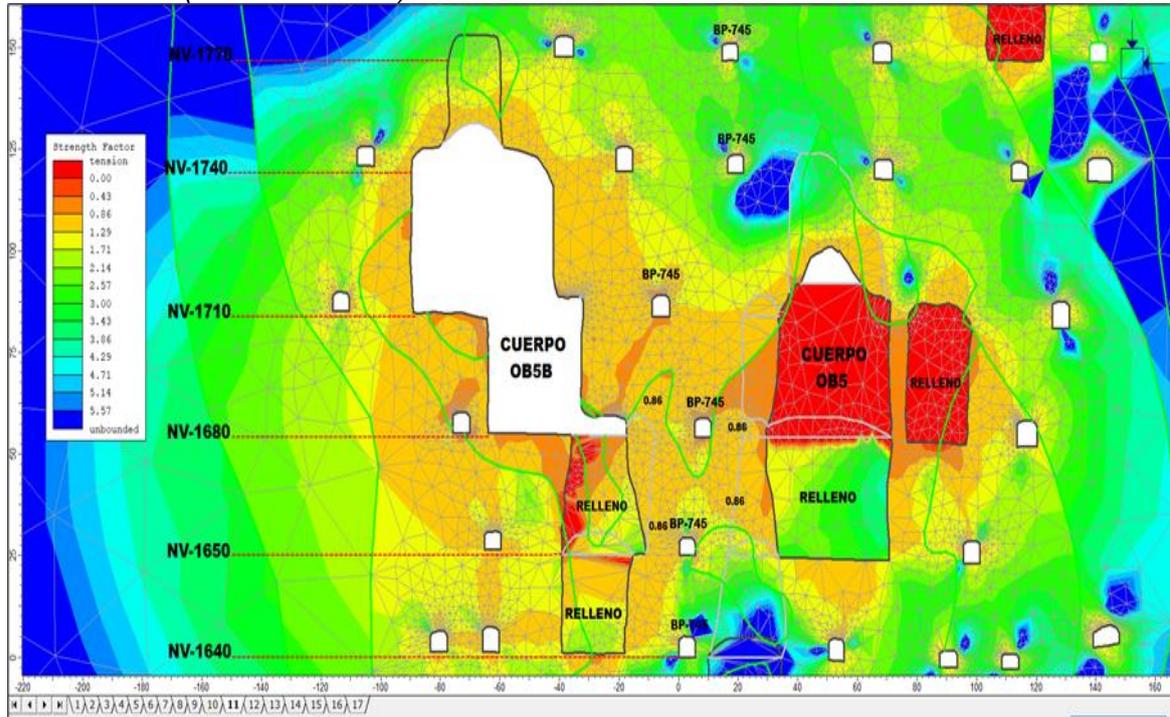
Análisis de los factores de resistencia (SF) en el Bypass -745 (S-1), durante el minado del OB5B - OB5. (NV1650 – 1680).



Fuente: Elaboración propia

Figura 48

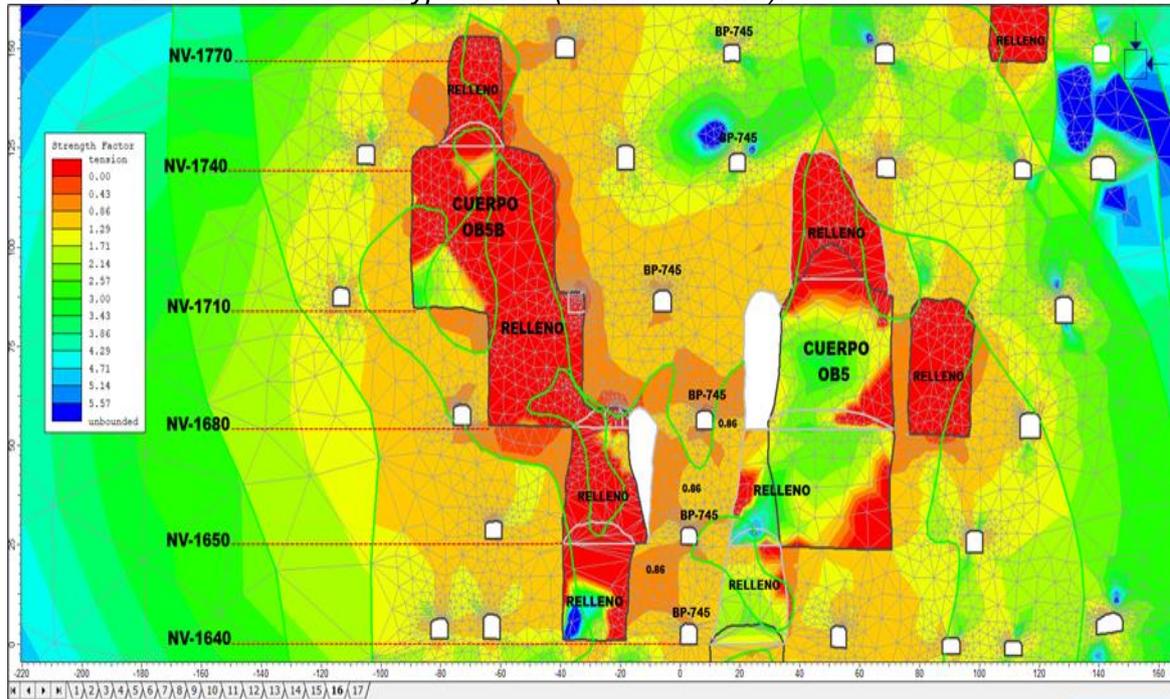
Análisis de los factores de resistencia (SF) en el Bypass -745 (S-1), durante el minado del OB5B - OB5. (NV1680 – 1740).



Fuente: Elaboración propia

Figura 49

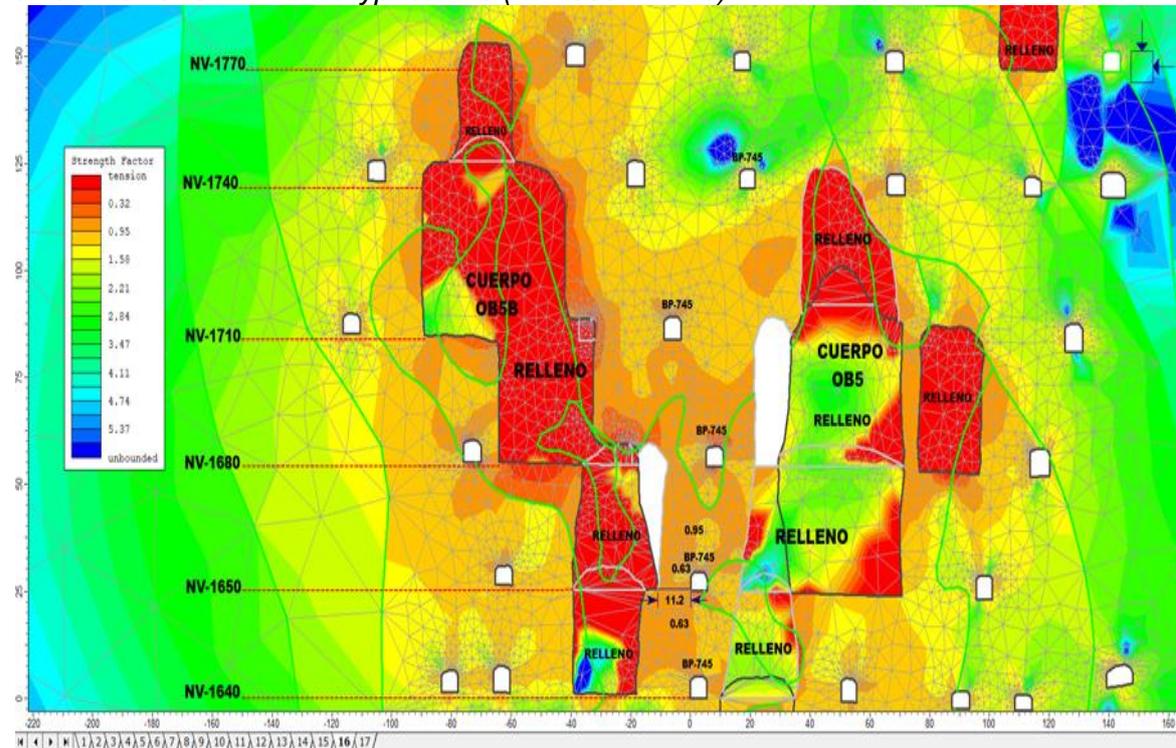
Análisis de los factores de resistencia (SF) en el Bypass -745 (S-1), durante el minado del OB5B - OB5. acercándose al Bypass 745 (NV1650 – 1710).



Fuente: Elaboración propia

Figura 50

Análisis de los factores de resistencia (SF) en el Bypass -745 (S-1), durante el minado del OB5B - OB5. Cercano al Bypass 745 (NV1650 – 1710).



Fuente: Elaboración propia

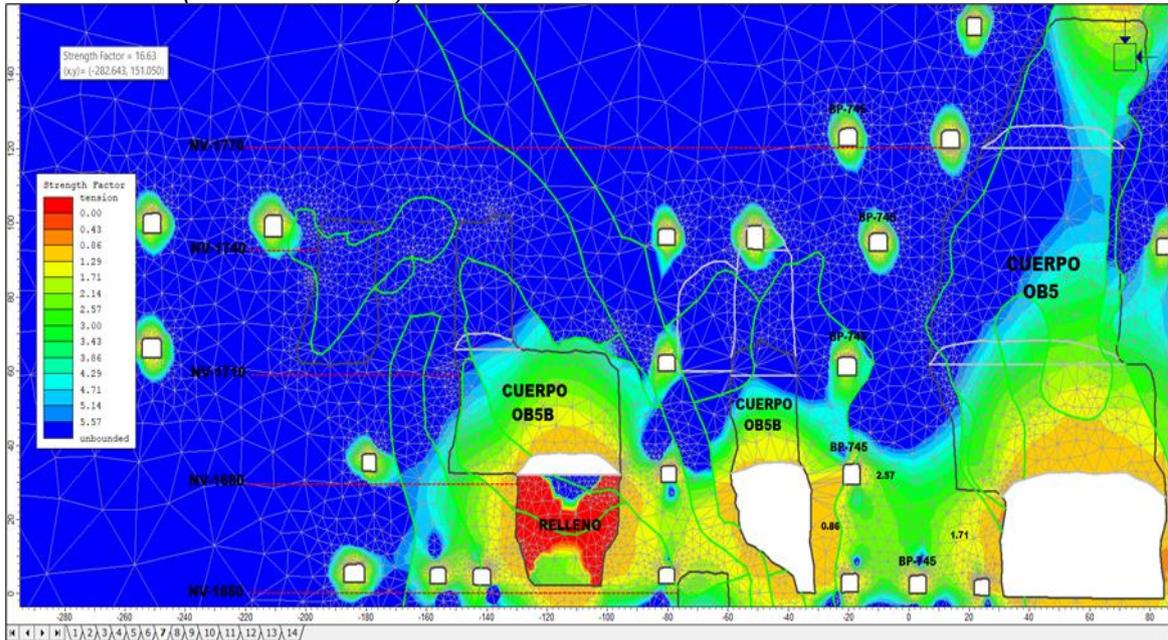
Análisis en la sección S-2

Del modelamiento numérico, de las Figuras del 51 al 53 se observa que la roca circundante al Bypass se halla perturbada por la influencia del minado y que los valores de los factores de resistencia del macizo rocoso son cambiantes de acuerdo con la evolución del minado y estos valores desciende por debajo del límite del equilibrio (SF=1), haciéndose crítico la estabilidad del bypass principal a medida que la explotación de los cuerpos OB5 – OB5B se hacen más cercanos al Bypass 745 (ver Anexo 7).

Cuando se inicia el minado de ambos cuerpos, se tiene como valores de SF=0.86 – 2.57 (ver Figura 51) y conforme el minado se va acercado al bypass, los valores de resistencia del macizo rocoso descienden a 0.86 (inestable) (ver Figura 53).

Figura 51

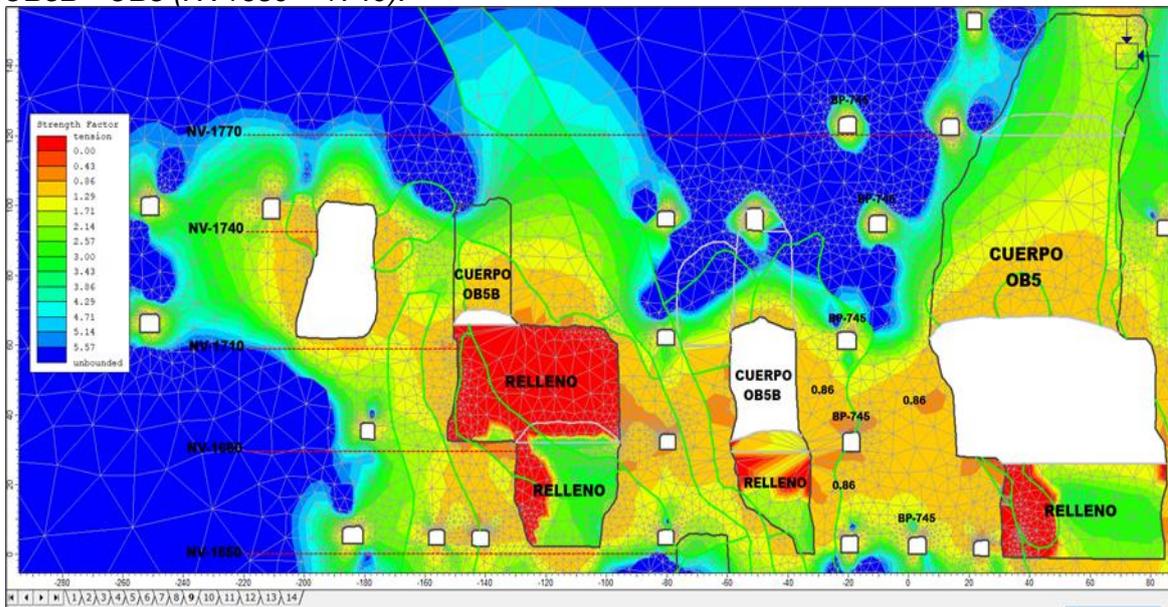
Análisis de los factores de resistencia (SF) en el Bypass -745 (S-2), durante el minado del OB5B - OB5. (NV1650 – 1680).



Fuente: Elaboración propia

Figura 52

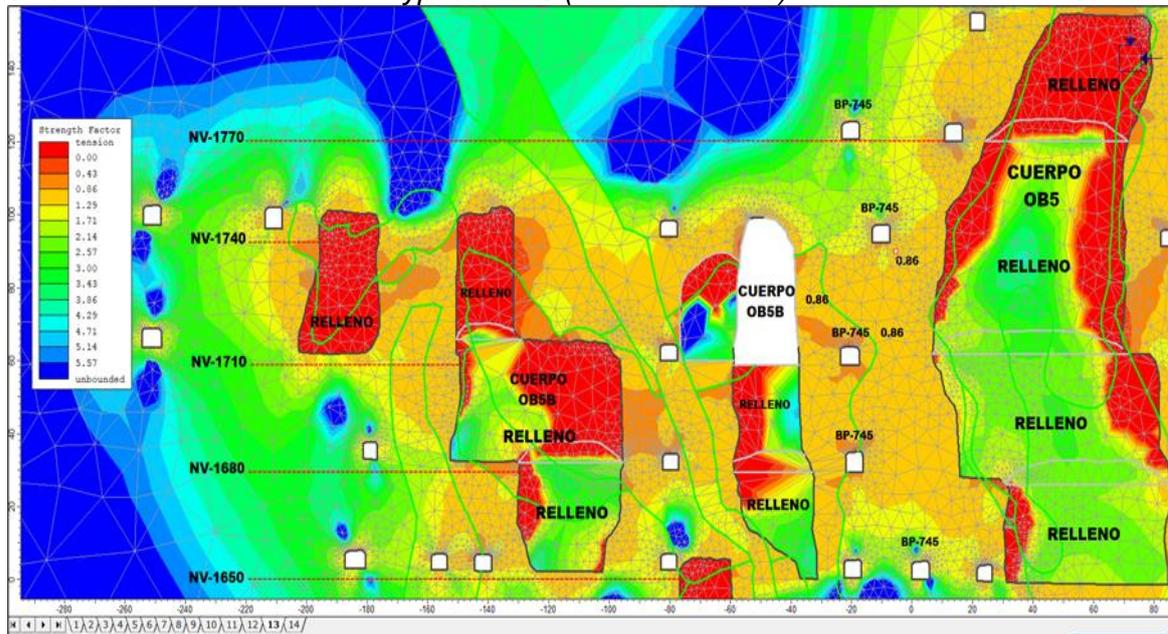
Análisis de los factores de resistencia (SF) en el Bypass -745 (S.2), durante el minado del OB5B - OB5 (NV1680 – 1740).



Fuente: Elaboración propia

Figura 53

Análisis de los factores de resistencia (SF) en el Bypass -745 (S-2), durante el minado del OB5B - OB5 acercándose al Bypass - 745 (NV1710 – 1740).



Fuente: Elaboración propia

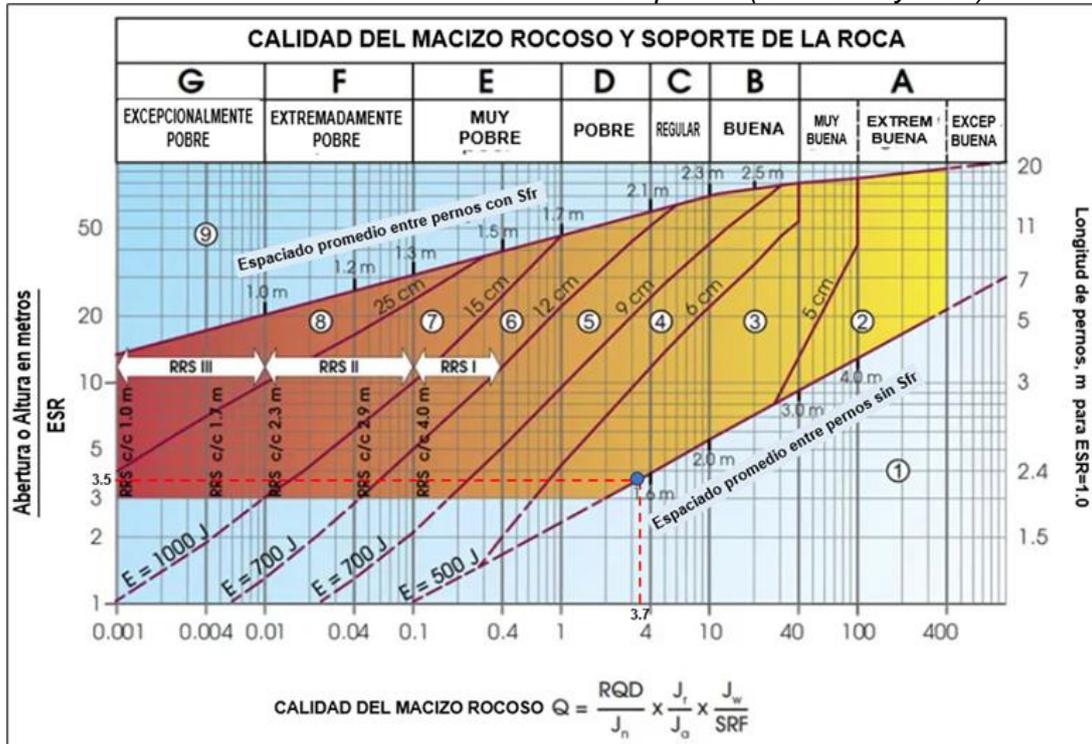
4.4 Diseño de sostenimiento Q de Barton para el Bypass 745

Para definir el tipo de sostenimiento y/o reforzamiento para estabilizar la zona plastificada alrededor de la excavación subterránea, fue obtenido a partir del índice de Q de Barton (1974), descrito en el ítem 2.1.3, considerando un $Q = 3.7$ para el macizo rocoso de calidad regular A, $Q = 1.5$ para el macizo rocoso calidad regular B y para el macizo rocoso de calidad muy pobre un $Q = 0.4$ (Ver Tabla 30).

Para el cálculo de la dimensión equivalente (D_e) descrito en el ítem 2.1.3, el valor seleccionado para el factor ESR es 1.6 por tratarse de un acceso principal y permanente (ver tabla 17) y considerando como referencia el ancho de la labor de 5.5 m (sección 5.5 m x 5.0 m) se obtuvo valores para “ D_e ” igual a 3.6, con lo mencionado anterior se procedió a determinar el tipo de sostenimiento para cada tipo de roca como se muestra en las Figuras 54, 55 y 56.

Figura 54

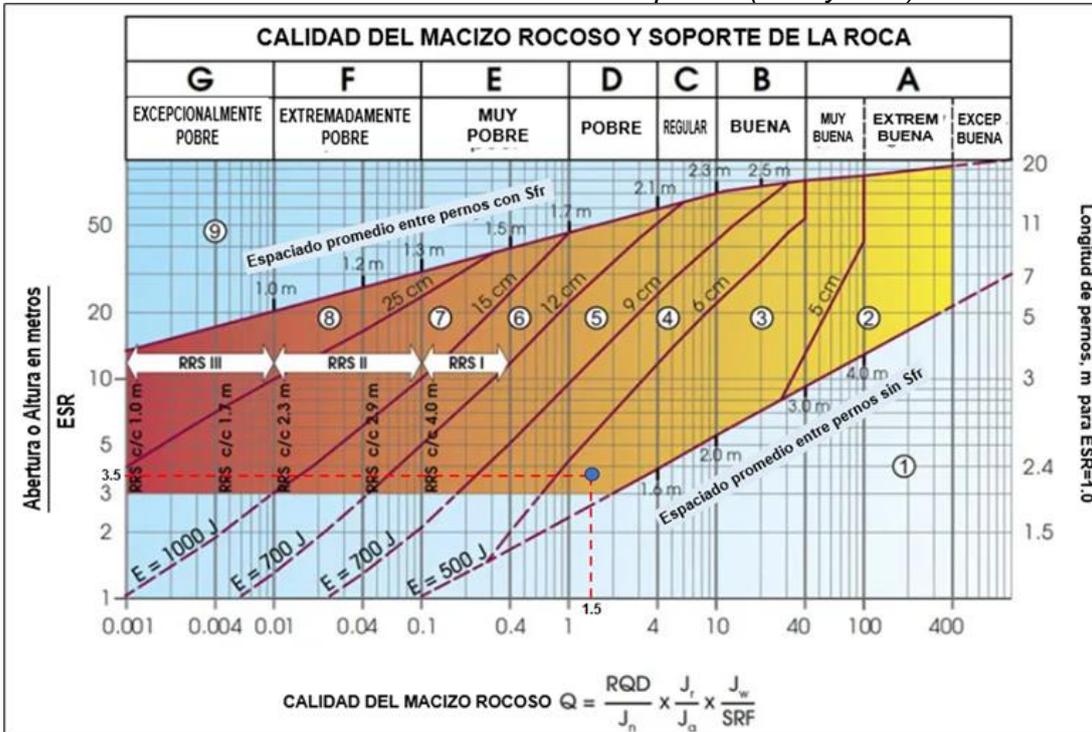
Sostenimiento estimado en base al índice Q – roca tipo IIIA (SPP-SPB y VOL).



Nota: Modificado de Osinerning, (2017).

Figura 55

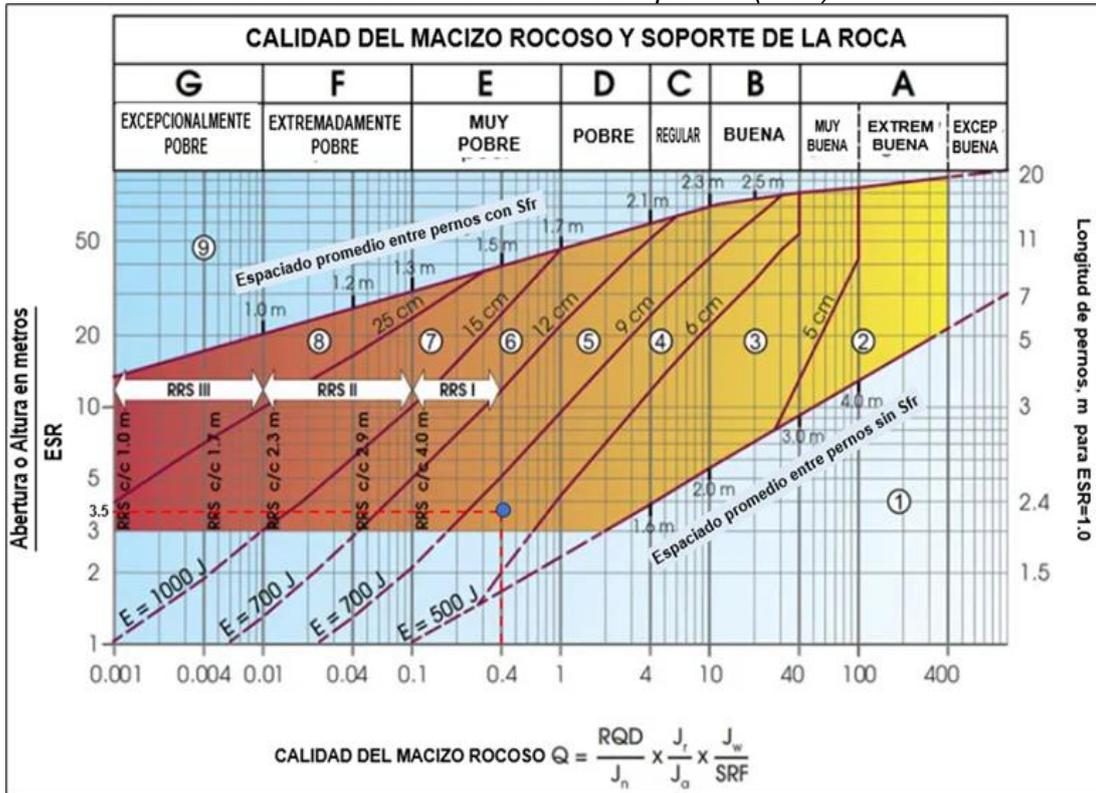
Sostenimiento estimado en base al índice Q – roca tipo IIIB (SPP y VOL).



Nota: Modificado de Osinerning, (2017).

Figura 56

Sostenimiento estimado en base al índice Q – roca tipo IVA (VOL)



Nota: Modificado de Osinerming, (2017).

De la interpretación de las figuras 54, 55, 56 y a las inspecciones realizadas a la zona de evaluación, se ha definido el tipo de sostenimiento más adecuado para cada tipo de roca, los cuales se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35

Sostenimiento recomendado de acuerdo índice Q de Barton (1974)- Secciones de 5.5 m x 5.0 m en función del tipo de roca – Bypass 745.

Sostenimiento recomendado para cada tipo de roca		
Tipo de Roca	RMR	Sección 5.5 m x 5.0 m
IIIA	51-59	Shotcrete de espesor 50-60 mm reforzado con fibra + pernos sistemáticos espaciados 1.8 m
III B	43-49	Shotcrete de espesor 60-90 mm reforzado con fibra + pernos sistemáticos espaciados 1.8 m
IVA	31-40	Shotcrete de espesor 90-120 mm reforzado con fibra (E500) + pernos sistemáticos espaciados 1.5 m

4.5 Evaluación analítica (Análisis de cuña).

Con la finalidad evaluar el sostenimiento para el techo de las labores del Bypass 745, se realizó un análisis analítico con la utilización del software "Unwedge v.3" (Rocscience, 2008) y el empleo del método de Peso Muerto (Beauchamp, 2006) descrito en el ítem 2.2.

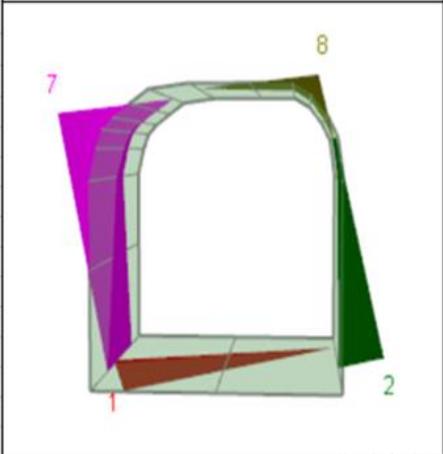
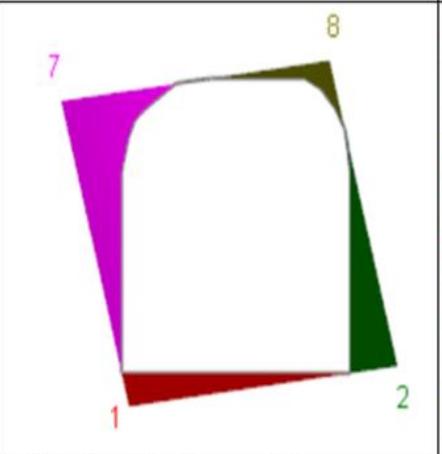
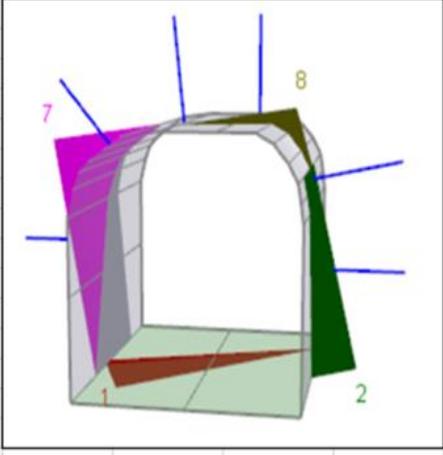
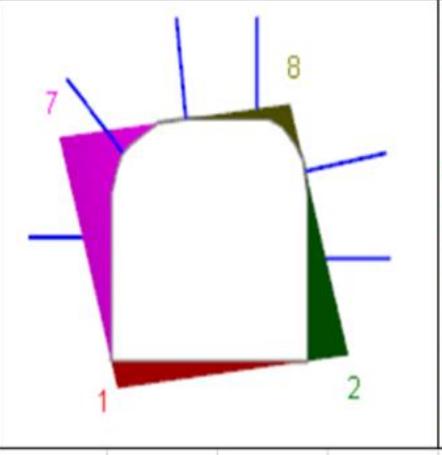
A partir de los datos obtenidos en el software Dips de las principales familias de discontinuidades (ver ítem 4.2.2.3) y los valores de los parámetros de resistencia al corte de las discontinuidades (ver Tabla 27), se puede establecer las cuñas formadas en cada uno de los dominios geomecánicos de la zona de estudio, determinando su estabilidad y el factor de seguridad con la aplicación del software Unwedge v.3.

Para el Bypass 745 se trabajará con un factor de seguridad de igual a mayores de 1.2, debido a que el Bypass 745 es un nivel principal, por lo cual es una labor de tipo permanente, con lo mencionado anterior se procedió a realizar el análisis de estabilidad para cada tipo de roca, teniendo en consideración las secciones de 5.5 m x 5.0 m, de donde se concluye:

Sulfuros Primarios (SPP - SPB), se observa para las secciones de 5.5 m x 5.0 m la formación de 4 cuñas (1, 2, 7 y 8), siendo la cuña 8 la que se forma en el techo del Bypass, presentando $F_s=0$ (factor de seguridad), siendo esta la que genera inestabilidad en el macizo rocoso, con la aplicación del sostenimiento Shotcrete de 2" espesor más pernos helicoidales de 7', $E=1.8m \times 1.8m$, se obtiene $F_s=11$ (estable), lo que se puede apreciar en la siguiente Figura 57.

Figura 57

Análisis de estabilidad de cuñas en los sulfuros sección 5.5 m x 5.0 m, sin y con sostenimiento.

Análisis de Estabilidad de cuñas - Sin sostenimiento		
Vista en Perspectiva	Vista Frontal	Cuñas /Factor de seguridad
		<p>Lower Right wedge [2] FS: 97.912 Volume: 1.730 m3 Weight: 4.672 tonnes Apex Height: 1.03 m</p> <p>Upper Left wedge [7] FS: 8.002 Volume: 3.654 m3 Weight: 9.866 tonnes Apex Height: 1.60 m</p> <p>Upper Right wedge [8] FS: 0.000 Volume: 0.097 m3 Weight: 0.261 tonnes Apex Height: 0.51 m</p>
Análisis de Estabilidad de cuñas - Con sostenimiento		
Vista en Perspectiva	Vista Frontal	Cuñas /Factor de seguridad
		<p>Lower Right wedge [2] FS: 113.739 Volume: 1.730 m3 Weight: 4.672 tonnes Apex Height: 1.03 m</p> <p>Upper Left wedge [7] FS: 7.980 Volume: 3.654 m3 Weight: 9.866 tonnes Apex Height: 1.60 m</p> <p>Upper Right wedge [8] FS: 11.700 Volume: 0.097 m3 Weight: 0.261 tonnes Apex Height: 0.51 m</p>

Fuente: Elaboración propia

Volcánico, se observa para las secciones de 5.5 m x 5.0 m la formación de 4 cuñas (1, 2, 7 y 8), siendo la cuña 8 la que se forma en el techo del Bypass, presentando $F_s=0$ (factor de seguridad), siendo esta la que genera inestabilidad en el macizo rocoso, con la aplicación del sostenimiento Shotcrete de 2" espesor más pernos helicoidales de 7', $E=1.8$ mx1.8 m, se obtiene $F_s=2.1$ (estable), (ver Figura 58)

Figura 58

Análisis de estabilidad de cuñas en los volcánicos sección 5.5 m x 5.0 m, sin y con sostenimiento.

Análisis de Estabilidad de cuñas - Sin sostenimiento		
Vista en Perspectiva	Vista Frontal	Cuñas /Factor de seguridad
		<p>Weight: 26.450 tonnes Apex Height: 2.13 m</p> <p>Upper Right wedge [2] FS: 12.461 Volume: 3.975 m3 Weight: 10.733 tonnes Apex Height: 1.68 m</p> <p>Lower Left wedge [7] FS: 8.250 Volume: 2.590 m3 Weight: 6.994 tonnes Apex Height: 1.47 m</p> <p>Roof wedge [8] FS: 0.000 Volume: 3.056 m3 Weight: 8.250 tonnes Apex Height: 1.47 m</p>
Análisis de Estabilidad de cuñas - Con sostenimiento		
Vista en Perspectiva	Vista Frontal	Cuñas /Factor de seguridad
		<p>Upper Right wedge [2] FS: 12.142 Volume: 3.975 m3 Weight: 10.733 tonnes Apex Height: 1.68 m</p> <p>Lower Left wedge [7] FS: 7.943 Volume: 2.590 m3 Weight: 6.994 tonnes Apex Height: 1.47 m</p> <p>Roof wedge [8] FS: 2.114 Volume: 3.056 m3 Weight: 8.250 tonnes Apex Height: 1.47 m</p>

Fuente: Elaboración propia

Dique, se observa para las secciones de 5.5 m x 5.0 m la formación de 4 cuñas (1, 2, 6,7 y 8), siendo la cuña 8 la que se forma en el techo del Bypass, presentando Fs=0 (factor de seguridad), siendo esta la que genera inestabilidad en el macizo rocoso, con la aplicación del sostenimiento Shotcrete de 2" espesor más pernos helicoidales de 7', E=1.8 m x1.8 m, se obtiene Fs=3.1 (estable), (ver Figura 59).

Figura 59

Análisis de estabilidad de cuñas en los diques sección 5.5 m x 5.0 m, sin u con sostenimiento.

Análisis de Estabilidad de cuñas - Sin sostenimiento		
Vista en Perspectiva	Vista Frontal	Cuñas / Factor de seguridad
		<p>Volume: 0.000 m³ Weight: 0.000 tonnes Apex Height: 0.02 m</p> <p>Lower Left wedge [7] FS: 9.548 Volume: 3.753 m³ Weight: 10.134 tonnes Apex Height: 2.03 m</p> <p>Roof wedge [8] FS: 0.000 Volume: 0.670 m³ Weight: 1.810 tonnes Apex Height: 0.69 m</p>
Análisis de Estabilidad de cuñas - Con sostenimiento		
Vista en Perspectiva	Vista Frontal	Cuñas / Factor de seguridad
		<p>Upper Right wedge [6] FS: 56.217 Volume: 0.000 m³ Weight: 0.000 tonnes Apex Height: 0.02 m</p> <p>Lower Left wedge [7] FS: 10.336 Volume: 3.753 m³ Weight: 10.134 tonnes Apex Height: 2.03 m</p> <p>Roof wedge [8] FS: 3.138 Volume: 0.670 m³ Weight: 1.810 tonnes Apex Height: 0.69 m</p>

Fuente: Elaboración propia

4.6 Evaluación numérica del sostenimiento (Phase2).

Para realizar el análisis numérico utilizaremos también el software Phase2 de Rocscience (2010) con la finalidad de estimar la necesidad del sostenimiento en el By pass, que garantice la estabilidad del mismo, partiendo de que existe una condición de esfuerzo inducido alrededor del Bypass y que el sostenimiento recomendado debe contrarrestar el efecto adverso de los esfuerzos inducidos.

De acuerdo a lo expuesto por DCR ingenieros S.R (Evaluación Geomecánica para Recuperación de Mineral Remanente y Estabilidad del Bypass 745 de Mina Cerro Lindo - 2017), se utiliza para ello la relación propuesta por Vlachopoulos y Diederichs.

Este método requiere que construyamos un modelo del Bypass y determinemos primeramente la deformación lejos de la cara del Bypass usando un análisis de deformación plana simple, luego se construye un modelo de deformación plana que relaje una presión interna en el límite del bypass desde un valor igual al esfuerzo aplicado in-situ hasta llegar a cero.

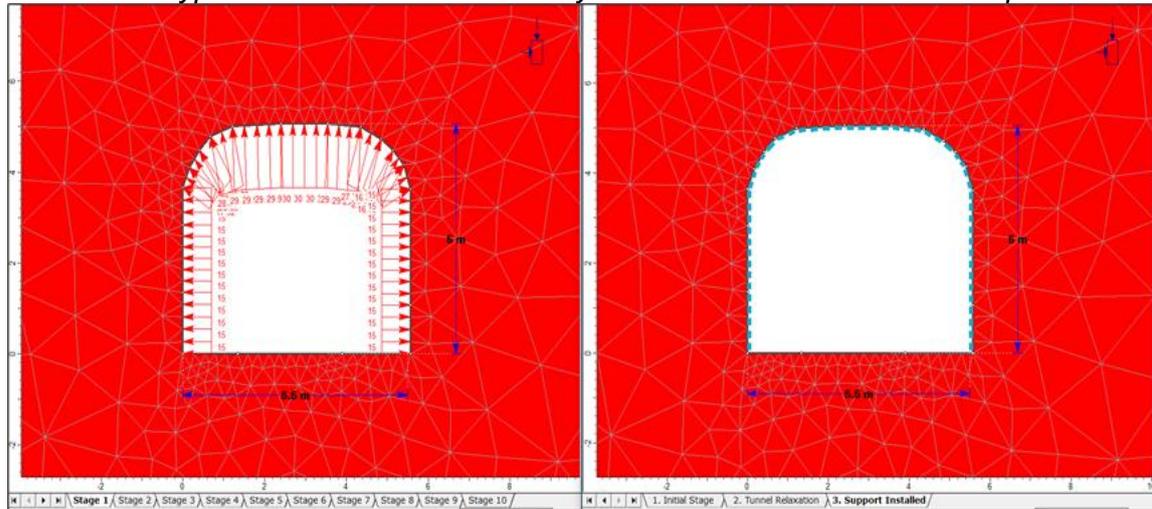
La etapa final, con presión interna cero se utilizará para determinar la cantidad de deformación antes de la instalación del sostenimiento. El factor de la presión interna aplicada sobre una serie de etapas se utilizará para determinar la presión que produce la cantidad de deformación de la pared del Bypass en el punto de instalación del sostenimiento.

Este análisis se realizó para cada tipo de roca de acuerdo con la calidad del macizo rocoso según su RMR (ver Tabla 30), asumiendo como valor de esfuerzos In- situ de 30 Mpa que corresponde a los valores de esfuerzos inducidos descrito en ítem 5.2 y considerando asumir la sección de 5.5 m x 5.0 m, se concluye:

Rocas tipo IIIA: del análisis del modelo numérico (ver Figura 60), con la instalación de pernos helicoidales de 19 mm con 7 pies de longitud espaciados a 1.5 m x 1.5 m más la aplicación de Shotcrete reforzado de 2" de espesor de 35 Mpa de resistencia a la compresión (ver Figura 61), se observa que los valores de los factores de seguridad del sostenimiento aplicado están por encima de 1.2 (estable), en este caso los resultados son favorables y esto es debido a que los puntos ploteados de empuje vs momentos y empuje vs fuerza cortantes de ambos elementos de sostenimiento caen en la parte central del gráfico por encima del valor de 1.2, de allí que se hallan los mayores valores de factor de seguridad (Ver Figura 62).

Figura 60

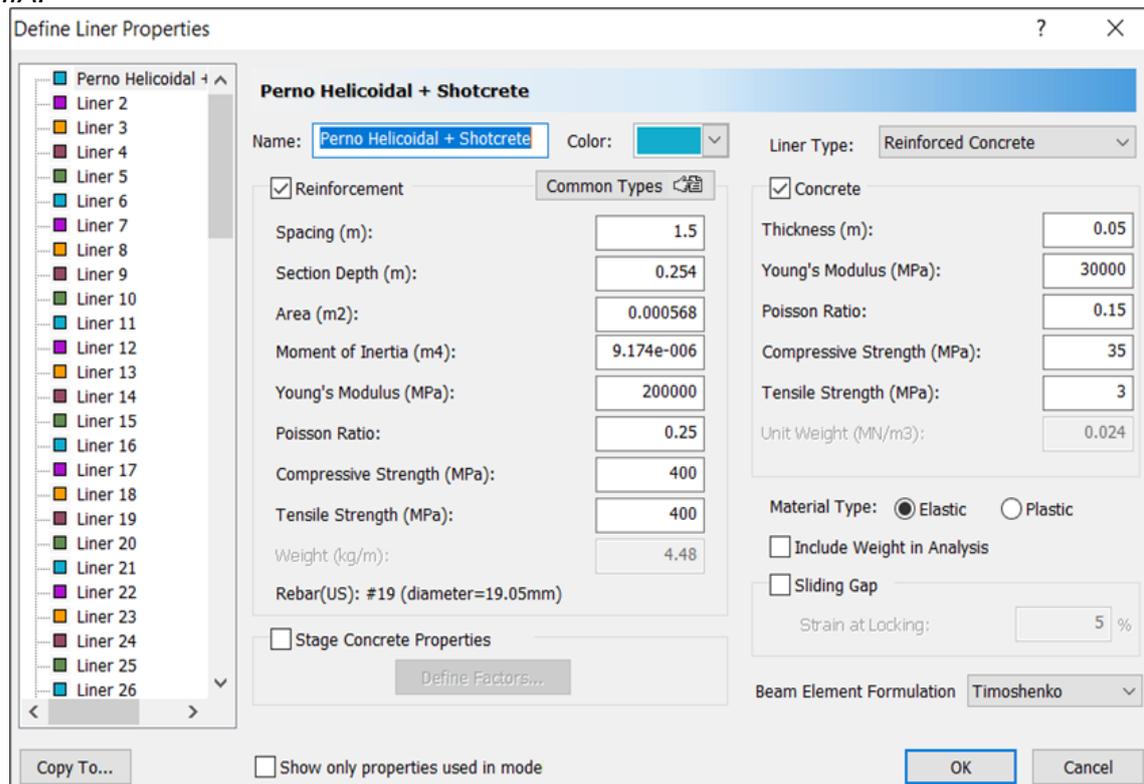
Modelos del Bypass - 745 sin sostenimiento y con sostenimiento – rocas de tipo IIIA.



Fuente: Elaboración propia

Figura 61

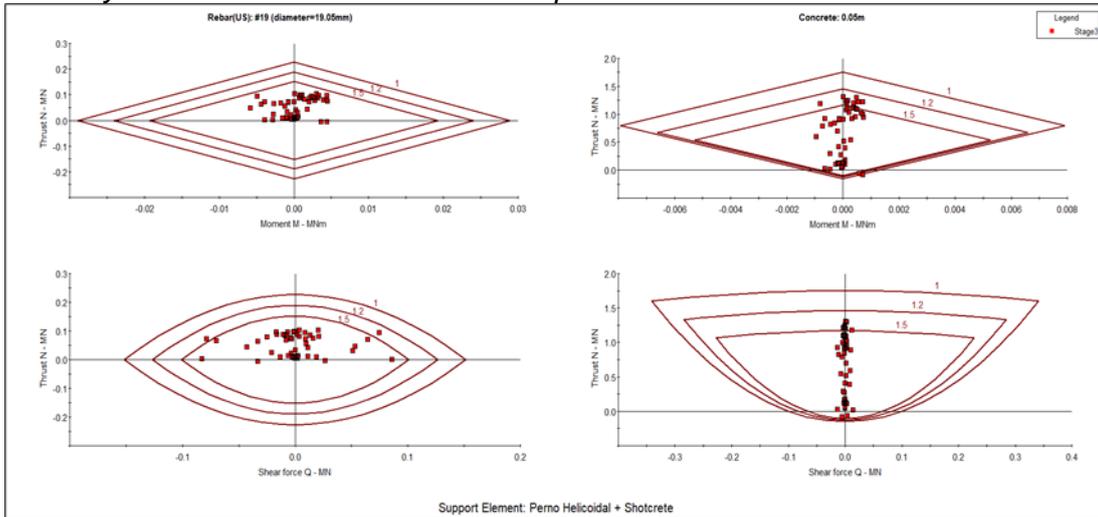
Propiedades de los elementos de sostenimiento empleado en el análisis – rocas de tipo IIIA.



Fuente: Elaboración propia

Figura 62

Distribución de diagrama de momentos y fuerza cortante para el sostenimiento con Pernos Helicoidal y Shotcrete reforzado – rocas de tipo IIIA.

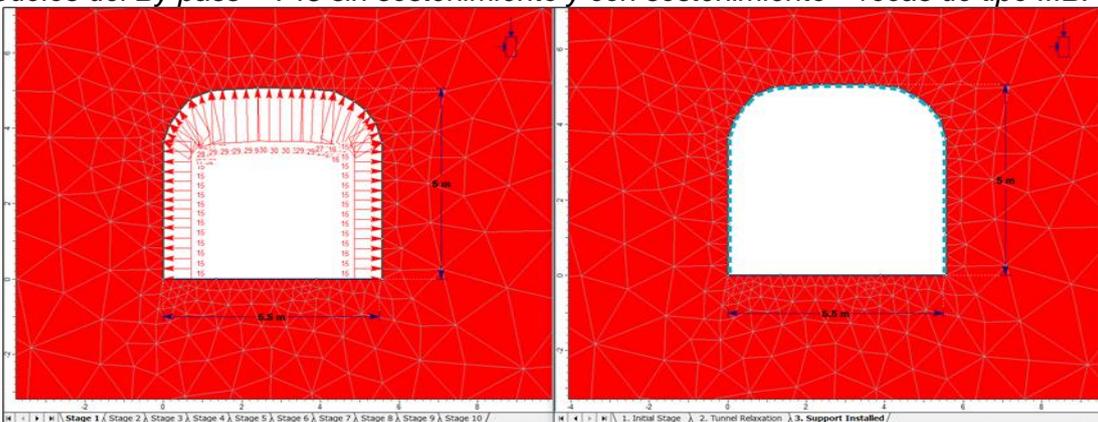


Fuente: Elaboración propia

Rocas tipo IIIB: del análisis del modelo numérico (ver Figura 63), con la instalación de Pernos helicoidales de 19 mm con 7 pies de longitud espaciados a 1.5 m x 1.5 m más la aplicación de Shotcrete reforzado de 3" de espesor de 35 Mpa de resistencia a la compresión (ver Figura 64), se observa que los valores de los factores de seguridad del sostenimiento aplicado están en el rango de 1.2 a mayores (estable), en este caso los resultados son favorables y esto es debido a que los puntos ploteados de empuje vs momentos y empuje vs fuerza cortantes de ambos elementos de sostenimiento caen en la parte central del gráfico por encima del valor de 1.2, de allí que se hallan los mayores valores de factor de seguridad (ver Figura 65).

Figura 63

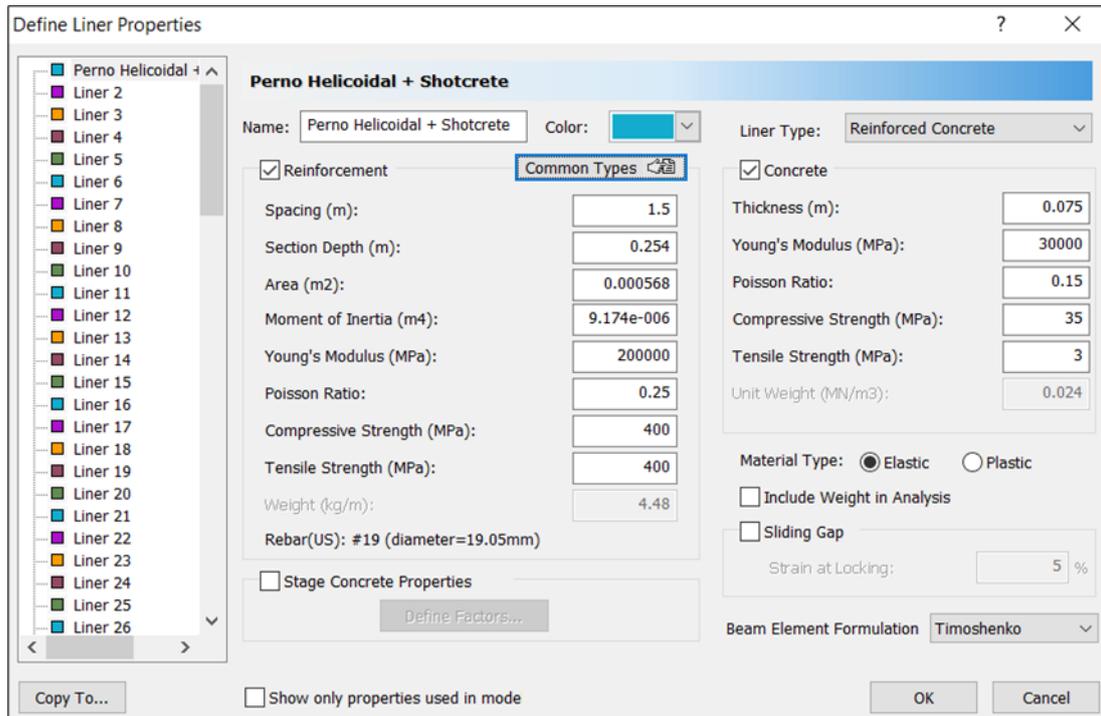
Modelos del By pass – 745 sin sostenimiento y con sostenimiento – rocas de tipo IIIB.



Fuente: Elaboración propia

Figura 64

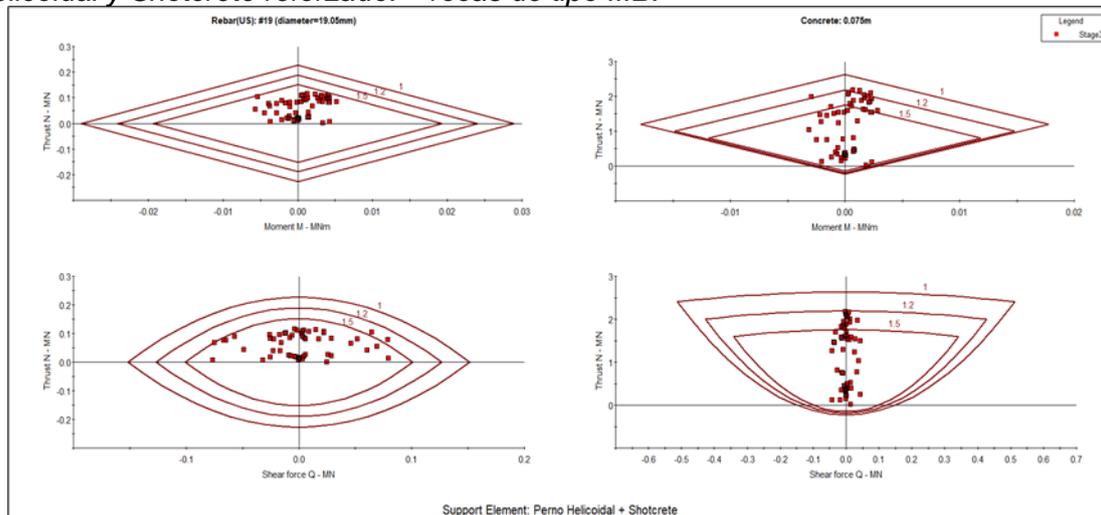
Propiedades de los elementos de sostenimiento empleado en el análisis – rocas de tipo IIIB.



Fuente: Elaboración propia

Figura 65

Distribución de diagrama de momentos y fuerza cortante para el sostenimiento con Pernos Helicoidal y Shotcrete reforzado. – rocas de tipo IIIB.



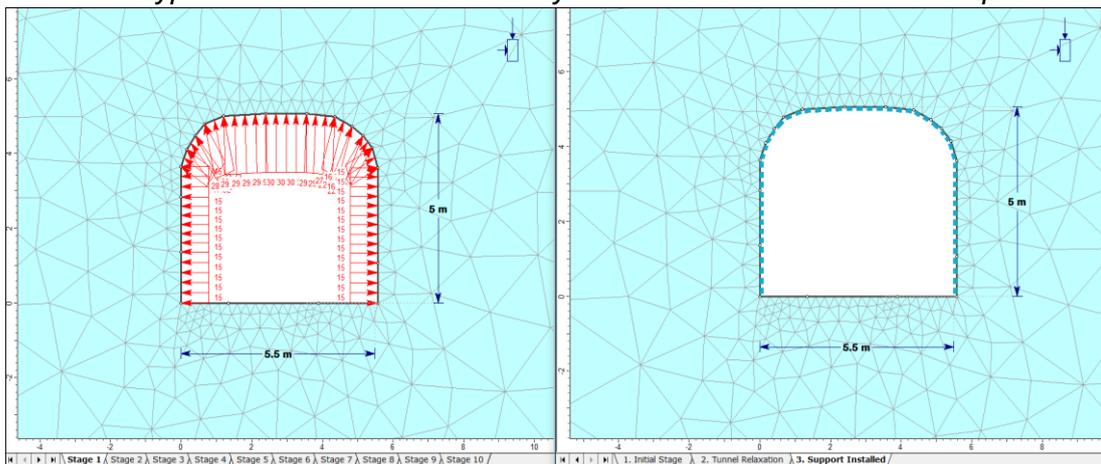
Fuente: Elaboración propia

Rocas tipo IVA: del análisis del modelo numérico (ver Figura 66), con la instalación de pernos helicoidales de 19 mm con 7 pies de longitud espaciados a 1.3 m x 1.3 m más la aplicación de Shotcrete de 4" de espesor reforzado de 35 Mpa de resistencia a la compresión (ver Figura 67), se observa que los valores de los factores de seguridad del

sostenimiento aplicados están en el rango de 1.2 a mayores (estable), en este caso los resultados son favorables y esto es debido a que los puntos ploteados de empuje vs momentos y empuje vs fuerza cortantes de ambos elementos de sostenimiento caen en la parte central del gráfico por encima del valor de 1.2, de allí que se hallan los mayores valores de factor de seguridad (ver Figura 68).

Figura 66

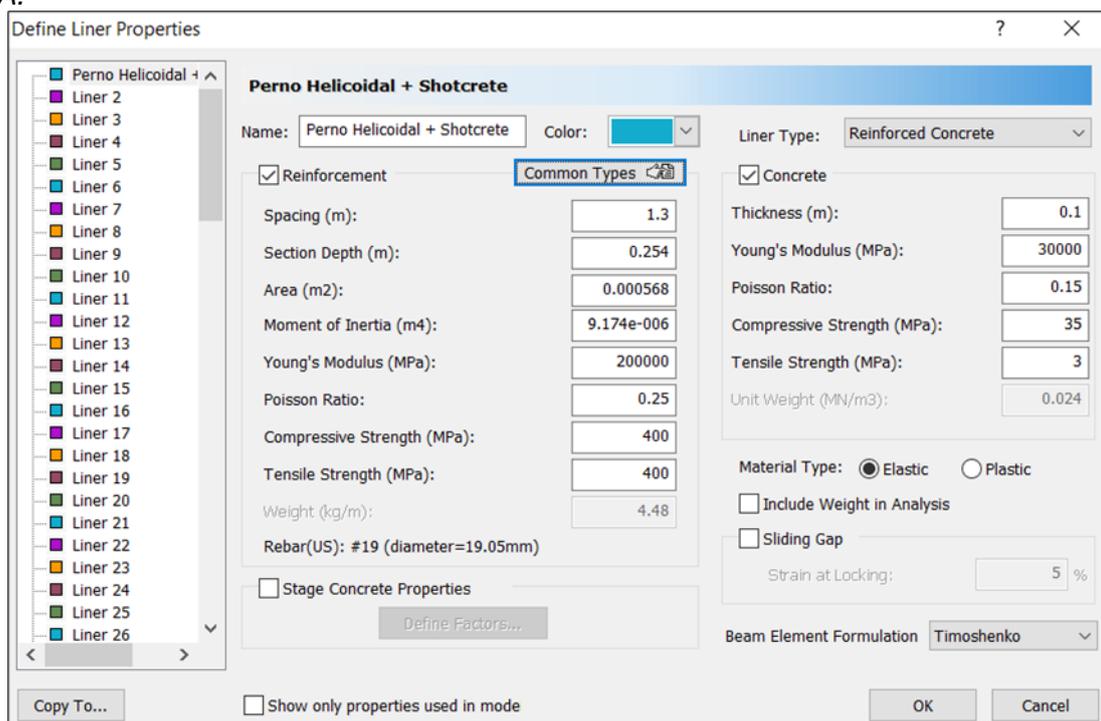
Modelos del Bypass - 745 sin sostenimiento y con sostenimiento – rocas de tipo IVA.



Fuente: Elaboración propia

Figura 67

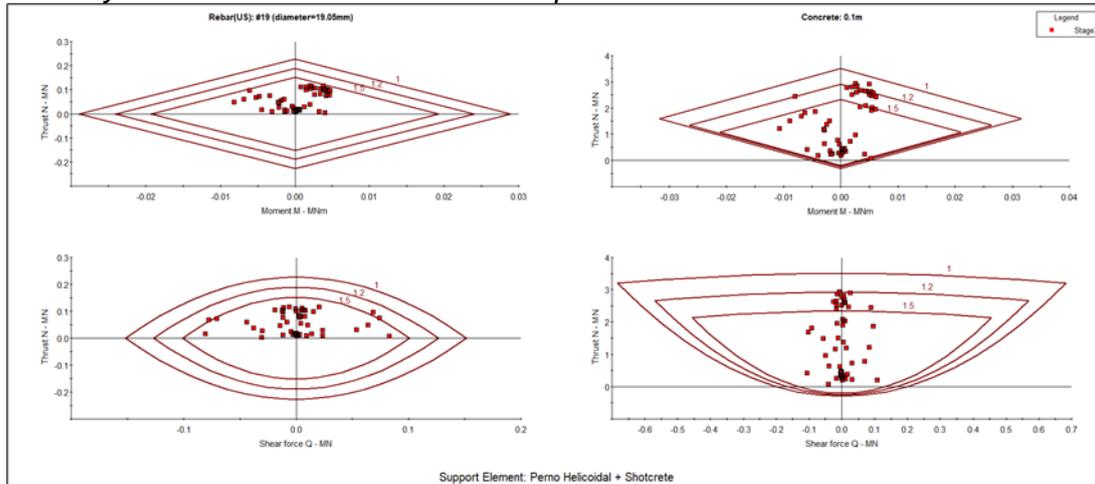
Propiedades de los elementos de sostenimiento empleado en el análisis – rocas de tipo IVA.



Fuente: Elaboración propia

Figura 68

Distribución de diagrama de momentos y fuerza cortante para el sostenimiento con Pernos Helicoidal y Shotcrete reforzado – rocas de tipo IVA.

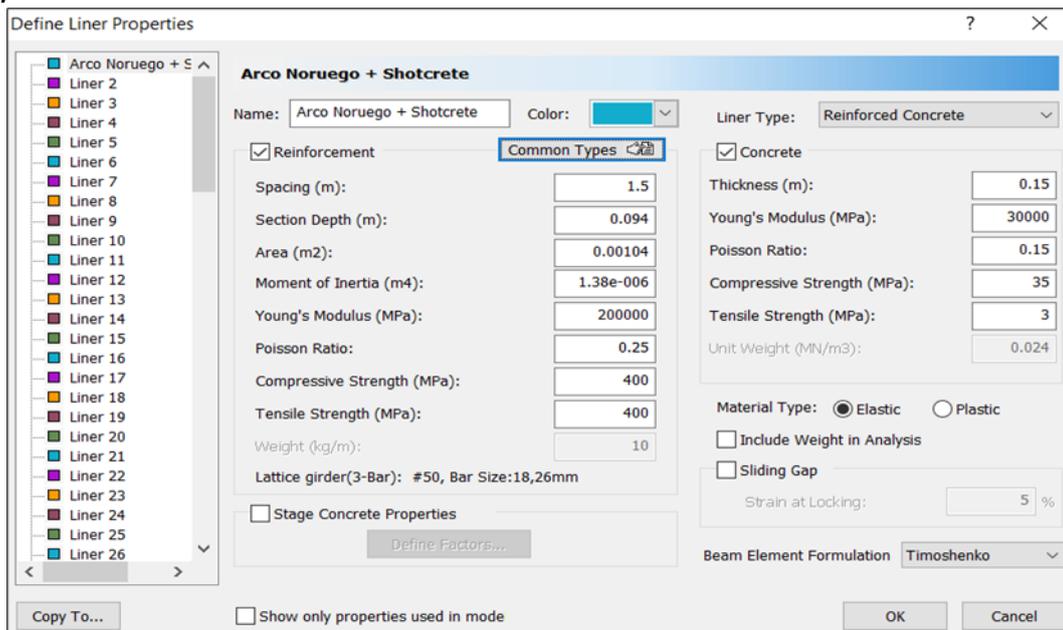


Fuente: Elaboración propia

A continuación, se estimará el sostenimiento empleando la instalación de arcos noruegos de tipo Laticce girder # 50 Bar Size 18.26 mm, espaciados a 1.5 m más la aplicación de shotcrete reforzado de 6" de espesor de 35 MPa de resistencia compresiva (ver Figura 69).

Figura 69

Propiedades de los elementos de sostenimiento empleado en el análisis – rocas de tipo IVA.

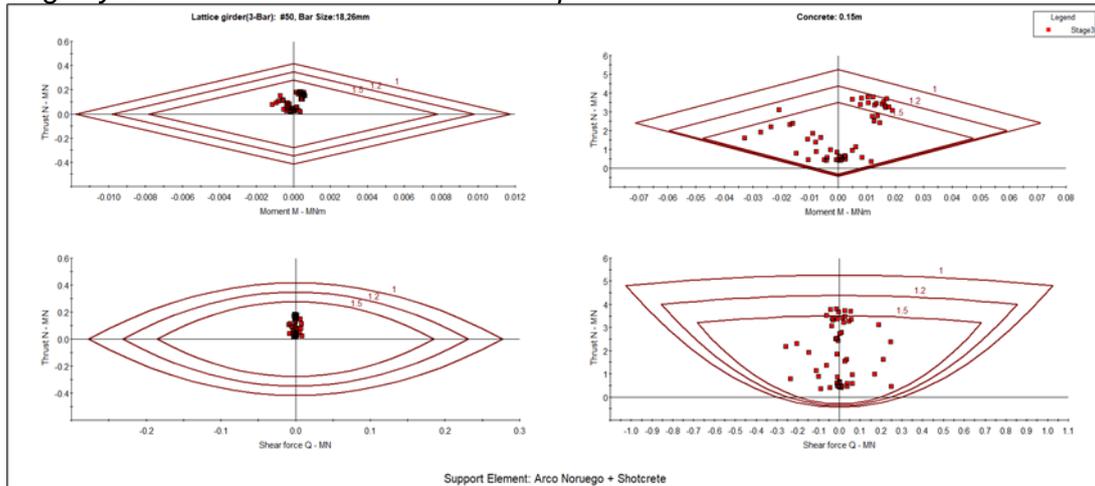


Fuente: Elaboración propia

Se observa que los valores de los factores de seguridad del sostenimiento aplicado están por encima de 1.2 (estable), esto indica que los arcos noruegos son más eficientes para la estabilidad debido a que resultan con mayores valores de factores de seguridad, además de que gráficamente resulta más homogéneo (Ver Figura 70).

Figura 70

Distribución de diagrama de momentos y fuerza cortante para el sostenimiento con arcos noruegos y Shotcrete reforzado. – rocas de tipo IVA.



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El Bypass 745 es una labor que pertenece a unidad minera Cerro Lindo ubicada, en la Región Ica, Provincia de Chincha y distrito de Chavín. La mina se encuentra emplazada en la Formación Huaranguillo perteneciente al Grupo Casma que a su vez está rodeado por intrusiones terciarias del Batolito de la Costa.

El Bypass es una vía principal que registra una constante inestabilidad con evidencias de agrietamiento del shotcrete y fallas en el sostenimiento aplicado, generando un alto riesgo durante el tránsito del personal y equipos. Debido a la explotación de los cuerpos mineralizados (OB5 y OB5B).

En la zona de evaluación hay 3 tipos de rocas, los volcánicos (representan el 60%) que aparecen alrededor de los sulfuros conformando la roca encajonante, los sulfuros masivos primarios (SPP -SPB, representan el 25%) donde se emplaza el mineral y los diques (representan el 15%) que cortan transversalmente a la zona de sulfuros y a los volcánicos. Dentro de la zona mineralizada aparecen enclaves de roca volcánica que son extraídos junto con el mineral durante la explotación del yacimiento.

En la zona de estudio (Bypass 745), los Sulfuros presentan dos sistemas de diaclasamiento principales (1 y 2) ambos con rumbo NNE y con buzamiento altos, el sistema 1 buza al NW y el sistema 2 buza al SE y dos sistemas secundarios (3 y 4) ambos con rumbo NNW y buzamientos altos, el sistema 3 buza al NE y el sistema 2 buza al SW, los Volcánicos presentan dos sistemas de diaclasamientos principales (1 y 2) ambos con rumbo NNE y con buzamiento alto, el sistema 1 buza al SE y el sistema 2 buza al NW y dos sistemas secundarios (3 y 4) con rumbo NNW y buzamientos bajos el sistema 3 buza al SW y el sistema 2 buza al NE y los Diques que presentan dos sistemas de diaclasamiento principales (1 y 2) con rumbo NNE y NNW respectivamente y con buzamiento altos, el sistema 1 buza al SE y el sistema 2 buza al NW y dos sistemas secundarios (3 y 4) ambos con rumbo NNE y buzamientos altos el sistema 3 buza al SE y el sistema 2 buza al NW.

Para la clasificación de la masa rocosa del Bypass principal, se ha utilizado el criterio de clasificación geomecánica de Bieniawski (1989) y la clasificación de Q de Barton (1974), donde se muestra que la calidad de la masa rocosa es principalmente Regular A (IIIA, RMR 51-59, representan el 61 %), de calidad Regular B (IIIB, RMR 41-50, representan el 25 %) y las de calidad Mala A que están asociadas principalmente a la zona de presencia de fallas locales (IVA, RMR 30-40, representan el 14 %).

En la zona de evaluación se han estimado los esfuerzos in-situ tomando en cuenta los dos siguientes criterios: el primero utilizando el concepto de carga litostática (Hoek y Brown, 1978) conjuntamente con el criterio de Sheorey (1994) y el segundo utilizando la información del Mapa Mundial de Esfuerzos (WSM), según estos criterios, la constante k (relación: esfuerzo horizontal/esfuerzo vertical) recomendada para los análisis de diseño es 1.

Del análisis empírico de la estabilidad del By pass principal, se concluye que para rocas de calidad Regular IIIA y IIIB las excavaciones son potencialmente inestables y para rocas de calidad pobre IVA las excavaciones son inestables, ambos para secciones de 5.5 m x 5.0 m.

De acuerdo con el análisis del modelamiento numérico con respecto a los esfuerzos inducidos, muestran que la masa rocosa donde se ubican las labores del By pass 745 está sometida a la influencia de los esfuerzos inducidos por el minado de los OB5 y OB5A, esta influencia hace que la masa rocosa sufra perturbación, que va incrementándose a medida que avanza el minado, lo cual se traduce principalmente en daños al sistema de sostenimiento.

Del modelamiento numérico, se observa que los valores de los factores de resistencia del macizo rocoso van descendiendo a medida que la explotación de los cuerpos OB5 – OB5B se acercan al By pass 745 y cuando se explota en un mismo nivel el OB5 y OBSB, llegando a valores de 0.86, valor que están por debajo del límite del equilibrio ($SF=1$), haciéndose crítico la estabilidad del bypass principal.

De acuerdo al modelamiento numérico en terrenos donde se evidencia inestabilidad del macizo rocoso, presenta baja calidad geotécnica (IVB) y que estén menos de 11m de separación a los cuerpos OB5 y OB5B, se tiene que ver la alternativa de la colocación de arcos noruegos de tipo Laticce girder #50 Bar Size 18, 26 mm espaciados a 1.5 m más la aplicación de Shotcrete reforzado de 6" de espesor de 35 MPa de resistencia compresiva.

Recomendaciones

Se recomienda que los tajeos estén como mínimo a 15 m alejado del bypass principal y no debe haber minado simultáneo (en el mismo Nivel) entre los cuerpos OB5 y OB5-B).

De acuerdo con la evaluación empírica (Q de Barton) y evaluación numérica con el software Phase2 (modelamiento numérico), realizado para obtener el tipo de fortificación adecuada para controlar la inestabilidad del Bypass, se recomienda aplicar como sostenimiento:

- Shotcrete de 2" de espesor con fibra de 35 Mpa de resistencia a la compresión más Pernos Helicoidales de 19 mm con 7 pies de longitud espaciados a 1.5 m x 1.5 m para rocas de tipo regular A (IIIA).
- Shotcrete de 3" de espesor con fibra de 35 Mpa de resistencia a la compresión más Pernos Helicoidales de 19 mm con 7 pies de longitud espaciados a 1.5 m x 1.5 m para rocas de tipo Regular B (IIIB).
- Shotcrete de 4" de espesor con fibra de 35 Mpa de resistencia a la compresión más Pernos Helicoidales de 19 mm con 7 pies de longitud espaciados a 1.3 m x 1.3 m para rocas de tipo pobre A (IVA).

Referencias bibliográficas

- Agencia Nacional de Minería, (2023) *Guía técnica para la gestión de los riesgos mineros causados por fallas geomecánicas*. Colombia
- Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (1974). *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. Rock Mechanics
- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Pennsylvania, USA: John Wiley & Sons.
- Caizaluisa, J. y Criollo, A. (2015). *Caracterización Geomecánica del Macizo Rocoso para el plan de cierre y liquidación de las Canteras ubicadas en las Parroquias de San Antonio de Pichincha ("Fucusucu iii") y de Píntag ("Esperanza")*. Ecuador.
- Cordova, D. (2008). *Geomecánica en el minado subterráneo. Caso mina Condestable*. Perú
- DCR Ingenieros. (2017). *Evaluación Geomecánica para Recuperación de Mineral Remanente y Estabilidad del Bypass 745 de Mina Cerro Lindo Ica – Perú*.
- DCR Ingenieros. (2008). *Evaluación Geomecánica del Minado Subterráneo de Mina Cerro Lindo Ica – Perú*.
- González de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: Pearson Educación
- Duque. G. (2020), *Manual de Geología para Ingenieros, Colombia*.
- González de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: Pearson Educación
- Hadjigeorgiou, J. (2023). *Rock Reinforcement Data for Analysis and Design*. Canadá
- Hinostroza, J., (2016): *Geología de la Mina Cerro Lindo informe interno elaborado por Compañía Minera Milpo S.A.A., Perú*.
- Hoek E. & Brown. E. (1980). *Underground Excavations in Rock*. London: *The Institution of Mining and Metallurgy*.
- Hoek.E., Kaiser P. & Bawden W. (1995). *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. Rotterdam: *Balkema*.
- Instituto Geológico y Minero de España, (2004). *Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea*. Madrid

- Jimenes, L. (2021). *Desarrollo de herramientas de diseño para la estabilidad de excavaciones en mina Orcopampa*. Peru.
- Meffre, S., & Thompson, J., (2016): *U-Pb Geocronología de Rocas para Milpo, Centro de Excelencia ARC en Depósitos Minerales. Universidad de Tasmania*. Perú
- Mining. (2023). *A Comprehensive Numerical Modeling Study for Parameter Optimization and Slope Stability Analysis in the Baganuur Lignite Coal Mine*. Canadá, pp-257.
- Osinergmin. (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. Magdalena del Mar, Lima, Perú.
- Pakalnis, R. (2014). *Empirical Design Methods – Update (2014)*, presentado en 1st International Conference on Applied Empirical Design Methods in Mining, Lima – Perú.
- Pantaleon, H. (2017). *Evaluación Geomecánica para el dimensionamiento, secuencia de minado y relleno de tajeos de una mina subterránea*. Peru.
- Ramirez, P. y Alejano. L. (2004). *Mecánica de rocas: fundamentos e ingeniería de taludes*. Madrid, España.
- Ramos, N. (2021). *Caracterización geomecánica del macizo rocoso y diseño de las fortificaciones a emplearse en la galería “Veta La 24” y el “Subnivel Principal”, labores de la empresa minera Redgoldmin S.A. ubicadas en el sector Bella Rica, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay*. Ecuador.
- Rocscience Inc. (2007). *Manuales de software geomecánicos*.
- Salazar, M. (2021). *Caracterización geomecánica para evaluar el sostenimiento subterráneo de la mina Huantajalla U.P. Uchucchacua Compañía Minera Buenaventura S.A.A. Cerro de Pasco*
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (2004). *Manual de Geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de roca en minería subterránea* Perú.
- SRK Perú. (2017). *Modelamiento Geomecánico 3D y Evaluación de las Condiciones de Estabilidad Global de la Mina Cerro Lindo*. Ica – Perú.

- SVS Perú. (2015). *Estudio Geomecánico para el Dimensionamiento, Secuencia y Relleno de Tajeos de la Mina Cerro Lindo*. Ica – Perú.
- Velasco, M. (2016). *Diseño de sostenimiento en base a la Caracterización Geomecánica del macizo rocoso en el sector vetilla 1 subniveles 1 y 2 de sociedad minera liga de oro*. Ecuador.
- Villaescusa, E. (2014). *Geotechnical Design for Sublevel Open Stopping Australia*
- Zalazar, H., y Landa, C., 1993: *Geología de los Cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conoyca, Chincha, Tanatara y Castrovirreyna: Ingemmet, Sector Energia y Minas. Perú. Boletín No. 44*

Anexos

	Pág.
Anexo 1 : Mapeo Geomecánico (RMR89,Q de Barton).....	1
Anexo 2 : Planos Geomecánico del Bypass 745.....	63
Anexo 3 : Planos Geológico del Bypass 745.....	68
Anexo 4 : Planos de zonificación geomecánica del Bypass 745	73
Anexo 5 : Modelamiento numérico con el programa Phase2 de los esfuerzos principal (Sigma 1) en la sección 1 (S-1).....	78
Anexo 6 : Modelamiento numérico con el programa Phase2 de los factores de resistencia (FS) en la sección 1 (S1)	83
Anexo 7 : Modelamiento Numérico con el programa Phase2 de los esfuerzos inducidos principal (Sigma 1) en la sección 1 (S-2).....	88
Anexo 8 : Modelamiento numérico con el programa Phase2 de los factores de resistencia (FS) en la sección 1 (S-2).....	92
Anexo 9 : Resultados de ensayos de laboratorio de mecánica de rocas.....	96
Anexo 10: Datos utilizados en el software Phase2.....	122
Anexo 11: Cálculo de las propiedades del macizo rocoso mediante el software Roc Data.....	124

Anexo 1: Mapeo Geomecánico (RMR89,Q de Barton)

LUGAR : BP 745 - 1650				CLASIFICACIÓN GEOMECANICA				Por : C. GARCIA A.				
LABOR : CX 002				E-1				Fecha : 15/08/2018				
N°		ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)								
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA								
E-1	225	85	0	7	SISTEMA DE CLASIFICACION RMR							
TIPO DE ROCA					PARAMETRO		RANGO DE VALORES			VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m	RESIST. COMPRE. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15) X	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1 12	
SPP	100	—	—	13	RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17) X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2 13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		CONDICION DE JUNTAS		COMENTARIOS				
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)							
F	68	300		Ox,Cal	0 - 3	—		—				
Dn	70	340	40	Ox,Cal	0 - 3	—		—				
Dn	66	95	30	Ox,Cal	0 - 2	—		—				
Dn	76	20	20	Ox,Cal	0 - 3	—		—				
Dn	79	236	20	Ox,Cal	0 - 4	—		—				
Dn	75	114	30	Ox,Cal	0 - 3	—		—				
AGUA SUBTERRANEA					Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5 10		
ORIENTACIÓN					Muy Fborab. (0) X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)											58	
CLASE DE MACIZO ROCOSO												
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20					
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA					
SISTEMA DE CLASIFICACION Q												
ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO			RANGO DE VALORES			VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	12	86	13	83	RQD %	(RQD)	13 frcturas por meto lineal			63	
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	11	70	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales y uno secundario			6	
VOL	Volcanico	11	70	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso			2	
D	Dique andesitica	12	66	14	59	Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente Alteradas			2	
		14	59	15	56	Número de Agua Subterranea	(Jw)	Humedo a seco			1	
		12	66	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m			2.5	
		14	59			Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)					4.20	
CLASE DE MACIZO ROCOSO												
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001			
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE			
ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		ESPACIAMIENTO (M)		ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO			COMENTARIOS ADICIONALES					
Dn	X Sistema de diaclasas	1	> 2	Ox	X Oxidos	Mi	Mineral					
Fn	Sistema de fallas	2	0.6 - 2	Qz	Cuarzo	Py	Pirta					
C	Contacto	3	0.2 - 0.6	Pnz	Panizo	Cal	X Calcita					
S	Seudoestratos	4	0.06 - 0.2	Arc	Arcilla							
F	X Falla	5	< 0.06	Bx	Brecha							
Mf	Microfallas			Ser	Serecita							
Fr	Fracturas											

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 003

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

Por : C. GARCIA A.

E-2

Fecha : 15/08/2018

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-2	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac./m		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	12
SPP	90	SPB	10	12		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		CONDICION DE JUNTAS	ESPACIAMIENTO					VALORACION	
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10
Dn	39	320	20	Ox,Cal	0 - 3	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
Dn	42	111	30	Ox,Cal	0 - 3	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	78	298	35	Ox,Cal	0 - 4	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	81	191	30	Ox,Cal	0 - 3	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	4
Dn	48	103	30	Ox,Cal	0 - 4	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
Dn	34	338	35	Ox,Cal	0 - 3	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
						ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												58	
CLASE DE MACIZO ROCOSO													
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	12	66	13	63	RQD %	(RQD)	12 frcturas por meto lineal					66
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	11	70	Número de Discontinuidades	(Jn)	Un sistemas principales y uno secundario					4
VOL	Volcanico	11	70	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesitica	12	66	14	59	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					3
		14	59	15	56	Número de Agua Subterranea	(Jw)	Humedo a seco					1
		12	66	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
		14	59			Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							4.40

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirta
Pnz		Panizo	Cal	X
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1050

LABOR : CX 004

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

Por : C. GARCIA A.

E-3

Fecha : 15/08/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE HASTA
E-3	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
SPB	70	SPP	30	14		RQD %	> 2 m (20)	75 - 90 (17) X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15) X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
Dn	81	214	20	Ox, Cal	0 - 3	—	CONDICION							
Dn	76	303	25	Ox, Cal	0 - 3	—	PERSISTENCIA	< 1 m (6) X	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
Dn	72	280	35	Ox, Cal	0 - 4	—	APERTURA	Cerrada (6)	< 0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	20	270	40	Ox, Cal	0 - 3	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
							RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
							INTEMPERIZACION	Sana (6) X	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	4
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0) X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													56	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	12	86	13	83	RQD %	(RQD)	14 fracturas por metro lineal					59
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	86	12	86	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales y uno secundario					6
VOL	Volcanico	11	70	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesitica	12	86	14	59	Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente Alteradas					2
		14	59	15	56	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Humedo a seco					1
		12	86	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
		14	59			Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							3.93

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Piritas
Pnz		Panizo	Cal	Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 006

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-4

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-4	225	85	0	10

TIPO DE ROCA						PARAMETRO		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO		VALORACION		
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)										
DIQUE	100	—	—	13		RQD %	>250 (15) X	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	12			
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO		VALORACION			
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		ESPACIAMIENTO	CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	INTEMPERIZACION	AGUA SUBTERRANEA	ORIENTACION	VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)
Dn	42	185	20	Ox,Cal	0 - 3	—	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15) X	1- 3 m (4) X	3-10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	3		
Dn	84	309	30	Ox,Cal	0 - 4	—	< 1 m (6) X	1- 3 m (4) X	3-10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	3			
Dn	78	138	35	Ox,Cal	0 - 3	Sub Horizontales	Cerrada (6)	<0.1 mm (5) X	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	4			
Dn	72	144	30	Mi,Arc	0 - 5	—	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3			
Dn	58	080	30	Ox,Cal	0 - 3	—	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1			
Dn	52	265	35	Ox,Cal	0 - 2	—	Sana (6) X	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	5			
							Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10			
							Muy Faborab. (0) X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2			
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													59			
CLASE DE MACIZO ROCOSO																
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20										
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA										

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
SPP	Sulfuro Primario de Pirta
SPB	Sulfuro Primario de Baritina
VOL	Volcanico
D	Dique andesitica

J	RQD	J	RQD
12	66	13	63
12	66	12	66
13	63	11	70
11	70	11	70
12	66	14	59
14	59	15	56
12	66	17	49
14	59		

PARAMETRO		RANGO DE VALORES				VALORACION	
RQD %	(RQD)	13 fracturas por meto lineal				63	
Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales				4	
Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso				2	
Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas				3	
Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco				1	
Factor de Reduccion de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m				2.5	
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)						4.2	

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
Dn	X Sistema de diaclasas
Fn	Sistema de fallas
C	Contacto
S	Seudoestratos
F	Falla
Mf	Microfallas
Fr	Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	X	Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirta
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 007

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-5

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-5	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION							
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250	(15)	X	100 - 250	(12)	50 - 100	(7)	25 - 50	(4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12			
DIQUE	90	VOL	10	14			RQD %	90 - 100	(20)	X	75 - 90	(17)	X	50 - 75	(13)	25 - 50	(8)	<25	(3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO	> 2 m	(20)	X	0.6 - 2 m	(15)	X	0.6 - 0.2 m	(10)	0.2 - 0.06 m	(8)	< 0.06 m	(5)	3	10	
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECTION		TIPO	ESPEJOR (mm)		PERSISTENCIA	< 1 m	(6)	X	1 - 3 m	(4)	3 - 10 m	(2)	10 - 20 m	(1)	> 20 m	(0)	4A	4		
Dn	25	243	30	Ox, Cal	0 - 1	—	CONDICION DE JUNTAS	APERTURA	Cerrada	(6)	<0.1 mm	(5)	X	0.1-1.0 mm	(4)	X	1 - 5 mm	(1)	> 5 mm	(0)	4B	1
Dn	33	252	30	Ox, Cal	0 - 3	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa	(6)	Rugosa	(5)	X	Lig. rugosa	(3)	Lisa	(1)	Espejo de falla	(0)	4C	3		
Dn	23	284	35	Ox, Cal	0 - 1	—	RELLENO	Limpia	(6)	Duro < 5 mm	(4)	X	Duro > 5 mm	(2)	X	Suave < 5 mm	(1)	Suave > 5 mm	(0)	4D	1	
Dn	31	252	20	Ox, Cal	0 - 4	—	INTEMPERIZACION	Sana	(6)	X	Lig. Intempe.	(5)	Mod. Intempe.	(3)	Muy Intempe.	(2)	Descompuesta	(0)	4E	5		
Dn	48	355	30	Ox, Cal	0 - 1	—	AGUA SUBTERRANEA	Seco	(15)	X	Humedo	(10)	Mojado	(7)	Goteo	(4)	Flujo	(0)	5	10		
Dn	23	293	30	Ox, Cal	0 - 4	—	ORIENTACION	Muy Faborab.	(0)	X	Faborable	(-2)	Regular	(-5)	Desfavorab.	(-10)	Muy Desfavo.	(-12)		-3		
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)																	56					
CLASE DE MACIZO ROCOSO																						
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20															
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA															

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	86	13	83	RQD %	(RQD)	14 fracturas por metro lineal					59
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	83	11	70	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales y uno secundario					6
VOL	Volcanico	11	70	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesitica	12	86	14	59	Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente Alteradas					2.5
		14	59	15	56	Número de Agua Subterranea	(Jw)	Humedo a seco					1
		12	86	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
		14	59			Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							3.15

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral	
Qz		Cuarzo	Py	Pirita	
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 008

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-6

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE HASTA
E-6	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
VOL	80	SPP	20	13		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	> 20 m (1)	> 20 m (0)	4A
Dn	47	76	10	Ox,Cal	0 - 3	---	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0) <td>4A</td> <td>4</td>	4A	4
Dn	79	132	20	Ox,Cal	0 - 1	---	CONDICION DE APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	81	95	20	Ox,Cal	0 - 4	---	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	69	45	15	Ox,Cal	0 - 4	---	JUNTAS RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	4
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												56		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	88	13	83	RQD %	(RQD)	13 fracturas por metro lineal					63
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	86	12	86	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principal					4
VOL	Volcanico	13	83	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesítica	11	70	11	70	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					3.5
		12	88	14	59	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco					1
		14	59	15	56	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
		14	59	17	49	Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							3.60

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-7

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 009

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-7	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRE. UNIAIXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
SPP	100	—	—	13		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION	TIPO	ESPESOR (mm)	CONDICION DE JUNTAS		< 1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	3	
Dn	66	222	20	Ox, Cal	0 - 3	—	PERISTENCIA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	76	236	30	Ox, Cal	0 - 3	—	APERTURA	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	85	155	35	Ox, Cal	0 - 1	—	RUGOSIDAD	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
Dn	80	226	15	Ox, Cal	0 - 3	—	RELLENO	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
Dn	71	291	30	Ox, Cal	0 - 3	—	INTEMPERIZACION	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							AGUA SUBTERRANEA	Muy Fborab. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													49	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
							RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20	
							DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA	

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA				PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALORACION		
SPP	Sulfuro Primario de Pinta	12	86	13	83	RQD %	(RQD)	13 fracturas por meto lineal					66
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	86	12	86	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principales					9
VOL	Volcanico	13	83	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesitica	11	70	11	70	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					3
		12	86	14	59	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco					1
		14	59	15	58	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
		14	59	17	49	Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							1.96

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 010

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-8

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-8	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
SPP						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO DE ROCA						ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		PERSISTENCIA							
F	88	40	25	Ox, Mi	0 - 2	---	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4	
Dn	69	291	30	Ox, Cal	0 - 3	---	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1	
Dn	66	230	35	Ox, Cal	0 - 3	---	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
Dn	74	291	20	Ox, Mi	0 - 3	---	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1	
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	4E	3	
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-5	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												45		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	66	13	63	RQD %	(RQD)					56
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	12	66	Número de Discontinuidades	(Jn)					12
VOL	Volcanico	13	63	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)					2
D	Dique andesítica	11	70	11	70	Número de Alteración	(Ja)					3.5
		12	66	14	59	Número de Agua Subterránea	(Jw)					1
		14	59	15	56	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)					2.5
		12	66	17	49	Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)						1.07
		14	59			CLASE DE MACIZO ROCOSO						
RMR		1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001		
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE		

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	X	Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 011

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-9

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE HASTA
E-9	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
SPP	90	VOL	10	14		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
Dn	74	235	30	Ox, Cal	0 - 3	---	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4	
Dn	79	301	30	Ox, Cal	0 - 4	---	CONDICION DE JUNTAS						4B	1
Dn	71	111	35	Ox, Cal	0 - 4	---	APERTURA						4C	3
Dn	75	232	30	Ox, Cal	0 - 2	---	RUGOSIDAD						4D	1
							RELLENO						4E	3
							INTEMPERIZACION						5	10
							AGUA SUBTERRANEA							
							ORIENTACION							
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													47	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	86	13	83	RQD %	14 fracturas por metro lineal					59
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	86	12	86	Número de Discontinuidades (Jn)	Tres sistemas principales y uno secundario					12
VOL	Volcanico	13	83	11	70	Número de Rugosidad (Jr)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesitica	12	86	14	59	Número de Alteración (Ja)	Moderadamente Alteradas					3
		14	59	15	56	Número de Agua Subterranea (Jw)	Humedo a seco					1
		12	86	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional) (SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
		14	59			Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)						1.31

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 012

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-10

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	SUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-10	225	85	0	10

TIPO DE ROCA				
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N° Frac / m
SPP	100	—	—	14

TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)	
Dn	80	296	35	Ox, Mi	0 - 2	—
Dn	78	301	20	Ox, Cal	0 - 3	—
Dn	84	121	35	Ox, Cal	0 - 3	—
Dn	84	311	20	Ox, Mi	0 - 3	—

PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION		
RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	X	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7		
RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13		
ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10		
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	X	1 - 3 m (4)	X	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	3
	APERTURA	Cerrada (6)		<0.1 mm (5)	X	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3		
	RELLENO	Limpia (6)		Duro < 5 mm (4)	X	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	X	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3		
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10		
ORIENTACIÓN	Muy Fborab. (0)	X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2		
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)								49		
CLASE DE MACIZO ROCOSO										
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20				
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA				

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	SPP	SPB	VOL	D
Sulfuro Primario de Piritas				
Sulfuro Primario de Baritina				
Volcanico				
Dique andesitica				

J	RQD	J	RQD
12	66	13	63
12	66	12	66
13	63	11	70
11	70	11	70
12	66	14	59
14	59	15	56
12	66	17	49
14	59		

PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACION		
RQD %	(RQD)						14 fracturas por metro lineal	59	
Número de Discontinuidades	(Jn)						Tres sistemas principales	9	
Número de Rugosidad	(Jr)						Ligeramente Rugoso	2	
Número de Alteración	(Ja)						Moderadamente Alteradas	3	
Número de Agua Subteranea	(Jw)						Humedo a seco	1	
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)						Excavacion Mayor a 50m	2.5	
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)									
CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	X	Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 013

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-11

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-11	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
VOL							RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO							ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
ESTRUC.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (m)	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPEsor (mm)			APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	4
F	72	320	—	Ox,Arc	—	Cerrada	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
C	82	54	—	Ox,Cal	—	—	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1	
Dn	26	251	35	Ox,Cal	0 - 2	—	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3	
Dn	80	130	20	Ox,Mi	0 - 4	—	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
Dn	65	290	35	Ox,Mi	0 - 3	—	ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-5	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													50		
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	86	13	83	RQD %	(RQD)	11 fracturas por metro lineal					70
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	86	12	86	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principales					9
VOL	Volcanico	13	83	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesítica	11	70	11	70	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					3
		12	86	14	59	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Humedo a seco					1
		14	59	15	56	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
		12	86	17	49	Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							2.07
		14	59										

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C	X	Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	X	Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 018

CLASIFICACIÓN GEOMECAICA

E-12

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)		
	ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-12	225	85	0	10	

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO		RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION			
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Fac / m			RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	RANGO DE VALORES						<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12			
				VOL			RQD %			>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25 (2)	<5 (1)	<1 (0)			
				14			> 2 m (20)			< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	2			
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS												
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	INTEMPERIZACION	AGUA SUBTERRANEA	ORIENTACION	VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)			55		
F	75	120	—	Ox,Arc	—	Cerrada	< 0.1 mm (5)	Lig.rugosa (3)	Limpia (6)	Sana (6)	Seco (15)	Muy Faborab. (0)	CLASE DE MACIZO ROCOSO						
Dn	70	115	25	Ox,Cal	0 - 3	—	> 0.1 mm (5)	Lisa (1)	Duro < 5 mm (4)	Lig. Intempe. (5)	Humedo (10)	Favorable (-2)	RMR			61 - 80			
Dn	78	118	25	Ox,Cal	0 - 3	—	0.1 - 1.0 mm (4)	Espejo de falla (0)	Duro > 5 mm (2)	Mod.Intempe. (3)	Mojado (7)	Regular (-5)	DESCRIPCION			II - BUENA			
Dn	40	240	25	Ox,Cal	0 - 3	—	1 - 5 mm (1)	Descompuesta (0)	Suave < 5 mm (1)	Muy Intempe. (2)	Goteo (4)	Desfavorab. (-10)	RMR			51 - 60			
																31 - 40			
																21 - 30			
																< 20			
																V - MUY MALA			

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA				PARAMETRO			RANGO DE VALORES						VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	J	RQD	J	RQD	RQD %	14 fracturas por meto lineal						59
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	11	70	Número de Discontinuidades (Jn)	Dos sistemas principales y uno secundario						6
VOL	Volcanico	11	70	11	70	Número de Rugosidad (Jr)	Ligeramente Rugoso						2
D	Dique andesitica	12	66	14	59	Número de Alteración (Ja)	Ligeramente Alteradas						2
				14	59	Número de Agua Subteranea (Jw)	Humedo a seco						1
				14	59	Factor de Reduccion de esfuerzo (estado tencional) (SRF)	Excavacion Mayor a 50m						2.5
				14	59	Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							3.93

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO			
Ox	X	Oxidos	Mineral
Qz		Cuarzo	Py
Pnz		Panizo	Cal
Arc	X	Arcilla	Calcita
Bx		Brecha	
Ser		Serecita	

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1850

LABOR : CX 019

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-13

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

Nº	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-13	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO				RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION		
A		%		B		%		FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)							
VOL		100		—		—		14		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS		ESPACIAMIENTO				CONDICION DE JUNTAS		AGUA SUBTERRANEA		ORIENTACION	
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPEGOR (mm)			> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	> 20 m (1)	> 5 mm (0)	4A	3	
F	78	309	—	Ox,Arc	0 - 50	Relleno de Panizo		< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (1)	> 5 mm (0)	4A	3		
F	60	52	—	Ox,Arc	0 - 40	Relleno de Panizo		Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1			
Dn	80	125	10	Ox,Cal	0 - 3	—		Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3			
Dn	78	309	15	Ox,Cal	0 - 3	—		Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1			
								Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	2			
								Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10			
								Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-4			
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)																41	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20										
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA										

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA				PARAMETRO				RANGO DE VALORES				VALORACION		
SPP	Sulfuro Primario de Pinta	J	86	J	83	RQD %	(RQD)	14 frcturas por meto lineal				59		
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	12	66	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principales y uno secundario				12		
VOL	Volcanico	13	83	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso				1.5		
D	Dique andesitica	11	70	11	70	Número de Alteración	(Ja)	Muy Alteradas				4		
		12	66	14	59	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco				1		
		14	59	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m				2.5		
							$Q = (RQD/Jn) \times (Jr / Ja) \times (Jw / SRF)$							0.74

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES					

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 020

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-14

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

N° ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-14	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRE. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7) X	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	4	
VOL	100	—	—	17		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17) X	50 - 75 (13) X	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	11	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10) X	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8	
Dn	80	56	20	Ox, Cal	0 - 3	—	< 1 m (6)	1 - 3 m (4) X	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	2	
Dn	24	201	15	Ox, Cal	0 - 3	—	CONDICION DE APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	56	262	20	Ox, Cal	0 - 4	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3) X	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	1
F	65	305	—	Ox, Arc	0 - 3	Relleno de Panizo	JUNTAS RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
F	75	53	—	Ox, Arc	0 - 3	Relleno de Panizo	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3) X	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	2
F	75	275	—	Ox, Arc	0 - 4	Relleno de Panizo	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10) X	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	7
							ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2) X	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-5	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													32	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	12	86	13	83	RQD %	(RQD)	17 fracturas por metro lineal					49
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	86	12	86	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principales y uno secundario					12
VOL	Volcanico	13	83	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Lisas					1
D	Dique andesitica	11	70	11	70	Número de Alteración	(Ja)	Muy Alteradas					4
		12	86	14	59	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Mojado					0.66
		14	59	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)													0.27

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X
Arc	X	Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1650

LABOR : CX 021

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-15

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/08/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-15	225	85	0	10

TIPO DE ROCA						
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°frac / m		
VOL	100	—	—	17		
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (m)	RELLENO		COMENTARIOS
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECTION		TIPO	ESPAESOR (mm)	
F	75	254	—	Ox,Arc	0 - 30	Relleno de Panizo
Dn	52	258	20	Ox,Cal	0 - 3	—
Dn	75	287	15	Ox,Cal	0 - 4	—

PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION
	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X 25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1		
RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X 25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	4	
RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	X 25 - 50 (8)	<25 (3)	2	11	
CONDICION DE JUNTAS	ESPACIAMIENTO		RANGO DE VALORES		VALOR ESTIMADO		VALORACION	
CONDICION DE JUNTAS	> 2 m (20)		0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	X 0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8
	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	X 1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	X 1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	X Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	X Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	2	
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	X Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	7	
ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	X Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-7	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valoración 1 a 6)								31
CLASE DE MACIZO ROCOSO								
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20		
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA		

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
SPP	Sulfuro Primario de Pinta
SPB	Sulfuro Primario de Baritina
VOL	Volcanico
D	Dique andesitica

J	RQD	J	RQD
12	86	13	83
12	86	12	86
13	83	11	70
11	70	11	70
12	86	14	59
14	59	15	56
12	86	17	49
14	59		

PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACION
	(RQD)	(Jn)	(Jr)	(Ja)	(Jw)	(SRF)	
RQD %	17	frcturas por meto lineal					49
Número de Discontinuidades	3	Tres sistemas principales y uno secundario					12
Número de Rugosidad	1	Ligeramente Rugoso a liso					1
Número de Alteración	4	Muy Alteradas					4
Número de Agua Subterranea	0.66	Mojado					0.66
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	2.5	Excavacion Mayor a 50m					2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)	0.27						0.27

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X Calcita
Arc	X	Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 002

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

Por : C. GARCIA A.

E-1

Fecha : 15/09/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°		ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA		
E-1	225	85	0	10		
TIPO DE ROCA						
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		
VOL	100	—	—	14		
TIPO ESTRU.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION	TIPO	ESPESOR (mm)		
Dn	85	92	35	Ox, Cal	0 - 3	—
Dn	87	85	30	Ox, Cal	0 - 3	—
Dn	88	10	35	Ox, Cal	0 - 4	—
Dn	66	345	30	Ox, Cal	0 - 3	—
Dn	45	55	30	Ox, Cal	0 - 2	—
Dn	80	92	35	Ox, Cal	0 - 3	—
PARAMETRO						
RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)			RANGO DE VALORES			
>250 (15) X			100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)
RQD %			VALOR ESTIMADO			
90 - 100 (20)			75 - 90 (17) X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)
ESPACIAMIENTO			VALORIZACION			
> 2 m (20)			0.6 - 2 m (15) X	0.8 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.08 m (8)	< 0.08 m (5)
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6) X		1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)
RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)
INTEMPERIZACION	Sana (6) X	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	
ORIENTACION	Muy Fborab. (0) X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)						
57						
CLASE DE MACIZO ROCOSO						
RMR	61 - 80		51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30
DESCRIPCION	II - BUENA		III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B
						< 20
						V - MUY MALA

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J		RQD		PARAMETRO		RANGO DE VALORES						VALORIZACION
SPP	Sulfuro Primario de Piritita	14	59	14	59	RQD %	(RQD)	14 frcturas por metro lineal						59
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	15	56	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales y uno secundario						6
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso						2
D	Dique andesitica	13	83	16	83	Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente Alteradas						2
		14	59	14	59	Número de Agua Subterranea	(Jw)	Humedo a seco						1
		13	83	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m						2.5
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)								3.93
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR	1000 - 400		400 - 100		100 - 40		40 - 10		10 - 4.0		4.0 - 1.0		1.0 - 0.1	
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA		EXTREMADAMENTE BUENA		MUY BUENA		BUENA		REGULAR		POBRE		MUY POBRE	
												EXTREMADAMENTE POBRE		
												EXCEPCIONALMENTE POBRE		

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
Dn	X Sistema de diaclasas
Fn	Sistema de fallas
C	Contacto
S	Seudoestratos
F	Falla
Mf	Microfallas
Fr	Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.08 - 0.2
5	< 0.08

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO			
Ox	X	Oxidos	Mineral
Qz		Cuarzo	Py
Pnz		Panizo	Cal X
Arc		Arcilla	
Bx		Brecha	
Ser		Serecita	

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 004

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-2

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/09/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-2	225	85	0	10

TIPO DE ROCA						PARAMETRO		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO		VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)		>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
SPB 70						RQD %		90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO DE ROCA						ESPACIAMIENTO		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
TIPO	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (8)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4	
ESTRUC.	BUZAMIENTO	DIP-DIRECTION		TIPO	ESPOSOR (mm)		COMENTARIOS	APERTURA	Cerrada (8)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	66	30	20	Ox,Cal	0 - 3	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa (8)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
Dn	72	287	30	Ox,Cal	0 - 3	—	RELLENO	Limpia (8)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1	
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	5	
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-3		
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)														56	
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita
SPB	Sulfuro Primario de Baritina
VOL	Volcanico
D	Dique andesitica

J	RQD	J	RQD
14	59	14	59
15	56	14	59
14	59	11	70
13	63	16	53
14	59	14	59
13	63	17	49

PARAMETRO		RANGO DE VALORES				VALORACION
RQD %	(RQD)	15 fracturas por metro lineal				56
Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales				4
Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso				1.5
Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente a moderadamente Alteradas				2.5
Número de Agua Subterranea	(Jw)	Humedo a seco				1
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m				2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)						3.36

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Parizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 005

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-3

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-3	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	12
SPB	100	—	—	14			RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13
TIPO ESTRUCC.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	> 20 m (1)	10 - 20 m (1)	> 5 mm (0)
Dn	58	157	20	Ox, Cal	0 - 3	—	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0) <td>4A</td> <td>3</td>	4A	3
Dn	69	230	30	Ox, Cal	0 - 3	—	CONDICION DE APERTURA	Cerrada (6)	< 0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0) <td>4B</td> <td>1</td>	4B	1
Dn	47	240	35	Ox, Cal	0 - 4	—	DE RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0) <td>4C</td> <td>3</td>	4C	3
							JUNTAS RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0) <td>4D</td> <td>1</td>	4D	1
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0) <td>4E</td> <td>5</td>	4E	5
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0) <td>5</td> <td>10</td>	5	10
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													56	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	14	59	14	59	RQD %	(RQD)	14 fracturas por metro lineal	59
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	15	56	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales	4
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso	1.5
D	Dique andesítica	13	63	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente a moderadamente Alteradas	2.5
		14	59	14	59	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco	1
		13	63	17	49	Factor de Reduccion de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)								3.54	

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 007

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-4

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-4	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
SPP	30	DIQUE	70	13		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO						CONDICION DE JUNTAS	
BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION	TIPO	ESPESOR (mm)				> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
Dn	68	357	30	Ox, Cal	0 - 1	—	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4	
Dn	14	222	30	Ox, Cal	0 - 1	Sub Horizontales	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	13	240	35	Ox, Cal	0 - 1	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
							RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	5
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												57		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA				PARAMETRO		RANGO DE VALORES				VALORACION		
J	RQD	J	RQD	RQD %	(RQD)	13 fracturas por metro lineal				63		
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	14	59	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales				4
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	15	56	14	59	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso				2
VOL	Volcanico	13	63	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas				3
D	Dique andesítica	14	59	14	59	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Humedo a seco				1
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m				2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)										4.2		

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 008

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-5

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-5	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION		
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7		
DIQUE	100	—	—	14		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	12		
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO						VALORACION		
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10		
Dn	85	250	20	Ox,Cal	0 - 3	—	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	X	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
Dn	35	271	35	Ox,Cal	0 - 3	—	DE APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	35	255	30	Ox,Cal	0 - 4	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	88	148	20	Ox,Cal	0 - 4	—	JUNTAS RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
F	80	326	—	Ox,Arc	0 - 3	Relleno de Panizo	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	X	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
F	60	90	—	Ox,Arc	0 - 1	Cerrada	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
F	80	149	—	Ox,Arc	0 - 4	Relleno de Panizo	ORIENTACIÓN	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	X	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-5	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												46			
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES				VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	14	59	14	59	RQD %	(RQD)	14 fracturas por metro lineal				59
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	15	56	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principales				9
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso				1.5
D	Dique andesítica	13	63	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas				3
		14	59	14	59	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco				1
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m				2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)											1.31	
CLASE DE MACIZO ROCOSO												
RMR		1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001		
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE		

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 010

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-6

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-6	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / ml	RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	RQD %	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7		
VOL	90	SPP	10	13	RQD %	> 2 m (20)	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13		
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO		RANGO DE VALORES		VALOR ESTIMADO	VALORACION			
Dn	69	71	20	Ox, Cal	0 - 3	---	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4		
Dn	81	107	30	Ox, Cal	0 - 3	---	CONDICION APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1	
Dn	73	151	35	Ox, Cal	0 - 3	---	DE RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
							JUNTAS RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1	
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3	
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												50			
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20									
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUUY MALA									

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA				PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALORACION			
SPP	Sulfuro Primario de Pinta	J	RQD	J	RQD	RQD %	(RQD)	13 frcturas por meto lineal					63	
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	14	59	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principales					9	
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2	
D	Dique andesitica	13	63	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					3	
		14	59	14	59	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco					1	
		13	63	17	49	Factor de Reduccion de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5	
							Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							1.87

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X
Arc		Arcilla		Calcita
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 012

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-7

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-7	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION		
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7		
SPP	90	VOL	10	14		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13		
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO								
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECTION		TIPO	ESPEZOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10		
F	72	122	—	Ox,Arc	0 - 1	Cerrada	CONDICION	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	3
F	75	215	—	Ox,Arc	0 - 1	Cerrada	DE	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	40	201	30	Ox,Cal	0 - 3	—	JUNTAS	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	75	289	35	Ox,Cal	0 - 3	—		RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
								INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
								AQUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
								ORIENTACIÓN	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-3
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												48			
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	RQD %	(RQD)	RANGO DE VALORES					VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pinta	14	59	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	14 fracturas por metro lineal					59
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	15	56	14	59	Número de Rugosidad	(Jr)	Tres sistemas principales					9
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesitica	13	63	16	53	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Moderadamente Alteradas					4
		14	59	14	59	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Humedo a seco					1
		13	63	17	49	Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)		Excavacion Mayor a 50m					2.5
CLASE DE MACIZO ROCOSO													
RMR		1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001			
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE			

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral	
Qz		Cuarzo	Py	Pinta	
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 015

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-8

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-8	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO		VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Fract / m			RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12			
SPB 90 SPP 10							RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13			
TIPO DE ROCA							ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10			
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4		
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECTION		TIPO	ESPEsor (mm)			APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1		
F	32	70	—	Ox,Arc	0 - 2	Cerrada	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) <td>Lig.rugosa (3)</td> <td>Lisa (1)</td> <td>Espejo de falla (0) <td>4C</td> <td>3</td> </td>	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0) <td>4C</td> <td>3</td>	4C	3			
F	55	87	—	Ox,Arc	0 - 1	Cerrada	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) <td>Suave < 5 mm (1) <td>Suave > 5 mm (0) <td>4D</td> <td>1</td> </td></td>	Suave < 5 mm (1) <td>Suave > 5 mm (0) <td>4D</td> <td>1</td> </td>	Suave > 5 mm (0) <td>4D</td> <td>1</td>	4D	1			
Dn	55	87	30	Ox,Cal	0 - 3	—	INTEMPERIZACION	Sana (6) <td>Lig. Intempe. (5) <td>Mod.Intempe. (3) <td>Muy Intempe. (2) <td>Descompuesta (0) <td>4E</td> <td>5</td> </td></td></td></td>	Lig. Intempe. (5) <td>Mod.Intempe. (3) <td>Muy Intempe. (2) <td>Descompuesta (0) <td>4E</td> <td>5</td> </td></td></td>	Mod.Intempe. (3) <td>Muy Intempe. (2) <td>Descompuesta (0) <td>4E</td> <td>5</td> </td></td>	Muy Intempe. (2) <td>Descompuesta (0) <td>4E</td> <td>5</td> </td>	Descompuesta (0) <td>4E</td> <td>5</td>	4E	5			
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15) <td>Humedo (10) <td>Mojado (7) <td>Goteo (4) <td>Flujo (0) <td>5</td> <td>10</td> </td></td></td></td>	Humedo (10) <td>Mojado (7) <td>Goteo (4) <td>Flujo (0) <td>5</td> <td>10</td> </td></td></td>	Mojado (7) <td>Goteo (4) <td>Flujo (0) <td>5</td> <td>10</td> </td></td>	Goteo (4) <td>Flujo (0) <td>5</td> <td>10</td> </td>	Flujo (0) <td>5</td> <td>10</td>	5	10			
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0) <td>Faborable (-2) <td>Regular (-5) <td>Desfavorab. (-10) <td>Muy Desfavo. (-12) <td></td> <td>-3</td> </td></td></td></td>	Faborable (-2) <td>Regular (-5) <td>Desfavorab. (-10) <td>Muy Desfavo. (-12) <td></td> <td>-3</td> </td></td></td>	Regular (-5) <td>Desfavorab. (-10) <td>Muy Desfavo. (-12) <td></td> <td>-3</td> </td></td>	Desfavorab. (-10) <td>Muy Desfavo. (-12) <td></td> <td>-3</td> </td>	Muy Desfavo. (-12) <td></td> <td>-3</td>		-3			
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)														56			
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20										
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA										

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACION			
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	14	59	14	59	RQD %	(RQD)	14 fracturas por metro lineal						59		
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	15	56	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales						4		
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso						1.5		
D	Dique andesitica	13	63	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente a moderadamente Alteradas						2.5		
		14	59	14	59	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Humedo a seco						1		
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m						2.5		
							Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)									3.54

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 016

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-9

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-9	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA					PARAMETRO	RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION		
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m	RESIST. COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
SPB	100	—	—	11	RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO DE ROCA					ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	<0.06 m (5)	3	10	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)								
Dn	55	103	—	Ox, Arc	0 - 4								
Dn	40	110	30	Ox, Cal	0 - 3								
Dn	75	130	25	Ox, Cal	0 - 3								
					CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
					CONDICION DE JUNTAS	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
					CONDICION DE JUNTAS	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
					CONDICION DE JUNTAS	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
					CONDICION DE JUNTAS	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
					AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
					ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)											55		
CLASE DE MACIZO ROCOSO													
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20						
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA						

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pinta	14	59	14	59	RQD %	(RQD)	11 fracturas por metro lineal	70
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	15	56	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales y uno secundario	6
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso	2
D	Dique andesitica	13	63	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente alteradas	3
		14	59	14	59	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco	1
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)		3.11	

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Paniza	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1680
LABOR : CX 019

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA E-10

Por : C. GARCIA A.
Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-10	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION								
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7) X	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	4							
VOL						RQD %						90 - 100 (20)	75 - 90 (17) X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13		
TIPO						ESPACIAMIENTO						> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10) X	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8		
ESTRUC.						CONDICION DE JUNTAS						PERSISTENCIA		< 1 m (6)	1 - 3 m (4) X	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	2
F						APERTURA						Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1		
F						RUGOSIDAD						Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3		
Dn						RELLENO						Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1		
Dn						INTEMPERIZACION						Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3) X	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3		
Dn						AGUA SUBTERRANEA						Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10		
Dn						ORIENTACION						Muy Fborab. (0)	Faborable (-2) X	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-5		
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												40								
CLASE DE MACIZO ROCOSO																				
RMR		61 - 80		51 - 60		41 - 50		31 - 40		21 - 30		< 20								
DESCRIPCION		II - BUENA		III - A REGULAR - A		III - B REGULAR - B		IV - A MALA - A		IV - B MALA - B		V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	14	59	14	59	RQD %	16 fracturas por metro lineal	53
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	15	58	14	59	Número de Discontinuidades	Dos sistemas principales y uno secundario	12
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Rugosidad	Ligeramente Rugoso	1.5
D	Dique andesitica	13	63	16	53	Número de Alteración	Muy Alteradas	4
		14	59	14	59	Número de Agua Subterránea	Humedo a seco	1
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)		0.66

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1680

LABOR : CX 020

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

Por : C. GARCIA A.

E-11

Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-11	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)								
	100	—	—	14			>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7) X	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	4		
TIPO DE ESTRUCTURA							RQD %	ESPACIAMIENTO					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
TIPO	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS									
ESTRUC.	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)										
F	40	340	—	Ox,Arc	0 - 30	Relleno de Panizo	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10) X	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8		
F	45	340	—	Ox,Arc	0 - 30	Relleno de Panizo	< 1 m (6)	1-3 m (4) X	3-10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	2		
F	80	330	—	Ox,Arc	0 - 35	—	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1		
Dn	40	340	15	Ox,Cal	0 - 4	—	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3) X	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	1		
Dn	45	340	20	Ox,Cal	0 - 3	—	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1		
Dn	80	330	15	Ox,Cal	0 - 4	—	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3) X	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	2	
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10) X	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	7	
							ORIENTACIÓN	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2) X	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-5	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valoración 1 a 6)												34			
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	14	59	14	59	RQD %	(RQD)	14 frcturas por meto lineal					59	
SPB	Sulfuro Primario de Bartina	15	56	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principales y uno secundario					12	
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Lisas					1	
D	Dique andesitica	13	63	16	63	Número de Alteración	(Ja)	Muy Alteradas					4	
		14	59	14	59	Número de Agua Subterranea	(Jw)	Mojado					0.66	
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5	
							Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							0.31

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1880
LABOR : CX 022

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA
E-12

Por : C. GARCIA A.
Fecha : 15/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE HASTA
E-12	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO		VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac./m			RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	4		
DIQUE	100	—	—	17			RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	X	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	8		
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	X	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8	
F	65	112	—	Ox,Arc	0 - 30	FALLA PRINCIPAL	CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	X	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4	
F	80	354	—	Ox,Arc	0 - 40	FALLA PRINCIPAL		APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1	
Dn	77	180	20	Ox,Cal	0 - 3	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	X	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	1		
Dn	80	87	15	Ox,Cal	0 - 4	—	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Lig. 5 mm (2)	X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1		
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	X	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	2		
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10		
							ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	X	Regular (-5)	X	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-7		
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)																32	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20										
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA										

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		PARAMETRO				RANGO DE VALORES					VALORACION			
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	J	RQD	J	RQD	RQD %	(RQD)	17 frcturas por meto lineal					49	
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	14	59	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principales y uno secundario					12	
VOL	Volcanico	14	59	11	70	Número de Rugosidad	(Jr)	Lisas					1	
D	Dique andesitica	13	63	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Muy Alteradas					4	
		14	59	14	59	Número de Agua Subterranea	(Jw)	Mojado					0.66	
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5	
							Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							0.27

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 002

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-1

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / ml		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
VOL						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO						ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
ESTRUC.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		CONDICION								
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECTION		TIPO	ESPESOR (mm)	COMENTARIOS								
Dn	48	190	20	Ox, Cal	0 - 3	—								
Dn	36	55	30	Ox, Cal	0 - 3	—								
Dn	82	125	35	Ox, Cal	0 - 4	—								
						AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	X Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
						ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	X Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													58	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pinita	13	63	13	63	RQD %	13 fracturas por metro lineal					63
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	16	53	Número de Discontinuidades	(Jn)					4
VOL	Volcanico	12	66	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)					2
D	Dique andesitica	15	56	16	53	Número de Alteración	(Ja)					3
		16	53	17	49	Número de Agua Subterranea	(Jw)					1
		15	56			Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)					2.5
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)						4.20

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 004

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-2

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-2	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / ml		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	<25(2) <5(1) <1(0)	1	12	
VOL	100	—	—	13		RQD %	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25	2	13	
TIPO ESTRUc.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m	0.6 - 2 m	0.6 - 0.2 m	0.2 - 0.06 m	< 0.06 m	3	10	
Dn	48	190	20	Ox, Cal	0 - 3	—	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m	4A	4	
Dn	36	54	30	Ox, Cal	0 - 3	—	CONDICION	PERSISTENCIA	Cerrada	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm	
Dn	82	125	35	Ox, Cal	0 - 4	—	DE	RUGOSIDAD	Muy rugosa	Rugosa	Lig. rugosa	Lisa	Espejo de falla	
							JUNTAS	RELLENO	Limpia	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Suave < 5 mm	Suave > 5 mm	
								INTEMPERIZACION	Sana	Lig. Intempe.	Mod. Intempe.	Muy Intempe.	Descompuesta	
								AGUA SUBTERRANEA	Seco	Humedo	Mojado	Goteo	Flujo	
								ORIENTACION	Muy Fborab.	Faborable	Regular	Desfavorab.	Muy Desfavo.	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												55		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	13	83	13	83	RQD %	(RQD)	13 fracturas por metro lineal					63
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	83	16	53	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal					4
VOL	Volcanico	12	66	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso					1.5
D	Dique andesitica	15	56	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					3
		16	53	17	49	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco					1
		15	56			Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)												3.15	
CLASE DE MACIZO ROCOSO													
RMR		1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001			
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE			

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 008

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-3

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-3	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA				PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m	RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
VOL	100	—	—		12	RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		ESPACIAMIENTO						COMENTARIOS	
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3		10
F	75	145	—	Ox, Arc	0 - 2	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4	
Dn	85	30	20	Ox, Cal	0 - 3	Cerrada (6)	< 0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1	
Dn	35	224	25	Ox, Cal	0 - 3	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
						Limpias (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1	
						INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
						AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
						ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												55	
CLASE DE MACIZO ROCOSO													
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20						
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA						

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA				PARAMETRO				RANGO DE VALORES						VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	J	RQD	J	RQD	RQD %	(RQD)	12 fracturas por metro lineal						66
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	13	63	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal						4
VOL	Volcanico	12	66	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso						1.5
D	Dique andesitica	15	56	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas						3
		16	53	17	49	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Humedo a seco						1
		15	56			Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m						2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)												3.30		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001				
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE				

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Piritas
Pnz		Parizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 007

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-4

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-4	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12
DIQUE	100	—	—	15			RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A
F	65	293		Ox, Arc	0 - 1	Cerrada	CONDICION DE APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
F	75	290		Ox, Arc	0 - 2	Cerrada	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	70	340	35	Ox, Cal	0 - 4	—	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
Dn	85	132	40	Ox, Cal	0 - 3	—	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							ORIENTACIÓN	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													57	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	13	63	13	63	RQD %	15 fracturas por metro lineal	56
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	16	53	Número de Discontinuidades	(Jn)	4
VOL	Volcanico	12	66	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	2
D	Dique andesítica	15	56	16	53	Número de Alteración	(Ja)	3
		16	53	17	49	Número de Agua Subterránea	(Jw)	1
		15	56			Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	2.5
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)	Excavacion Mayor a 50m	3.73

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Caloita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 008

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-5

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE HASTA
E-5	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / ml		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
DIQUE	100	—	—	16		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	> 20 m (1)	> 20 m (0)	4A
F	75	115	—	Ox,Arc	0 - 2	Relleno de Panizo	PERSISTENCIA	< 1 m (8)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0) <td>4A</td> <td>3</td>	4A	3
Dn	75	115	35	Ox,Cal	0 - 3	—	CONDICION DE APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	20	220	20	Ox,Mi	0 - 3	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
							RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							ORIENTACION	Muy Foorab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												49		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	13	63	13	63	RQD %	(RQD)	16 frcturas por meto lineal					53
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	16	53	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales y uno secundario					6
VOL	Volcanico	12	66	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesitica	15	56	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					4
		16	53	17	49	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco					1
		15	56			Factor de Reduccion de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
							Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)						1.77

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	X	Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirta
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 009

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-6

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-6	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION		
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
VOL						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO DE ROCA						ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
TIPO DE ROCA						CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (8) X	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
TIPO DE ROCA						CONDICION DE JUNTAS	APERTURA	Cerrada (8)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
TIPO DE ROCA						CONDICION DE JUNTAS	RUGOSIDAD	Muy rugosa (8)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
TIPO DE ROCA						CONDICION DE JUNTAS	RELLENO	Limpia (8)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
TIPO DE ROCA						CONDICION DE JUNTAS	INTEMPERIZACION	Sana (8)	Lig. Intempe. (5) X	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
TIPO DE ROCA						AGUA SUBTERRANEA	Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
TIPO DE ROCA						ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2) X	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-5	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												47		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80		51 - 60		41 - 50		31 - 40		21 - 30		< 20		
DESCRIPCION		II - BUENA		III - A REGULAR - A		III - B REGULAR - B		IV - A MALA - A		IV - B MALA - B		V - MUY MALA		

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	13	63	13	63	RQD %	(RQD)	15 fracturas por metro lineal	56
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	16	53	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales u uno secundario	6
VOL	Volcanico	12	66	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso	2
D	Dique andesítico	15	56	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas	4
		16	53	17	49	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Humedo a seco	1
		15	56			Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)								1.87	

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
MF		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	X	Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 011

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-7

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

Nº		ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA		
E-7	225	85	0	10		
TIPO DE ROCA						
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA NºFrac / m		
SPP	100	—	—	13		
TIPO	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS
ESTRUC.	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION	TIPO	ESPESOR (mm)		
F	45	120	—	Ox, Arc	0 - 3	Relleno de Panizo
Dn	65	125	20	Ox, Cal	0 - 3	—
Dn	88	350	30	Ox, Cal	0 - 4	—
PARAMETRO						
RANGO DE VALORES						
VALOR ESTIMADO						
VALORACION						
RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)						
RQD %						
ESPACIAMIENTO						
CONDICION DE PERSISTENCIA						
DE APERTURA						
JUNTAS DE RUGOSIDAD						
RELLENO DE RUGOSIDAD						
INTEMPERIZACION						
AGUA SUBTERRANEA						
ORIENTACION						
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)						
CLASE DE MACIZO ROCOSO						
RMR						
DESCRIPCION						

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	13	63	13	63	RQD %	13 fracturas por metro lineal	63
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	16	53	Número de Discontinuidades	Dos sistema principal	4
VOL	Volcanico	12	66	12	66	Número de Rugosidad	Ligeramente Rugoso	2
D	Dique andesitica	15	56	16	53	Número de Alteración	Moderadamente Alteradas	4
		16	53	17	49	Número de Agua Subterranea	Humedo a seco	1
		15	56			Factor de Reduccion de esfuerzo (estado tencional)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)								3.15

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirta
Pnz		Panizo	Cal	Calcita
Arc	X	Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 012

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-8

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-8	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / ml			RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12
SPP	100	—	—	16			RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO							
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
F	75	20	—	Ox,Arc	0 - 1	Cerrada	CONDICION DE PERSISTENCIA	< 1 m (6) <td>1 - 3 m (4) <td>3 - 10 m (2) <td>10 - 20 m (1) <td>> 20 m (0) <td>4A</td> <td>4</td> </td></td></td></td>	1 - 3 m (4) <td>3 - 10 m (2) <td>10 - 20 m (1) <td>> 20 m (0) <td>4A</td> <td>4</td> </td></td></td>	3 - 10 m (2) <td>10 - 20 m (1) <td>> 20 m (0) <td>4A</td> <td>4</td> </td></td>	10 - 20 m (1) <td>> 20 m (0) <td>4A</td> <td>4</td> </td>	> 20 m (0) <td>4A</td> <td>4</td>	4A	4
F	82	100	—	Ox,Arc	0 - 1	Cerrada	CONDICION DE APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) <td>1 - 5 mm (1)</td> <td>> 5 mm (0)</td> <td>4B</td> <td>1</td>	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	75	20	20	Ox,Cal	0 - 3	—	CONDICION DE RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) <td>Lig.rugosa (3)</td> <td>Lisa (1)</td> <td>Espejo de falla (0)</td> <td>4C</td> <td>3</td>	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	82	100	25	Ox,Cal	0 - 4	—	JUNTAS RELLENO	Limpia (6) <td>Duro < 5 mm (4) <td>Duro > 5 mm (2) <td>Suave < 5 mm (1) <td>Suave > 5 mm (0)</td> <td>4D</td> <td>4</td> </td></td></td>	Duro < 5 mm (4) <td>Duro > 5 mm (2) <td>Suave < 5 mm (1) <td>Suave > 5 mm (0)</td> <td>4D</td> <td>4</td> </td></td>	Duro > 5 mm (2) <td>Suave < 5 mm (1) <td>Suave > 5 mm (0)</td> <td>4D</td> <td>4</td> </td>	Suave < 5 mm (1) <td>Suave > 5 mm (0)</td> <td>4D</td> <td>4</td>	Suave > 5 mm (0)	4D	4
							INTEMPERIZACION	Sana (6) <td>Lig. Intempe. (5) <td>Mod.Intempe. (3) <td>Muy Intempe. (2) <td>Descompuesta (0)</td> <td>4E</td> <td>2</td> </td></td></td>	Lig. Intempe. (5) <td>Mod.Intempe. (3) <td>Muy Intempe. (2) <td>Descompuesta (0)</td> <td>4E</td> <td>2</td> </td></td>	Mod.Intempe. (3) <td>Muy Intempe. (2) <td>Descompuesta (0)</td> <td>4E</td> <td>2</td> </td>	Muy Intempe. (2) <td>Descompuesta (0)</td> <td>4E</td> <td>2</td>	Descompuesta (0)	4E	2
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15) <td>Humedo (10) <td>Mojado (7) <td>Goteo (4) <td>Flijo (0)</td> <td>5</td> <td>10</td> </td></td></td>	Humedo (10) <td>Mojado (7) <td>Goteo (4) <td>Flijo (0)</td> <td>5</td> <td>10</td> </td></td>	Mojado (7) <td>Goteo (4) <td>Flijo (0)</td> <td>5</td> <td>10</td> </td>	Goteo (4) <td>Flijo (0)</td> <td>5</td> <td>10</td>	Flijo (0)	5	10
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0) <td>Faborable (-2) <td>Regular (-5) <td>Desfavorab. (-10) <td>Muy Desfavo. (-12)</td> <td></td> <td>-3</td> </td></td></td>	Faborable (-2) <td>Regular (-5) <td>Desfavorab. (-10) <td>Muy Desfavo. (-12)</td> <td></td> <td>-3</td> </td></td>	Regular (-5) <td>Desfavorab. (-10) <td>Muy Desfavo. (-12)</td> <td></td> <td>-3</td> </td>	Desfavorab. (-10) <td>Muy Desfavo. (-12)</td> <td></td> <td>-3</td>	Muy Desfavo. (-12)		-3
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												56		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	13	63	13	63	RQD %	(RQD)	16 fracturas por meto lineal	53
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	16	53	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal	4
VOL	Volcanico	12	66	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso	2
D	Dique andesitica	15	58	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas	3
		16	53	17	49	Número de Agua Subterranea	(Jw)	Humedo a seco	1
		15	58			Factor de Reduccion de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)			3.53

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirta
Prz		Parizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 013

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

E-9

Por : C. GARCÍA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-9	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA					PARAMETRO	RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION		
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA NºFrac/1m	RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
SPP	100	—	—	12	RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUC.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS						
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECION		TIPO	ESPESOR (mm)		ESPACIAMIENTO	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	INTEMPERIZACION	AGUA SUBTERRANEA
F	82	97	—	Ox,Arc	0 - 2	—	< 1 m (6) X	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
Dn	66	27	25	Ox,Cal	0 - 3	—	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
							Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
							Limpia (6) X	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	4
							Sana (6)	Lig. Intempe. (5) X	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
							Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							Muy Fborab. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)											58		
CLASE DE MACIZO ROCOSO													
							RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20
							DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita
SPB	Sulfuro Primario de Baritina
VOL	Volcanico
D	Dique andesitica

J	RQD	J	RQD
13	83	13	83
13	83	16	53
12	86	12	86
15	56	16	53
16	53	17	49
15	56		

PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION
RQD %	(RQD)	12 frcturas por meto lineal
Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal
Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso
Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas
Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)		4.40

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
Dn	X Sistema de diaclavas
Fn	Sistema de fallas
C	Contacto
S	Seudoestratos
F	X Falla
Mf	Microfallas
Fr	Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X Calcita
Arc	X	Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 017

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-10

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-10	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION		
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac./m		RESIST. COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
SPP						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	8	
TIPO						ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8	
ESTRUC.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
F	65	214	—	Ox, Arc	0 - 100	Relleno de Panizo	CONDICION DE APERTURA	Cerrada (6)	< 0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	68	18	20	Ox, Mi	0 - 3	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	13	320	20	Ox, Mi	0 - 3	—	RELLENO DE JUNTAS	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												43		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	13	63	13	63	RQD %	(RQD)	16 frcturas por meto lineal	53
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	63	16	53	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistemas principales y uno secundario	6
VOL	Volcanico	12	66	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso	1
D	Dique andesítica	15	56	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas	4
		16	53	17	49	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco	1
		15	56			Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)								0.88	

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	X	Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirta
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1710

LABOR : CX 020

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-11

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 20/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE HASTA
E-11	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA					PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m	RESIST. COMPRE UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X 25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	4	
VOL					RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	X 25 - 50 (8)	<25 (3)	2	8	
TIPO DE ROCA					ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	X 0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO	COMENTARIOS								
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)								
F	80	290	—	Ox,Arc	0 - 400	Relleno de Panizo							
F	86	305	—	Ox,Arc	0 - 100	Relleno de Panizo							
Dn	80	290	20	Ox,Cal	0 - 3	—							
Dn	86	305	15	Ox,Cal	0 - 4	—							
					CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6) X	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
						APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
						RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
						RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
						INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3) X	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	2
					AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10) X	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	7	
					ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2) X	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-4	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)											34		
CLASE DE MACIZO ROCOSO													
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20						
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA						

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA					PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALORACION		
SPP	Sulfuro Primario de Pinta	J	RQD	J	RQD	RQD %	(RQD)	17 fracturas por metro lineal					49	
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	13	83	13	83	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principales y uno secundario					12	
VOL	Volcanico	12	86	12	86	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a Lisas					1	
D	Dique andesitica	15	56	16	53	Número de Alteración	(Ja)	Muy Alteradas					4	
					16	53	17	49	Número de Agua Subteranea					0.66
					15	56			Factor de Reduccion de esfuerzo (estado tencional)					2.5
									Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)					0.27

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX 004

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-1

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12		
VOL	100	—	—	12		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13		
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	RANGO DE VALORES						VALORACION		
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		ESPACIAMIENTO	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	INTEMPERIZACION	AGUA SUBTERRANEA	ORIENTACION	
Dn	22	325	30	Ox,Cal	0 - 2	—	> 2 m (20)	< 1 m (6) X	Cerrada (6)	Muy rugosa (6)	Limpia (6) X	Sana (6)	Seco (15) X	Muy Fborab. (0) X	
Dn	80	183	20	Ox,Cal	0 - 3	—	0.6 - 2 m (15) X	1- 3 m (4)	<0.1 mm (5)	Rugosa (5) X	Duro < 5 mm (4)	Lig. Intempe. (5) X	Humedo (10)	Favorable (-2)	
Dn	84	108	25	Ox,Cal	0 - 4	—	0.6 - 0.2 m (10)	3-10 m (2)	0.1-1.0 mm (4) X	Lig.rugosa (3)	Duro > 5 mm (2)	Mod.Intempe. (3)	Mojado (7)	Regular (-5)	
							0.2 - 0.06 m (8)	10 - 20 m (1)	1 - 5 mm (1)	Lisa (1)	Suave < 5 mm (1)	Muy Intempe. (2)	Goteo (4)	Desfavorab. (-10)	
							< 0.06 m (5)	> 20 m (0)	> 5 mm (0)	Espejo de falla (0)	Suave > 5 mm (0)	Descompuesta (0)	Flujo (0)	Muy Desfavo. (-12)	
							3	4A	4B	4C	4D	4E	5	-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													58		
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20									
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA									

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	66	16	53	RQD %	(RQD)	12 fracturas por metro lineal						66
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	13	63	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal						4
VOL	Volcanico	14	59	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso						2
D	Dique andesítica	16	53	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas						3
		14	59	17	49	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco						1
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m						2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)													4.40	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001					
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE					

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX 005

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-2

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-2	225	85	0	10

TIPO DE ROCA				
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m
VOL	100	—	—	12

TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)	
Dn	85	320	30	Ox, Cal	0 - 2	—
Dn	45	175	20	Ox, Cal	0 - 3	—
Dn	55	248	25	Ox, Cal	0 - 4	—

PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION		
RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	X	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12		
RQD %	90 - 100 (20)		75 - 90 (17)	X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)		0.6 - 2 m (15)	X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	<0.06 m (5)	3	10	
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	X	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	2	
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	X	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1	
RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)		Rugosa (5)	X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
	RELLENO	Limpia (6)	X	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	4	
INTEMPERIZACION	Sana (6)		Lig. Intempe. (5)	X	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3	
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	X	Humedo (10)		Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	X	Faborable (-2)		Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)								56		
CLASE DE MACIZO ROCOSO										
RMR	61 - 80		51 - 60		41 - 50		31 - 40		21 - 30	< 20
DESCRIPCION	II - BUENA		III - A REGULAR - A		III - B REGULAR - B		IV - A MALA - A		IV - B MALA - B	V - MUY MALA

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita
SPB	Sulfuro Primario de Baritina
VOL	Volcanico
D	Dique andesitica

J	RQD	J	RQD
12	66	16	53
12	66	13	63
14	59	12	66
16	53	13	63
14	59	17	49
13	63	17	49

PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
RQD %	(RQD)	12 fracturas por metro lineal	66
Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal	4
Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso	1.5
Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas	3
Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco	1
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)			3.30

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
Dn	X Sistema de diaclasas
Fn	Sistema de fallas
C	Contacto
S	Seudoestratos
F	Falla
Mf	Microfallas
Fr	Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Prnz		Panizo	Cal	X Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1740
LABOR : CX 008

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

Por : C. GARCIA A.
Fecha : 25/09/2016

E-3

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)			
	ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	HASTA		
E-3	225	85	0	10		
TIPO DE ROCA						
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		
VOL	100	—	—	14		
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)	
F	85	322	—	Ox, Arc	0 - 10	Relleno de Panizo
Dn	85	323	20	Ox, Cal	0 - 3	—
Dn	75	110	25	Ox, Cal	0 - 4	—

PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
	>260 (15)	100 - 260 (12)	50 - 100 (7)	25 - 60 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)		1	12
RESIST. COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 60 (8)	<25 (3)	2	13	
RQD %	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (8)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	> 20 m (0)	4A	2	
	APERTURA	Cerrada (8)	< 0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4)	> 5 mm (0)	4B	1	
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (8)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
	RELLENO	Limpia (8)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
	INTEMPERIZACION	Sana (8)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
ORIENTACION	Muy Fvorab. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)								53
CLASE DE MACIZO ROCOSO								
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20		
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA		

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita
SPB	Sulfuro Primario de Baritina
VOL	Volcanico
D	Dique andesitico

J	RQD	J	RQD
12	66	16	53
12	66	13	63
14	59	12	66
16	53	13	63
14	59	17	49
13	63	17	49

PARAMETRO	RANGO DE VALORES			VALORACION
	(RQD)	(Jn)	(Jw / SRF)	
RQD %	14 frcturas por metro lineal			59
Número de Discontinuidades	Un sistema principal y uno Secundario			3
Número de Rugosidad	Ligeramente Rugoso a liso			1.5
Número de Alteración	Moderadamente Alteradas			3
Número de Agua Subteranea	Humedo a seco			1
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	Excavacion Mayor a 50m			2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)				2.95

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS	
Dn	X Sistema de diaclasas
Fn	Sistema de fallas
C	Contacto
S	Seudoestratos
F	X Falla
Mf	Microfallas
Fr	Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX 008

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-4

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°		ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)			
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA			
E-4	225	85	0	10			
TIPO DE ROCA							
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			
VOL	100	—	—	16			
PARAMETRO							
RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION
>250 (15)		100 - 250 (12)	X	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1 7
RQD %		90 - 100 (20)	X	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3) 2 13
ESPACIAMIENTO						VALOR ESTIMADO	VALORACION
> 2 m (20)		0.6 - 2 m (15)	X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3 8
CONDICION DE JUNTAS						VALOR ESTIMADO	VALORACION
PERSISTENCIA		< 1 m (8)	X	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0) 4A 2
APERTURA		Cerrada (6)	X	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0) 4B 1
RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0) 4C 1
RELLENO		Limpia (6)	X	Duro < 5 mm (4)	Duro> 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0) 4D 1
INTEMPERIZACION		Sana (6)	X	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0) 4E 2
AGUA SUBTERRANEA						VALOR ESTIMADO	VALORACION
Seco (15)		X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5 10
ORIENTACION						VALOR ESTIMADO	VALORACION
Muy Fborab. (0)		X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-5
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)						40	
CLASE DE MACIZO ROCOSO							
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO		RANGO DE VALORES				VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	88	18	53	RQD %	(RQD)	16 fracturas por metro lineal				53
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	88	13	63	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistema principal y uno Secundario				12
VOL	Volcanico	14	59	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Lisas				1.5
D	Dique andesítica	16	53	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Muy Alteradas				4
		14	59	17	49	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco				1
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m				2.5
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)						0.66
CLASE DE MACIZO ROCOSO												
RMR		1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001		
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE		

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX - 009

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-5

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°		ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO (m)		
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA			
E-5	225	85	0	10			
TIPO DE ROCA							
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			
DIQUE	100	—	—	14			
TIPO ESTRUCC.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		
F	65	112	—	Ox,Arc	0 - 10	—	
Dn	65	110	20	Ox,Cal	0 - 3	—	
Dn	55	273	15	Ox,Cal	0 - 3	—	
Dn	65	85	20	Ox,Cal	0 - 4	—	
PARAMETRO							
RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION
>250 (15)		100 - 250 (12) X	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7
RQD %		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION
90 - 100 (20)		75 - 90 (17) X	50 - 75 (13)	25 - 50 (9)	<25 (3)	2	13
ESPACIAMIENTO		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION
> 2 m (20)		0.6 - 2 m (15) X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	<0.06 m (5)	3	10
< 1 m (6) X		1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
CONDICION DE JUNTAS		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION
PERSISTENCIA		Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B
APERTURA		Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C
RUGOSIDAD		Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D
RELLENO		Sana (6)	Lig. Intempe. (5) X	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E
INTEMPERIZACION		Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5
AGUA SUBTERRANEA		Muy Fborab. (0) X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2
ORIENTACION		VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)					50
CLASE DE MACIZO ROCOSO							
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20	
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA	

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO		RANGO DE VALORES				VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	66	16	53	RQD %	(RQD)	14 frcturas por metro lineal				59
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	13	63	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistema principal				9
VOL	Volcanico	14	59	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso				2
D	Dique andesítica	16	53	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas				3
		14	59	17	49	Número de Agua Subterranee	(Jw)	Humedo a seco				1
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m				2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)												1.75
CLASE DE MACIZO ROCOSO												
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001			
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE			

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX - 010

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-6

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-6	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION		
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
VOL						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
						ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
						CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
							APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
						RELLENO	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
							TIPO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
						ESPESOR (mm)	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3	
						COMENTARIOS								
Dn	55	243	20	Ox,Cal	0 - 3									
Dn	75	117	25	Ox,Cal	0 - 3									
Dn	20	330	25	Ox,Cal	0 - 3									
Dn	25	243	25	Ox,Cal	0 - 3									
						AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
						ORIENTACIÓN	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												50		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 80	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA				PARAMETRO		RANGO DE VALORES				VALORACION			
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	J	RQD	J	RQD	RQD %	(RQD)	13 fracturas por meto lineal				63	
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	16	53	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principal				9	
VOL	Volcanico	14	59	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso				2	
D	Dique andesítica	16	53	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas				3	
		14	59	17	49	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco				1	
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m				2.5	
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							1.87
CLASE DE MACIZO ROCOSO													
RMR		1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001			
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE			

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirta
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX - 012

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

E-7

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°		ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO (m)		
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA			
E-7	225	85	0	10			
TIPO DE ROCA							
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac./m			
VOL	100	—	—	16			
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECTION		TIPO	ESPESOR (mm)		
F	40	85	—	Ox, Arc	0 - 1	Cerrada	
Dn	80	105	20	Ox, Cal	0 - 3	—	
Dn	60	100	20	Ox, Cal	0 - 3	—	
Dn	20	300	20	Ox, Cal	0 - 3	—	
PARAMETRO							
RANGO DE VALORES							
VALOR ESTIMADO							
VALORACION							
RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)		>250 (15)	100 - 250 (12)	X 50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1 7
RQD %		90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	X 50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2 13
ESPACIAMIENTO		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	X 0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3 10
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	X 1-3 m (4)	3-10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A 4
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	X 0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B 1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C 3
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	X Duro> 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D 1
AGUA SUBTERRANEA	INTEMPERIZACION	Sana (6)	X Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	X Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E 2
	SECO	Seco (15)	X Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5 10
ORIENTACIÓN		Muy Fborab. (0)	X Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)							49
CLASE DE MACIZO ROCOSO							
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20	
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA	

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO		RANGO DE VALORES		VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	12	66	16	53	RQD %	(RQD)	16 frcturas por meto lineal		53
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	13	63	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principal		9
VOL	Volcanico	14	59	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso		2
D	Dique andesitica	16	53	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas		3
		14	59	17	49	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Humedo a seco		1
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m		2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)										1.57
CLASE DE MACIZO ROCOSO										
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001	
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE	

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X Calcita
Arc	X	Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX 013

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-8

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-8	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac./m		RESIST. COMPRESION UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
VOL						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
						ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
Dn	75	150	30	Ox, Cal	0 - 2	APERTURA	Cerrada (6)	< 0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1	
Dn	15	220	20	Ox, Cal	0 - 3	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
Dn	30	275	25	Ox, Cal	0 - 4	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1	
						INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3	
						AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
						ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												55		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80		51 - 60		41 - 50		31 - 40		21 - 30		< 20		
DESCRIPCION		II - BUENA		III - A REGULAR - A		III - B REGULAR - B		IV - A MALA - A		IV - B MALA - B		V - MUY MALA		

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION											
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	66	16	53	RQD %	(RQD)	13 frcturas por meto lineal	63										
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	13	63	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal	4										
VOL	Volcanico	14	59	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso	1.5										
D	Dique andesitica	16	53	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas	3										
		14	59	17	49	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco	1										
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5										
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)								3.15											
CLASE DE MACIZO ROCOSO																			
RMR		1000 - 400		400 - 100		100 - 40		40 - 10		10 - 4.0		4.0 - 1.0		1.0 - 0.1		0.1 - 0.01		0.01 - 0.001	
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA		EXTREMADAMENTE BUENA		MUY BUENA		BUENA		REGULAR		POBRE		MUY POBRE		EXTREMADAMENTE POBRE		EXCEPCIONALMENTE POBRE	

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX 015

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-9

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°		ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO (m)		
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESOE	HASTA			
E-9	225	85	0	10			
TIPO DE ROCA							
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			
VOL	100	—	—	12			
PARAMETRO							
RESIST. COMPRE. UNIAXIAL (Mpa)		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION
>250 (15) X		100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1 12	
RQD %		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION
90 - 100 (20)		75 - 90 (17) X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2 13	
ESPACIAMIENTO							
CONDICION DE JUNTAS		RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION
> 2 m (20)		0.6 - 2 m (15) X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3 10	
PERSISTENCIA		< 1 m (6)	1 - 3 m (4) X	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0) 4A 2	
APERTURA		Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0) 4B 1	
RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0) 4C 3	
RELLENO		Limpia (6) X	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0) 4D 4	
INTEMPERIZACION		Sana (6)	Lig. Intempe. (5) X	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0) 4E 3	
AGUA SUBTERRANEA							
ORIENTACIÓN		Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0) 5 10	
Muy Fborab. (0)		Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2	
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)							56
CLASE DE MACIZO ROCOSO							
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20	
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA	

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO		RANGO DE VALORES				VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	12	66	16	53	RQD %	(RQD)	12 frcturas por meto lineal				66	
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	13	63	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal				4	
VOL	Volcanico	14	59	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso				1.5	
D	Dique andesitica	16	53	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas				3	
		14	59	17	49	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco				1	
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m				2.5	
							Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)						3.30
CLASE DE MACIZO ROCOSO													
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001				
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE				

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirta
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX 016

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-10

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-10	225	85	0	10

TIPO DE ROCA				
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m
VOL	100	—	—	13

TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECTION		TIPO	ESPESOR (mm)	
Dn	75	82	30	Ox,Cal	0 - 2	—
Dn	75	150	20	Ox,Cal	0 - 3	—
Dn	70	146	25	Ox,Cal	0 - 4	—
Dn	60	292	25	Ox,Cal	0 - 4	—

PARAMETRO	RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION
RESIST. COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15) X	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1 12
RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17) X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2 13
ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15) X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3 10
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4) X	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0) 4A 2
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0) 4B 1
RUGOSIDAD	Muy rugosa (6) X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C 5
	Limpia (6) X	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D 4
	Sana (6)	Lig. Intempe. (5) X	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E 3
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5 10
ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)						58
CLASE DE MACIZO ROCOSO						
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA
SPP Sulfuro Primario de Pirita
SPB Sulfuro Primario de Baritina
VOL Volcanico
D Dique andesitica

J	RQD	J	RQD
12	66	16	53
12	66	13	63
14	59	12	66
16	53	13	63
14	59	17	49
13	63	17	49

PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION
RQD %	(RQD) 13 frcturas por meto lineal	63
Número de Discontinuidades	(Jn) Dos sisntema principal y uno secundario	6
Número de Rugosidad	(Jr) Rugoso	3
Número de Alteración	(Ja) Moderadamente Alteradas	3
Número de Agua Subterranea	(Jw) Humedo a seco	1
Factor de Reduccion de esfuerzo (estado tencional)	(SRF) Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)		4.20

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)
1 > 2
2 0.6 - 2
3 0.2 - 0.6
4 0.06 - 0.2
5 < 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX 019

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-11

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-11	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION											
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12) X	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7											
VOL						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13) X	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	8											
TIPO ESTRUCT.						ESPACIAMIENTO	ESPACIAMIENTO					VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)		38										
ORIENTACION						RELLENO		CLASE DE MACIZO ROCOSO					RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20				
BUZAMIENTO						TIPO		DESCRIPCION					II - BUENA		III - A	REGULAR - A	III - B	REGULAR - B	IV - A	MALA - A	IV - B	MALA - B	V - MUY MALA	
DIP-DIRECCION						ESPESOR (mm)		DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION	
ESPACIAMIENTO (cm)						COMENTARIOS		DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION	
F	45	185	—	Ox,Arc	0 - 50	Relleno de Panizo	DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		
F	75	115	—	Ox,Arc	0 - 30	Relleno de Panizo	DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		
Dn	75	154	20	Ox,Cal	0 - 3	—	DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		
Dn	45	185	15	Ox,Cal	0 - 3	—	DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		
AGUA SUBTERRANEA						ORIENTACION		DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION	
AGUA SUBTERRANEA						ORIENTACION		DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION	
AGUA SUBTERRANEA						ORIENTACION		DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION	
AGUA SUBTERRANEA						ORIENTACION		DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION	
AGUA SUBTERRANEA						ORIENTACION		DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION	
AGUA SUBTERRANEA						ORIENTACION		DESCRIPCION					DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION		DESCRIPCION	

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION			
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	12	66	16	53	RQD %	(RQD)	17 fracturas por metro lineal					49		
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	13	63	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistema principal y uno secundario					12		
VOL	Volcanico	14	59	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Lisas					1		
D	Dique andesítica	16	53	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					3		
		14	59	17	49	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Humedo a seco					1		
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5		
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)						0.54			
						CLASE DE MACIZO ROCOSO									
						RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
						DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1740

LABOR : CX 019 CX 020

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-12

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/09/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-12	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X 25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	4	
VOL							RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	X 25 - 50 (8)	<25 (3)	2	8	
TIPO DE ROCA							ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	X 0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (m)	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	X 1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)			APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	X 1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
F	70	110	—	Ox,Arc	0 - 50	Relleno de Panizo	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	X Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	1	
F	47	45	—	Ox,Arc	0 - 50	Relleno de Panizo	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	X Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1	
F	60	110	—	Ox,Arc	0 - 40	Relleno de Panizo	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	X Muy Intempe. (2)	Muy Intempe. (0)	4E	2	
F	60	220	—	Ox,Arc	0 - 50	Relleno de Panizo	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	X Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	7	
Dn	70	110	20	Ox,Cal	0 - 3	—	ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	X Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-5	
Dn	60	220	15	Ox,Cal	0 - 4	—	VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)							33	
Dn	47	45	15	Ox,Cal	0 - 4	—	CLASE DE MACIZO ROCOSO								
							RMR	61 - 80	51 - 80	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20		
							DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA		

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	12	66	16	53	RQD %	(RQD)	17 fracturas por metro lineal	49
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	13	63	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistema principal	12
VOL	Volcanico	14	59	12	66	Número de Rugosidad	(Jr)	Lisas	1
D	Dique andesítica	16	53	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas	4
		14	59	17	49	Número de Agua Subterránea	(Jw)	Mojado	0.66
		13	63	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)			0.27

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 002

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-1

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

Nº	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12
DIQUE	100	—	—	11			RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO		RANGO DE VALORES		VALOR ESTIMADO		VALORACION	
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
Dn	15	115	35	Ox, Cal	0 - 4	—	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
Dn	50	355	40	Ox, Cal	0 - 3	—	CONDICION DE APERTURA	Cerrada (6)	< 0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	85	340	35	Ox, Cal	0 - 4	—	DE RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	22	165	40	Ox, Cal	0 - 3	—	JUNTAS RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
Dn	22	50	40	Ox, Cal	0 - 3	—	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	5
Dn	21	105	35	Ox, Cal	0 - 4	—	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
Dn	85	85	40	Ox, Cal	0 - 3	—	ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													57	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALORACION		
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	11	70	14	59	RQD %	(RQD)	11 fracturas por metro lineal					70		
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	17	49	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistema principal					9		
VOL	Volcanico	13	63	15	56	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2.5		
D	Dique andesitica	15	56	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					2		
		16	53	13	63	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco					1		
		14	59	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5		
							Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)								3.89

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Piritas
Pnz		Panizo	Cal	Calcoita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 004

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-2

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES				VALOR ESTIMADO	VALORACION		
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
VOL						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.						ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
ORIENTACION						CONDICION DE JUNTAS		RANGO DE VALORES				VALORACION		
BUZAMIENTO		DIP-DIRECCION		ESPACIAMIENTO (cm)		RELENO		RANGO DE VALORES				VALORACION		
						TIPO	ESPESOR (mm)	RANGO DE VALORES				VALORACION		
								> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10
								< 1 m (8)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
								Cerrada (8)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
								Muy rugosa (8)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
								Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
								Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
								Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
								Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2	-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												55		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80		51 - 80		41 - 50		31 - 40		21 - 30		< 20		
DESCRIPCION		II - BUENA		III - A REGULAR - A		III - B REGULAR - B		IV - A MALA - A		IV - B MALA - B		V - MUY MALA		

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	11	70	14	59	RQD %	(RQD)	12 fracturas por meto lineal	66
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	17	49	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal	4
VOL	Volcanico	13	63	15	56	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso	1.5
D	Dique andesitica	15	56	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas	3
		16	53	13	63	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco	1
		14	59	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)								3.15	

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 005

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-3

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						FRECUECIA DE FRACTURA N°Fract / m	PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO		VALORACION		
A	%	B	%				RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)											
VOL						100												
TIPO DE ROCA						13	RQD %		>250 (15)	X 100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12			
ESPECIFICACIONES							ESPACIAMIENTO		> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	X 0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10			
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	X 1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4			
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECTION		TIPO	ESPESOR (mm)			APERTURA	Cerrada (6)	< 0.1 mm (5)	X 0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1			
Dn	85	184	35	Ox, Cal	0 - 4		RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3				
Dn	85	330	40	Ox, Cal	0 - 3		RELLENO	Limpia (6)	X Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	4				
Dn	69	120	35	Ox, Cal	0 - 4		INTEMPERIZACION	Sana (6)	X Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Muy Intempe. (0)	4E	3				
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	X Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10				
							ORIENTACIÓN	Muy Fborab. (0)	X Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2				
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)															58			
CLASE DE MACIZO ROCOSO																		
							RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20					
							DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA					

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
SPP	Sulfuro Primario de Piritas
SPB	Sulfuro Primario de Baritina
VOL	Volcanico
D	Dique andesitica

J	RQD	J	RQD
11	70	14	59
12	66	17	49
13	63	15	56
15	56	13	63
16	53	13	63
14	59	17	49

PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALORACION
RQD %	(RQD)	13 fracturas por metro lineal					63
Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal					4
Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2
Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					3
Número de Agua Subterranea	(Jw)	Humedo a seco					1
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							4.20

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 008

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-4

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

TIPO DE ROCA						
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		
VOL	100	—	—	15		
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)	
Dn	48	250	35	Ox, Cal	0 - 4	—
Dn	83	135	40	Ox, Cal	0 - 3	—
Dn	48	275	35	Ox, Cal	0 - 4	—

PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION	
RESIST. COMPRE. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	X	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	12	
RQD %	90 - 100 (20)		75 - 90 (17)	X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	
ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)		0.6 - 2 m (15)	X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (8)		1 - 3 m (4)	X	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A
	APERTURA	Cerrada (8)		<0.1 mm (5)	X	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B
RUGOSIDAD	Muy rugosa (8)		Rugosa (5)	X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	
	RELLENO	Limpia (8)	X	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	
INTEMPERIZACION	Sana (8)	X	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E		
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5		
ORIENTACIÓN	Muy Fborab. (0)	X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2		
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)								58	
CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	61 - 80		51 - 60		41 - 50		31 - 40		
DESCRIPCION	II - BUENA		III - A REGULAR - A		III - B REGULAR - B		IV - A MALA - A		
							IV - B MALA - B		
								V - MUY MALA	

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	J	RQD	J	RQD
SPP Sulfuro Primario de Pirta	11	70	14	59
SPB Sulfuro Primario de Bantina	12	66	17	49
VOL Volcanico	13	83	15	56
D Dique andesítica	15	56	13	63
	16	53	13	63
	14	59	17	49

PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACION		
RQD %	(RQD)	15 fracturas por meto lineal						56	
Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal						4	
Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso						1.5	
Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente Alteradas						2	
Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco						1	
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m						2.5	
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)									
CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirta
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 007

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-5

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°		ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA	
E-1	225	85	0	10	
TIPO DE ROCA					
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m	
VOL	100	—	—	16	
PARAMETRO					
RANGOS DE VALORES		VALOR ESTIMADO		VALORACION	
RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15) X	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0) 1 12
RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17) X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3) 2 13
ESPACIAMIENTO		RANGOS DE VALORES		VALOR ESTIMADO	
> 2 m (20)		0.6 - 2 m (15) X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5) 3 10
CONDICION DE JUNTAS		RANGOS DE VALORES		VALOR ESTIMADO	
PERSISTENCIA		< 1 m (6) X	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1) > 20 m (0) 4A 4
APERTURA		Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1) > 5 mm (0) 4B 1
RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1) Espejo de falla (0) 4C 3
RELLENO		Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1) Suave > 5 mm (0) 4D 1
INTEMPERIZACION		Sana (6)	Lig. Intempe. (5) X	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2) Descompuesta (0) 4E 3
AGUA SUBTERRANEA		Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4) Flujo (0) 5 10
ORIENTACION		Muy Faborab. (0) X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10) Muy Desfavo. (-12) -2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)					
55					
CLASE DE MACIZO ROCOSO					
RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30 < 20
DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B V - MUY MALA

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGOS DE VALORES	VALORACION
SPP	Sulfuro Primario de Pirta	11	70	14	59	RQD %	(RQD) 16 fracturas por metro lineal	53
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	17	49	Número de Discontinuidades	(Jn) Un sistema principal y uno Secundario	4
VOL	Volcanico	13	63	15	56	Número de Rugosidad	(Jr) Ligeramente Rugoso	2
D	Dique andesitica	15	56	13	63	Número de Alteración	(Ja) Moderadamente Alteradas	3
		16	53	13	63	Número de Agua Subteranea	(Jw) Humedo a seco	1
		14	59	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF) Excavacion Mayor a 50m	2.5
						Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)		3.53
CLASE DE MACIZO ROCOSO								
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE
								EXCEPCIONALMENTE POBRE

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirta
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 009

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-6

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

N°		ORIENTACION DE LA CARA			TRAMO (m)				
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA					
E-1	225	85	0	10					
TIPO DE ROCA									
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m					
VOL	100	—	—	14					
PARAMETRO				RANGO DE VALORES			VALOR ESTIMADO	VALORACION	
RESIST. COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)				>250 (15) X	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1 12
RQD %				90 - 100 (20)	75 - 90 (17) X	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2 13
ESPACIAMIENTO				RANGO DE VALORES			VALOR ESTIMADO	VALORACION	
ESPACIAMIENTO				> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15) X	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	<0.06 m (5)	3 10
CONDICION DE JUNTAS				PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4) X	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0) 4A 2
CONDICION DE JUNTAS				APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4) X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0) 4B 1
CONDICION DE JUNTAS				RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5) X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0) 4C 3
CONDICION DE JUNTAS				RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2) X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0) 4D 1
CONDICION DE JUNTAS				INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5) X	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0) 4E 3
AGUA SUBTERRANEA				Seco (15) X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0) 5 10	
ORIENTACION				Muy Faborab. (0) X	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valoración 1 a 6)									53
CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20		
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA		

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO		RANGO DE VALORES			VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	11	70	14	59	RQD %	(RQD)	14 fracturas por metro lineal			59	
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	17	49	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal y uno Secundario			6	
VOL	Volcanico	13	63	15	56	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso			2	
D	Dique andesítica	15	56	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas			3	
		16	53	13	63	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco			1	
		14	59	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m			2.5	
							Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)					2.62
CLASE DE MACIZO ROCOSO												
RMR		1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001		
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE		

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Phz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-7

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 011

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
DIQUE	100	—	—	14		RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO							
Dn	85	165	20	Ox,Arc	0 - 1	—	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
Dn	67	102	35	Ox,Cal	0 - 3	—	< 1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	3	
Dn	72	300	20	Ox,Mi	0 - 3	—	CONDICION DE PERSISTENCIA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
							DE RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
							JUNTAS RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
							ORIENTACIÓN	Muy Fborab. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-2	-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												49		
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
							RMR	61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20	
							DESCRIPCION	II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA	

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION			
SPP	Sulfuro Primario de Pirita	11	70	14	59	RQD %	(RQD)	14 frcturas por metro lineal					59		
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	86	17	49	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal y uno secundario					6		
VOL	Volcanico	13	83	15	56	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso					1.5		
D	Dique andesitica	15	56	13	83	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					4		
		16	53	13	83	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco					1		
		14	59	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5		
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)												1.48			
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
						RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
						DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Pirita
Pnz		Panizo	Cal	Calcita
Arc		Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 013

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-8

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / ml		RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
VOL						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	8	
TIPO ESTRUCT.						ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8	
ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)			APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
F	70	70	—	Ox,Mi	0 - 30	—	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	1
Dn	76	344	25	Ox,Mi	0 - 3	—	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
Dn	38	250	25	Ox,Mi	0 - 3	—	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
Dn	40	248	25	Ox,Mi	0 - 3	—	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10
						ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-5		
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorizacion 1 a 6)													38	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	J	RQD	J	RQD
SPP Sulfuro Primario de Piritas	11	70	14	59
SPB Sulfuro Primario de Baritina	12	66	17	49
VOL Volcanico	13	63	15	56
D Dique andesitica	15	56	13	63
	16	53	13	63
	14	59	17	49

PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
RQD %	(RQD)	17 fracturas por metro lineal	49
Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistemas principal y uno secundario	12
Número de Rugosidad	(Jr)	Lisas	1
Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas	3
Número de Agua Subterránea	(Jw)	Humedo a seco	1
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)			0.54

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	X	Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Piritas
Pnz		Panizo	Cal		Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 015

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-9

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	12	
VOL						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
VOL 100						RQD %						<25 (3)	2	13
TIPO DE ROCA						ESPACIAMIENTO						VALORACION		
TIPO	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS		ESPACIAMIENTO					VALORACION	
ESTRUC.	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION	(cm)	TIPO	ESPESOR (mm)			ESPACIAMIENTO					VALORACION	
Dn	85	91	20	Ox,Arc	0 - 5	---		ESPACIAMIENTO					VALORACION	
Dn	55	220	20	Ox,Cal	0 - 3	---		ESPACIAMIENTO					VALORACION	
Dn	64	190	15	Ox,Cal	0 - 4	---		ESPACIAMIENTO					VALORACION	
						CONDICION DE JUNTAS						VALORACION		
						PERSISTENCIA						VALORACION		
						APERTURA						VALORACION		
						RUGOSIDAD						VALORACION		
						RELLENO						VALORACION		
						INTEMPERIZACION						VALORACION		
						AGUA SUBTERRANEA						VALORACION		
						ORIENTACION						VALORACION		
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													57	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	11	70	14	59	RQD %	(RQD)	15 fracturas por metro lineal	56
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	66	17	49	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal	4
VOL	Volcanico	13	63	15	56	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso a liso	1.5
D	Dique andesítica	15	56	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Ligeramente Alteradas	2
		16	53	13	63	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco	1
		14	59	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							CLASE DE MACIZO ROCOSO		4.20

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO				
Ox	X	Oxidos	Mi	Mineral
Qz		Cuarzo	Py	Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X Calcita
Arc	X	Arcilla		
Bx		Brecha		
Ser		Serecita		

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 018

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-10

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m			RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1	12
VOL							RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13
							ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
Dn	69	311	35	Ox, Cal	0 - 4	—	CONDICION DE APERTURA	Cerrada (6)	< 0.1 mm (5)	0.1 - 1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
Dn	70	40	40	Ox, Cal	0 - 3	—	DE RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
Dn	70	20	35	Ox, Cal	0 - 4	—	JUNTAS RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	4
							INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
							AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flijo (0)	5	10
							ORIENTACION	Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-2
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valoración 1 a 6)													58	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA				PARAMETRO		RANGO DE VALORES					VALORACION		
SPP	Sulfuro Primario de Pinta	J	RQD	J	RQD	RQD %	(RQD)	13 fracturas por metro lineal					63
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	11	70	14	59	Número de Discontinuidades	(Jn)	Dos sistema principal					4
VOL	Volcanico	12	66	17	49	Número de Rugosidad	(Jr)	Ligeramente Rugoso					2
D	Dique andesitica	13	63	15	56	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas					3
		15	56	13	63	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Humedo a seco					1
		16	53	13	63	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m					2.5
		14	59	17	49	Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)							4.20

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F		Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc		Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 018

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-11

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	ESTACION	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA							PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALOR ESTIMADO	VALORACION	
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Fract / m			RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7	
VOL		100		13			RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	<25 (3)	2	13	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	10	
F	25	210	—	Ox, Arc	0 - 10	Cerrada	PERSISTENCIA	< 1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	2	
F	88	290	—	Ox, Arc	0 - 200	Relleno de Panizo	CONDICION DE JUNTAS	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
F	40	260	—	Ox, Arc	0 - 10	Cerrada	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3	
Dn	20	215	20	Ox, Mi	0 - 3	—	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	X Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1	
Dn	76	310	25	Ox, Mi	0 - 3	—	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	X Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3	
AGUA SUBTERRANEA							Seco (15)	X Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10		
ORIENTACION							Muy Faborab. (0)	Faborable (-2)	Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)	-5	-5		
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)												45			
CLASE DE MACIZO ROCOSO															
RMR		81 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20								
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA								

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	SPP	SPB	VOL	D
Sulfuro Primario de Pirita				
Sulfuro Primario de Baritina				
Volcanico				
Dique andesitico				

J	RQD	J	RQD
11	70	14	59
12	66	17	49
13	63	15	56
15	56	13	63
16	53	13	63
14	59	17	49

PARAMETRO	RANGO DE VALORES	VALORACION
RQD %	(RQD) 13 frcturas por meto lineal	63
Número de Discontinuidades	(Jn) Tres sistemas principal y uno secundario	12
Número de Rugosidad	(Jr) Ligeramente Rugoso	2
Número de Alteración	(Ja) Muy Alteradas	4
Número de Agua Subterránea	(Jw) Humedo a seco	1
Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF) Excavacion Mayor a 50m	2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)		1.05

ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001
DESCRIPCION	EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi	X	Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Pirita
Pnz		Panizo	Cal		Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

LUGAR : BP 745 - 1770

LABOR : CX 020

CLASIFICACIÓN GEOMECANICA

E-12

Por : C. GARCIA A.

Fecha : 25/10/2016

N°	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO (m)	
	DIRECCION DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
E-1	225	85	0	10

SISTEMA DE CLASIFICACION RMR

TIPO DE ROCA						PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALOR ESTIMADO	VALORACION
A	%	B	%	FRECUENCIA DE FRACTURA N°Frac / m		RESIST. COMPRE. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	X 25 - 50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	4	
VOL						RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	X 25 - 50 (8)	<25 (3)	2	8	
TIPO DE ROCA						ESPACIAMIENTO	> 2 m (20)	0.6 - 2 m (15)	0.6 - 0.2 m (10)	X 0.2 - 0.06 m (8)	< 0.06 m (5)	3	8	
TIPO ESTRUCT.	ORIENTACION		ESPACIAMIENTO (cm)	RELLENO		COMENTARIOS	CONDICION DE JUNTAS						VALOR ESTIMADO	VALORACION
	BUZAMIENTO	DIP-DIRECCION		TIPO	ESPESOR (mm)		PERSISTENCIA	< 1 m (8)	X 1 - 3 m (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4
F	72	100	—	Ox,Arc	0 - 50	Relleno de Panizo	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1 mm (5)	0.1-1.0 mm (4)	X 1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
F	75	170	—	Ox,Arc	0 - 10	Relleno de Panizo	RUGOSIDAD	Muy rugosa (8)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	X Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	1
F	70	70	—	Ox,Arc	0 - 60	Relleno de Panizo	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5 mm (4)	Duro > 5 mm (2)	X Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
Dn	10	95	20	Ox,Cal	0 - 3	—	INTEMPERIZACION	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	X Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
Dn	72	100	15	Ox,Cal	0 - 4	—	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	X Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	7
Dn	70	70	20	Ox,Cal	0 - 4	—	ORIENTACION	Muy Fborab. (0)	Faborable (-2)	X Regular (-5)	Desfavorab. (-10)	Muy Desfavo. (-12)		-5
VALOR TOTAL RMR (Suma de Valorización 1 a 6)													32	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		61 - 80	51 - 60	41 - 50	31 - 40	21 - 30	< 20							
DESCRIPCION		II - BUENA	III - A REGULAR - A	III - B REGULAR - B	IV - A MALA - A	IV - B MALA - B	V - MUY MALA							

SISTEMA DE CLASIFICACION Q

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		J	RQD	J	RQD	PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACION	
SPP	Sulfuro Primario de Piritas	11	70	14	59	RQD %	(RQD)	17 frcturas por meto lineal						49
SPB	Sulfuro Primario de Baritina	12	86	17	49	Número de Discontinuidades	(Jn)	Tres sistema principal						12
VOL	Volcanico	13	63	15	56	Número de Rugosidad	(Jr)	Lisas						1
D	Dique andésitica	15	56	13	63	Número de Alteración	(Ja)	Moderadamente Alteradas						4
		16	53	13	63	Número de Agua Subteranea	(Jw)	Mojado						0.66
		14	59	17	49	Factor de Reducción de esfuerzo (estado tencional)	(SRF)	Excavacion Mayor a 50m						2.5
Q = (RQD/Jn) x (Jr / Ja) x (Jw / SRF)													0.27	
CLASE DE MACIZO ROCOSO														
RMR		1000 - 400	400 - 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4.0	4.0 - 1.0	1.0 - 0.1	0.1 - 0.01	0.01 - 0.001				
DESCRIPCION		EXCEPCIONALMENTE BUENA	EXTREMADAMENTE BUENA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE	EXTREMADAMENTE POBRE	EXCEPCIONALMENTE POBRE				

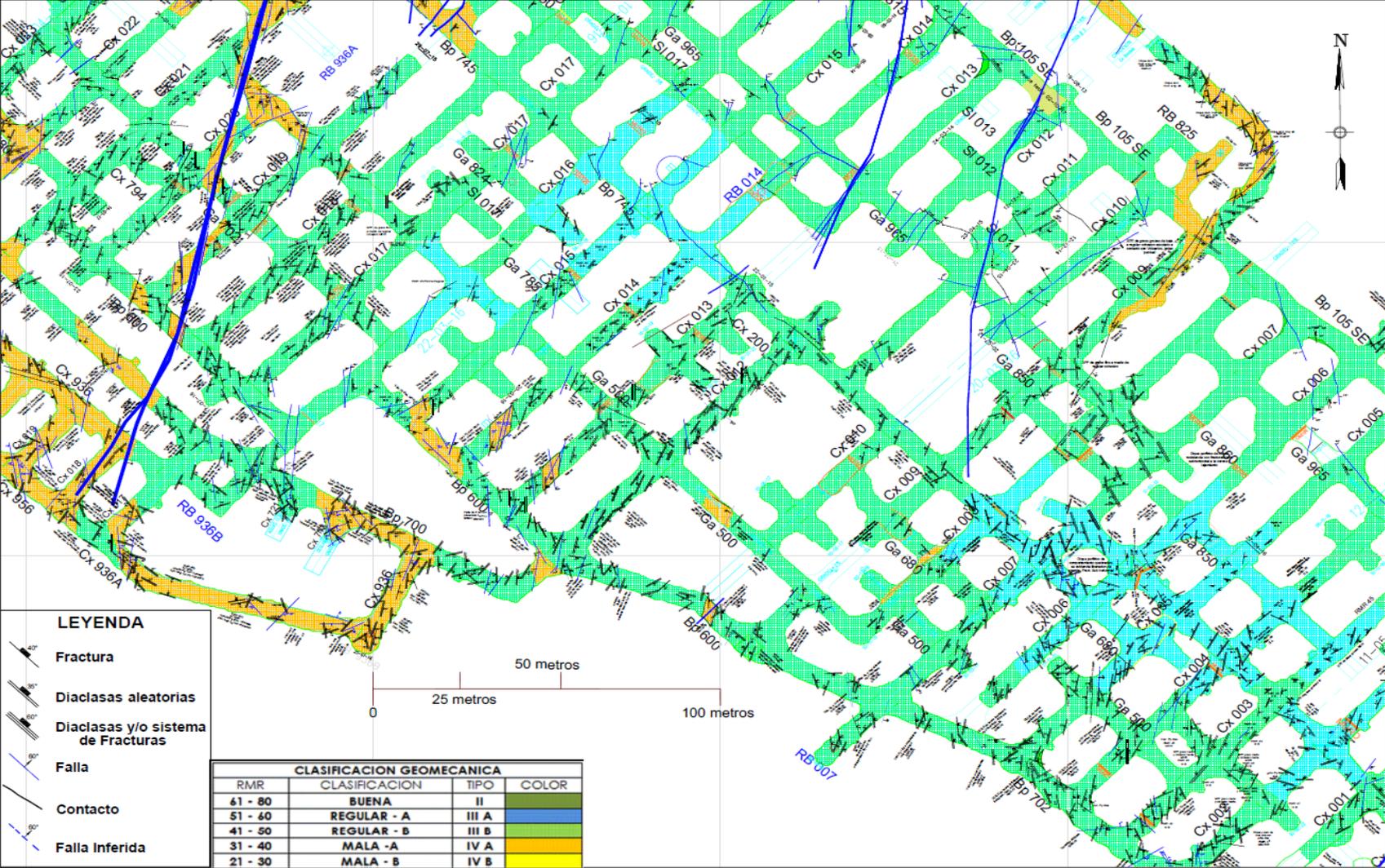
ABREVIATURA DE TIPOS DE ESTRUCTURAS		
Dn	X	Sistema de diaclasas
Fn		Sistema de fallas
C		Contacto
S		Seudoestratos
F	X	Falla
Mf		Microfallas
Fr		Fracturas

ESPACIAMIENTO (M)	
1	> 2
2	0.6 - 2
3	0.2 - 0.6
4	0.06 - 0.2
5	< 0.06

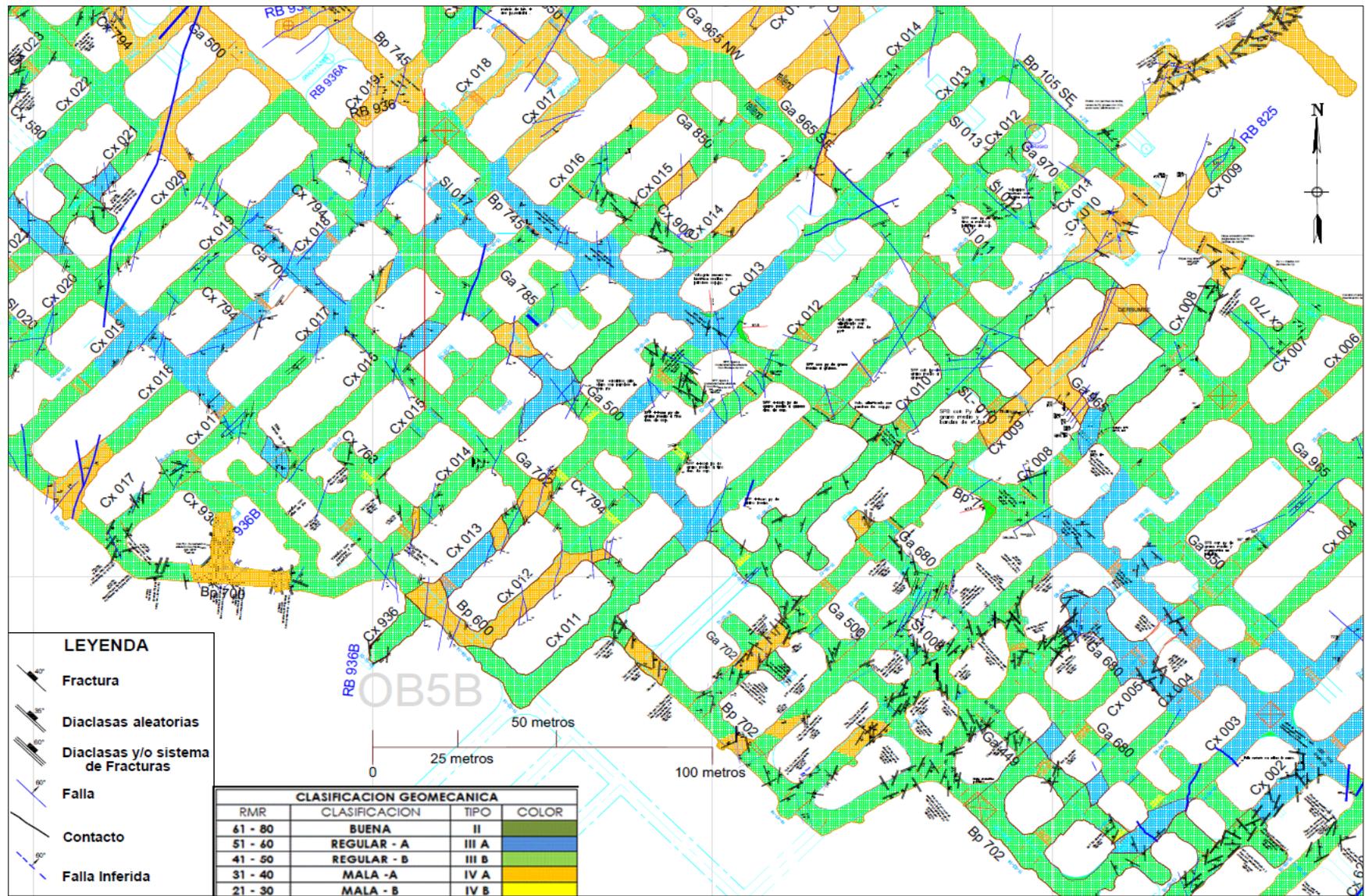
ABREVIATURA DE TIPOS DE RELLENO					
Ox	X	Oxidos	Mi		Mineral
Qz		Cuarzo	Py		Piritas
Pnz		Panizo	Cal	X	Calcita
Arc	X	Arcilla			
Bx		Brecha			
Ser		Serecita			

COMENTARIOS ADICIONALES	

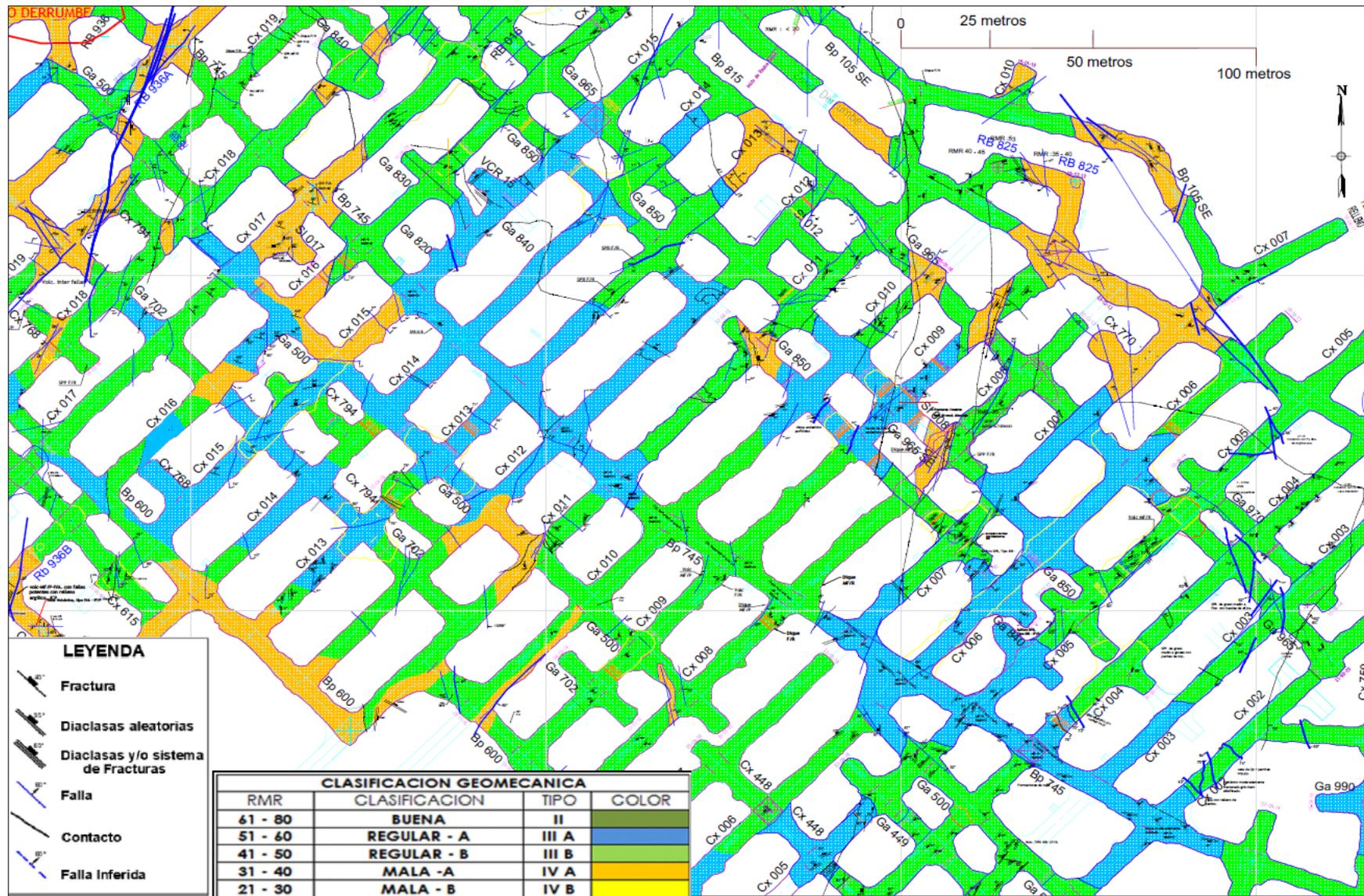
Anexo 2: Planos Geomecánico del Bypass 745



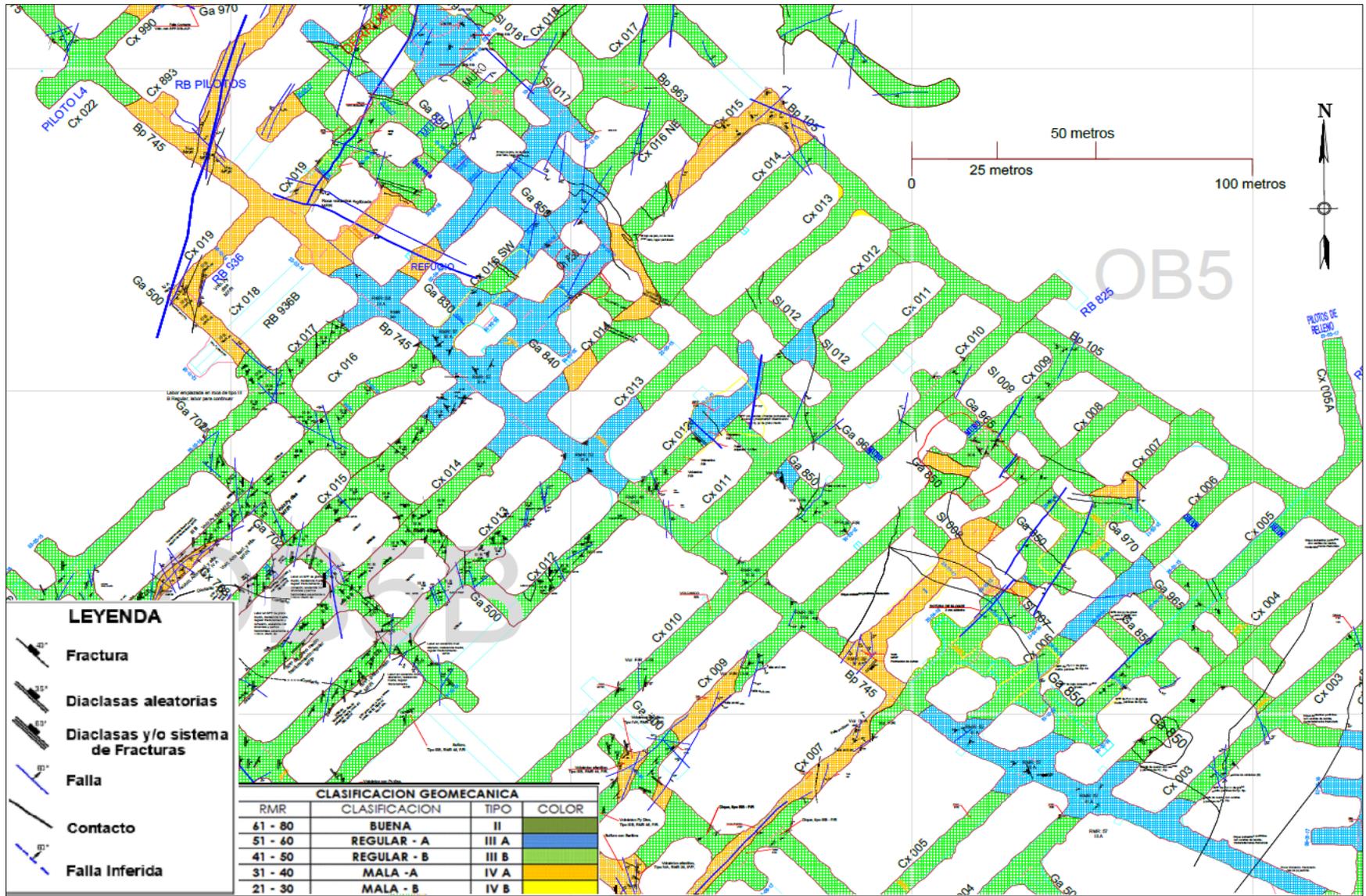
Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1650.



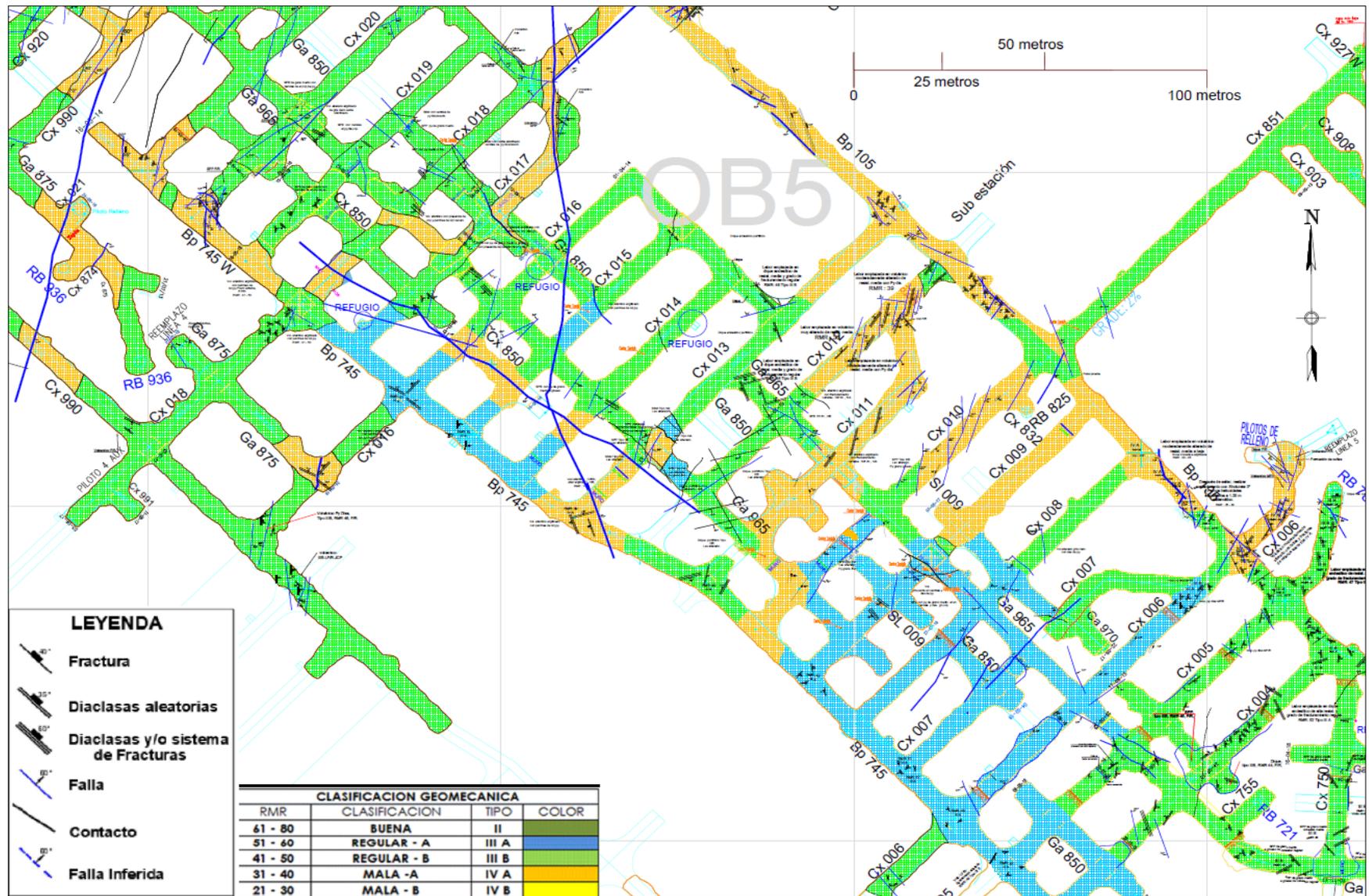
Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1680.



Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1710.



Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1740.

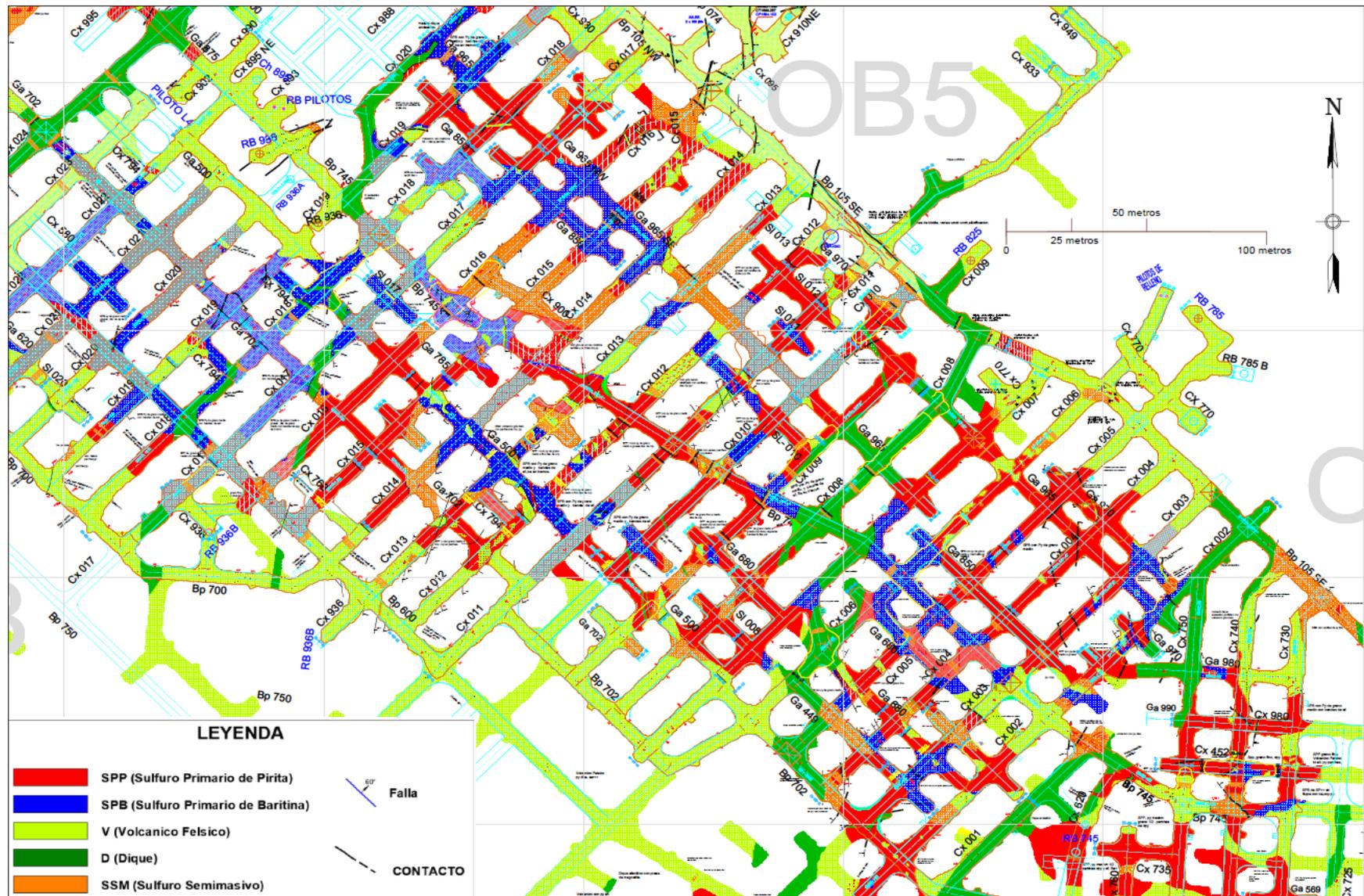


Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1770.

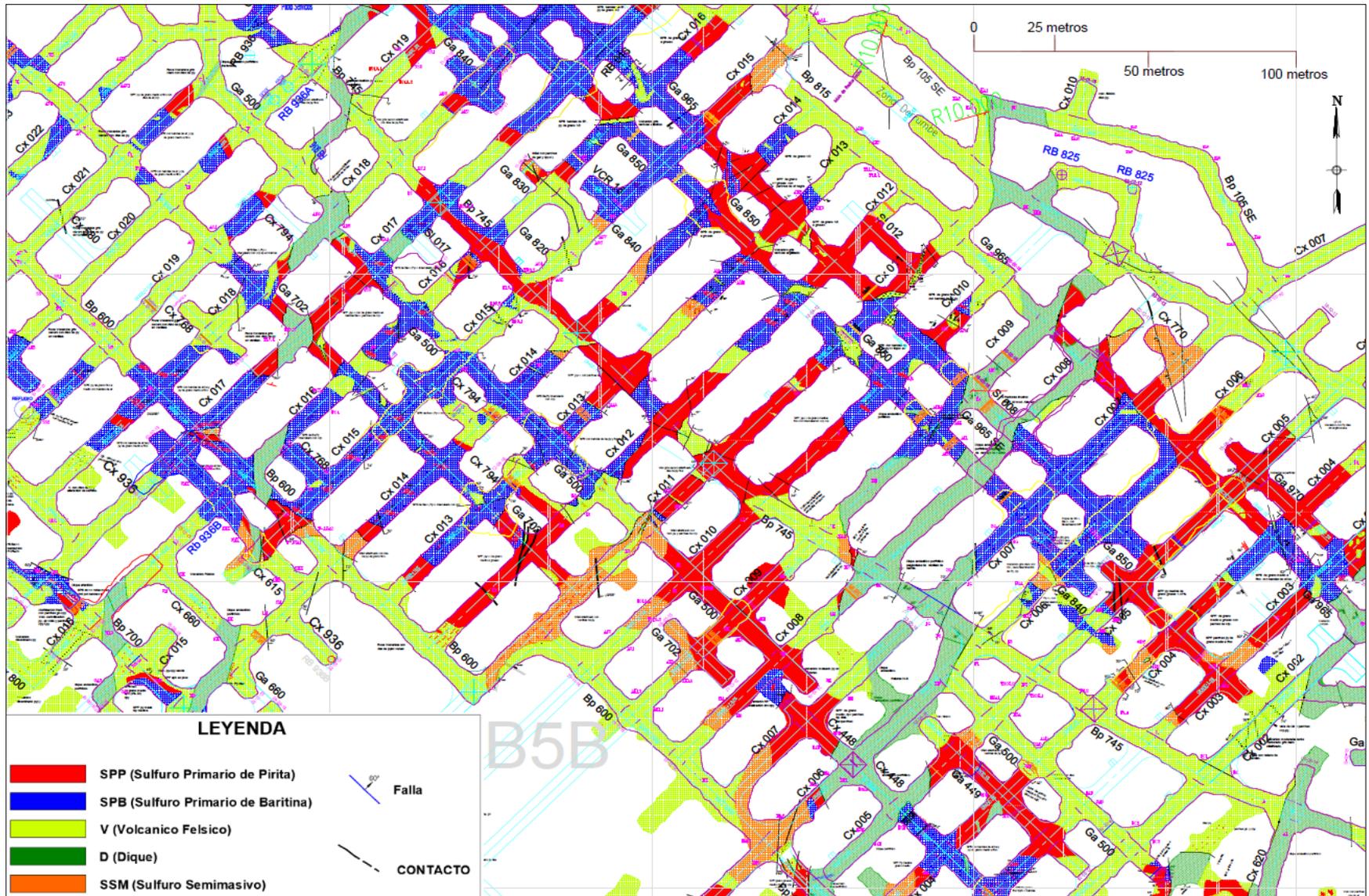
Anexo 3: Planos Geológico del Bypass 745

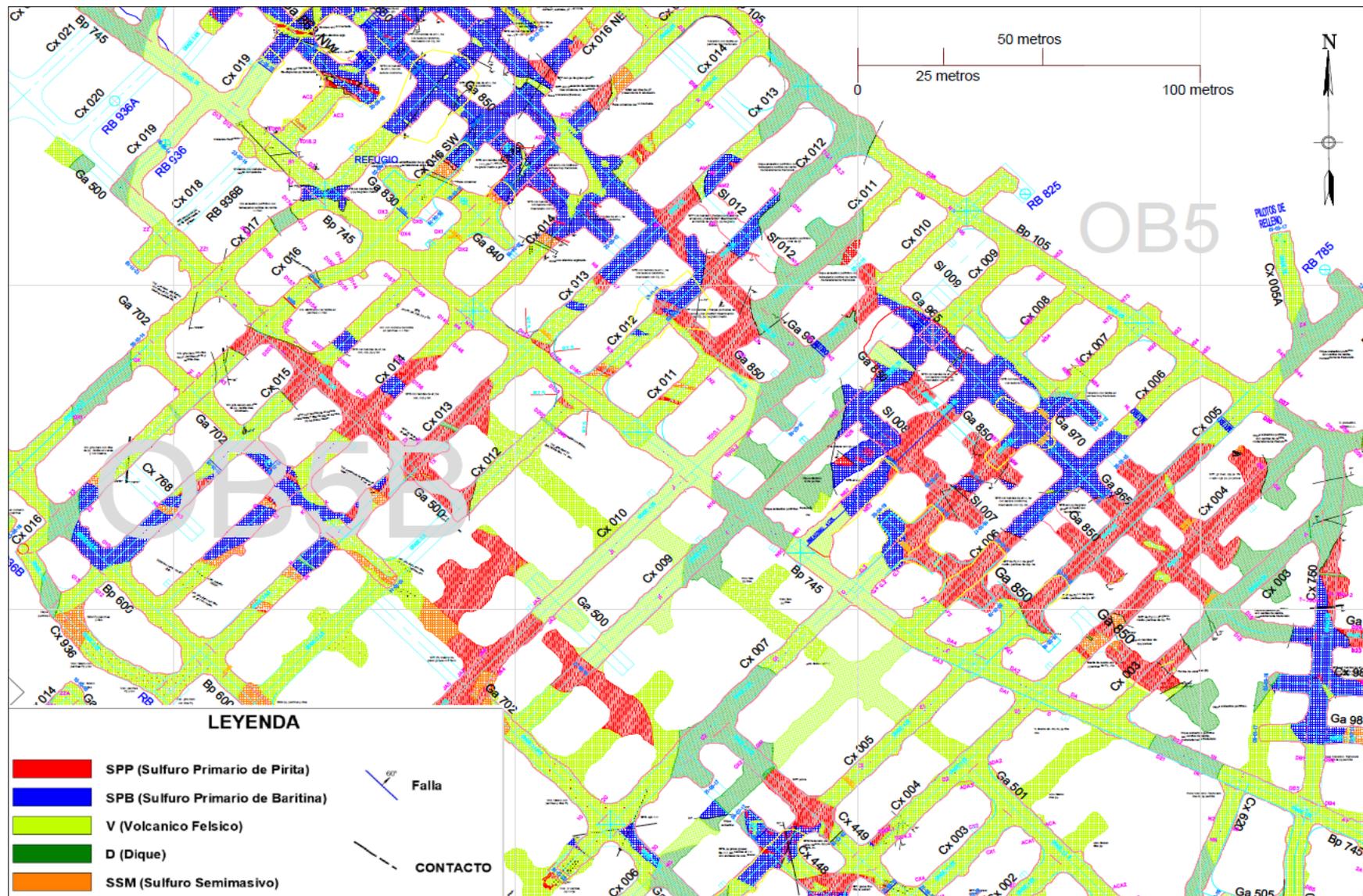


Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1650.

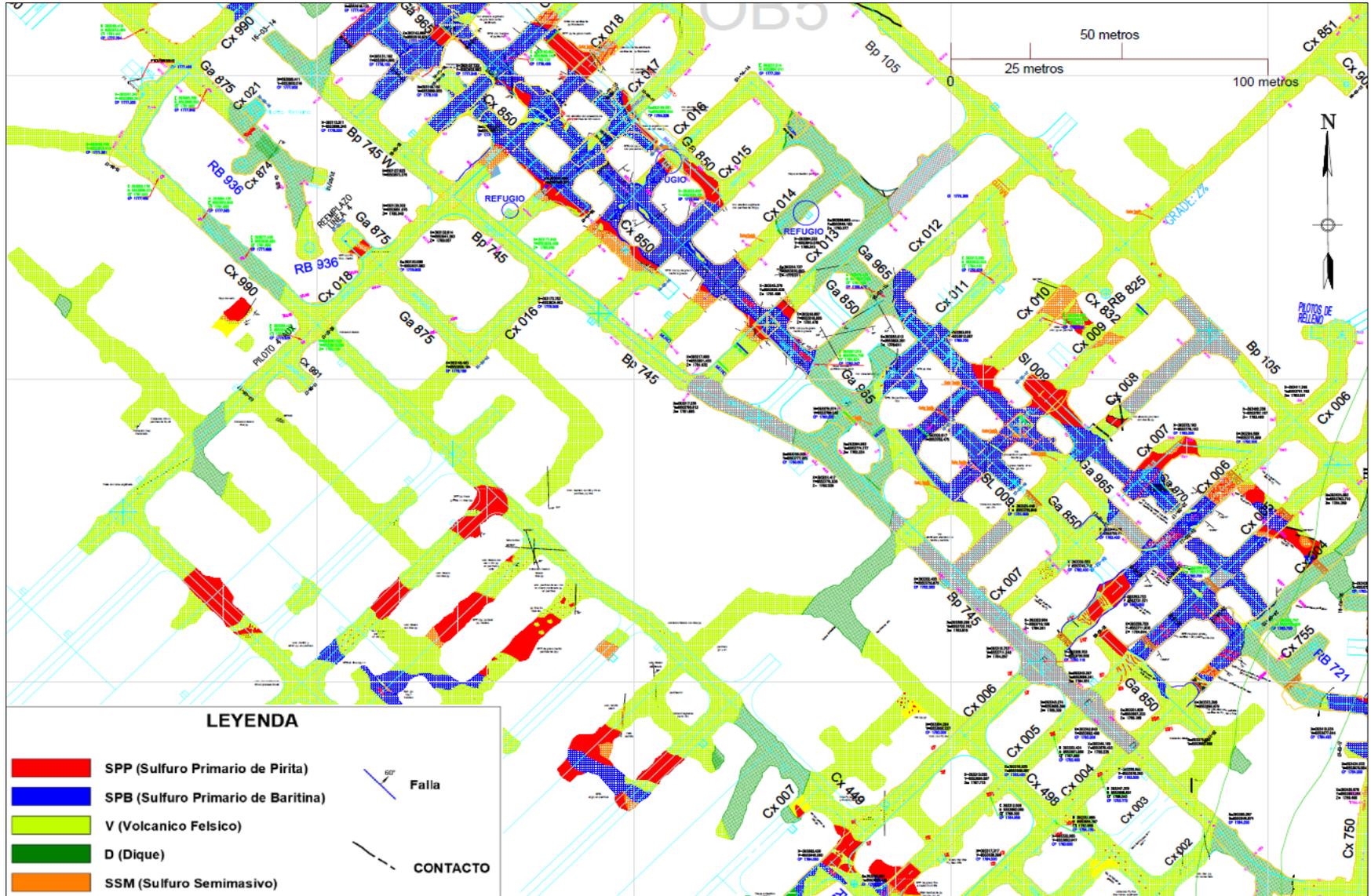


Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1680.



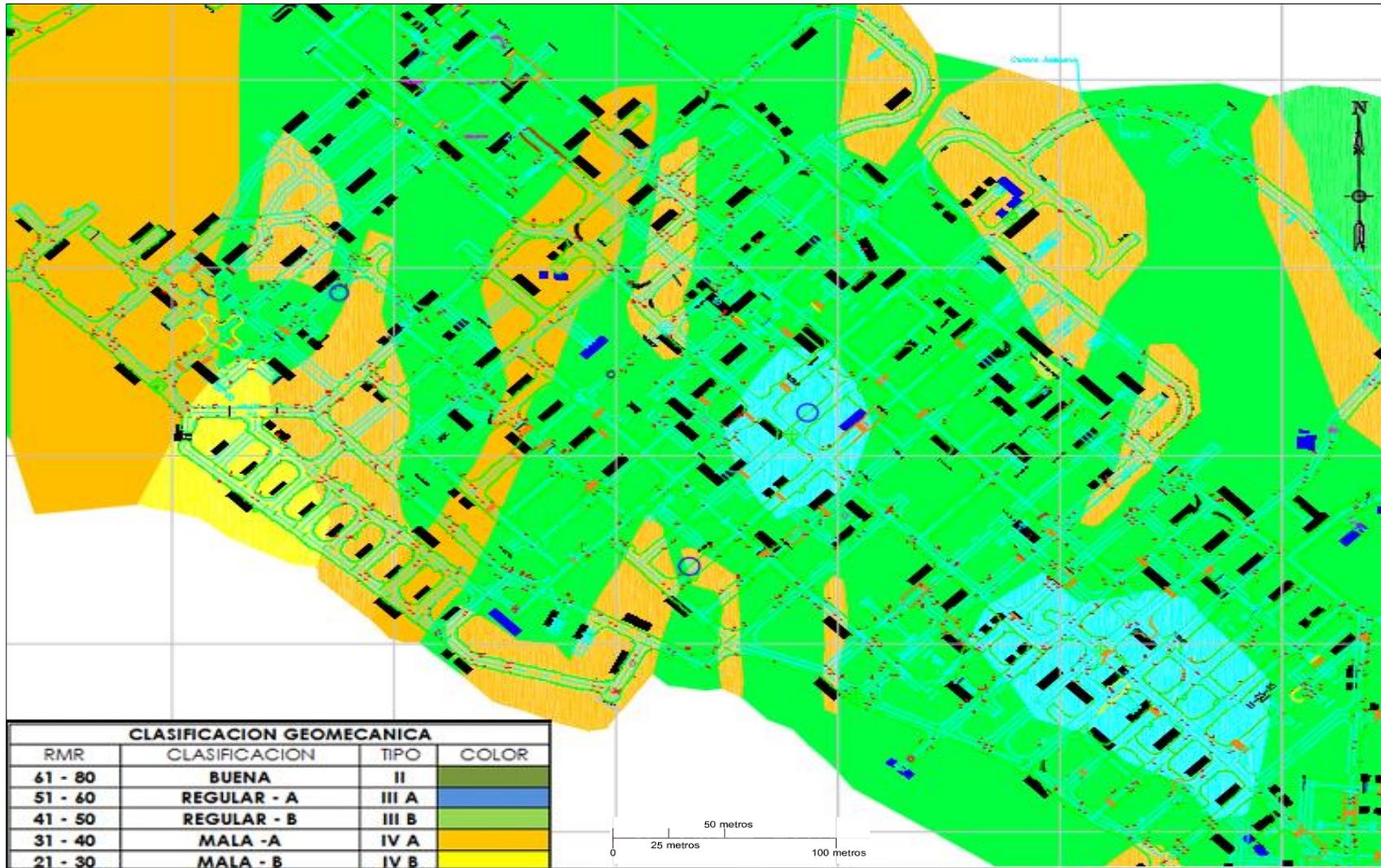


Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1740.

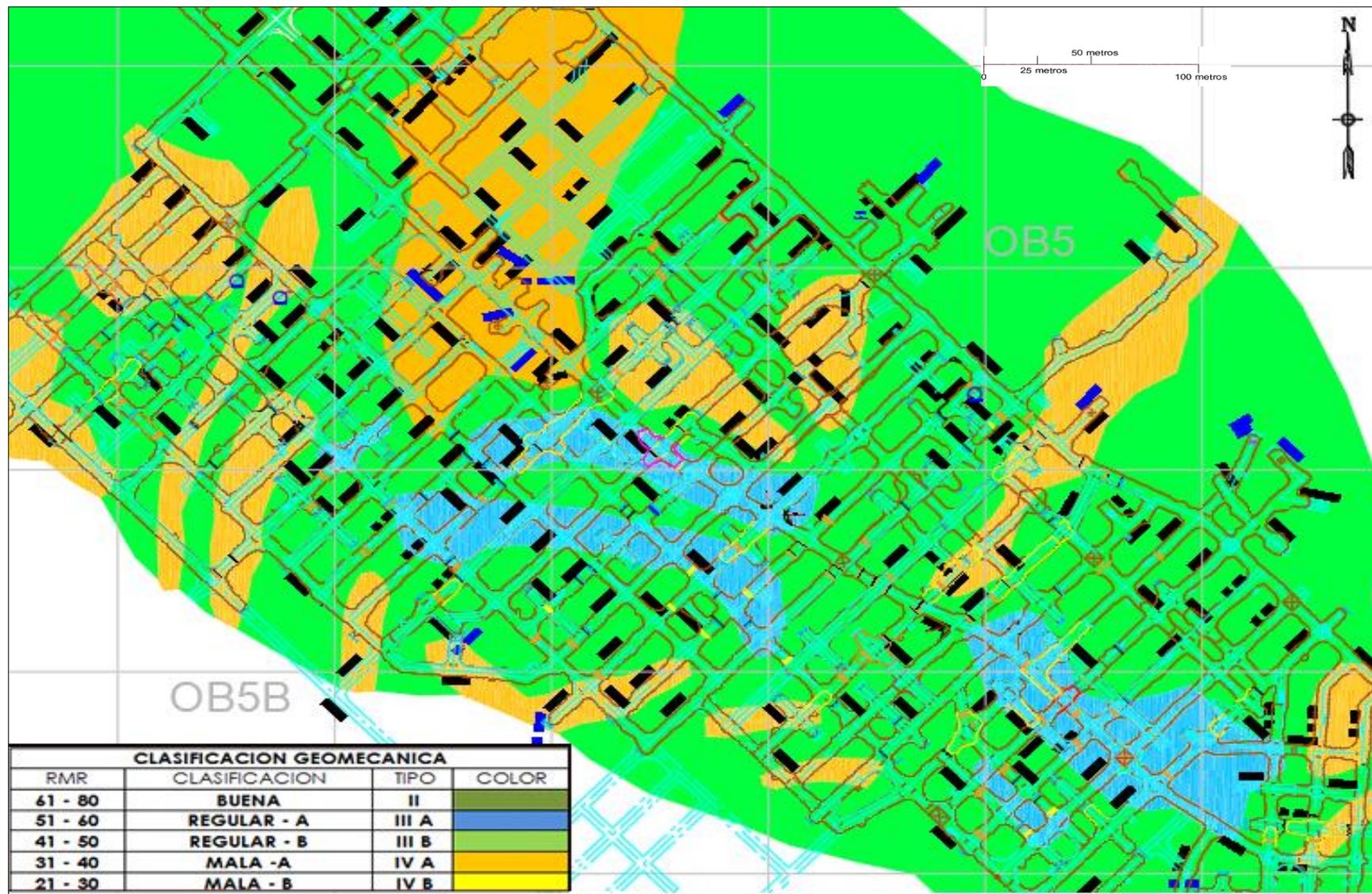


Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1770.

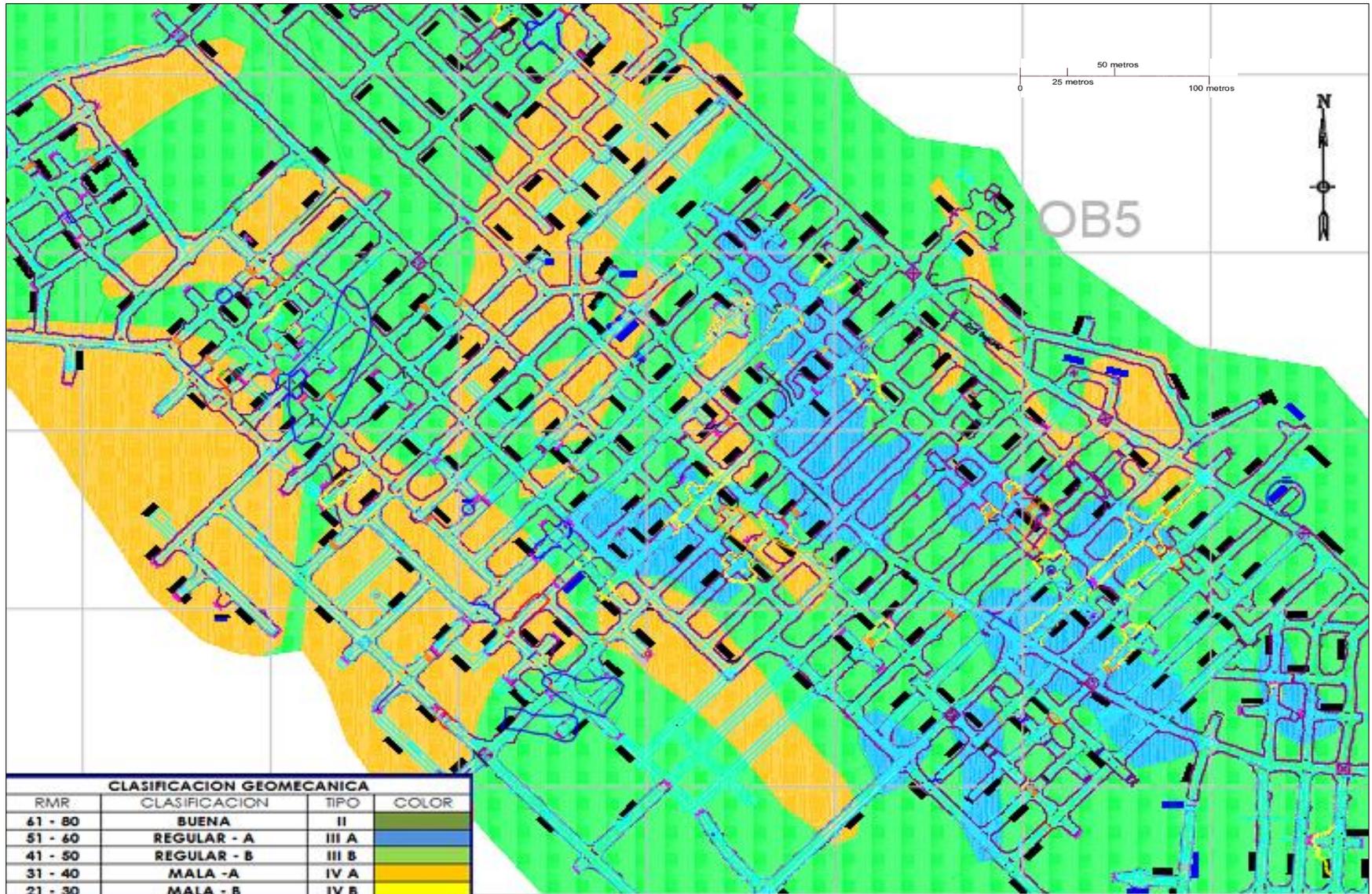
Anexo 4: Planos de zonificación geomecánica del Bypass 745



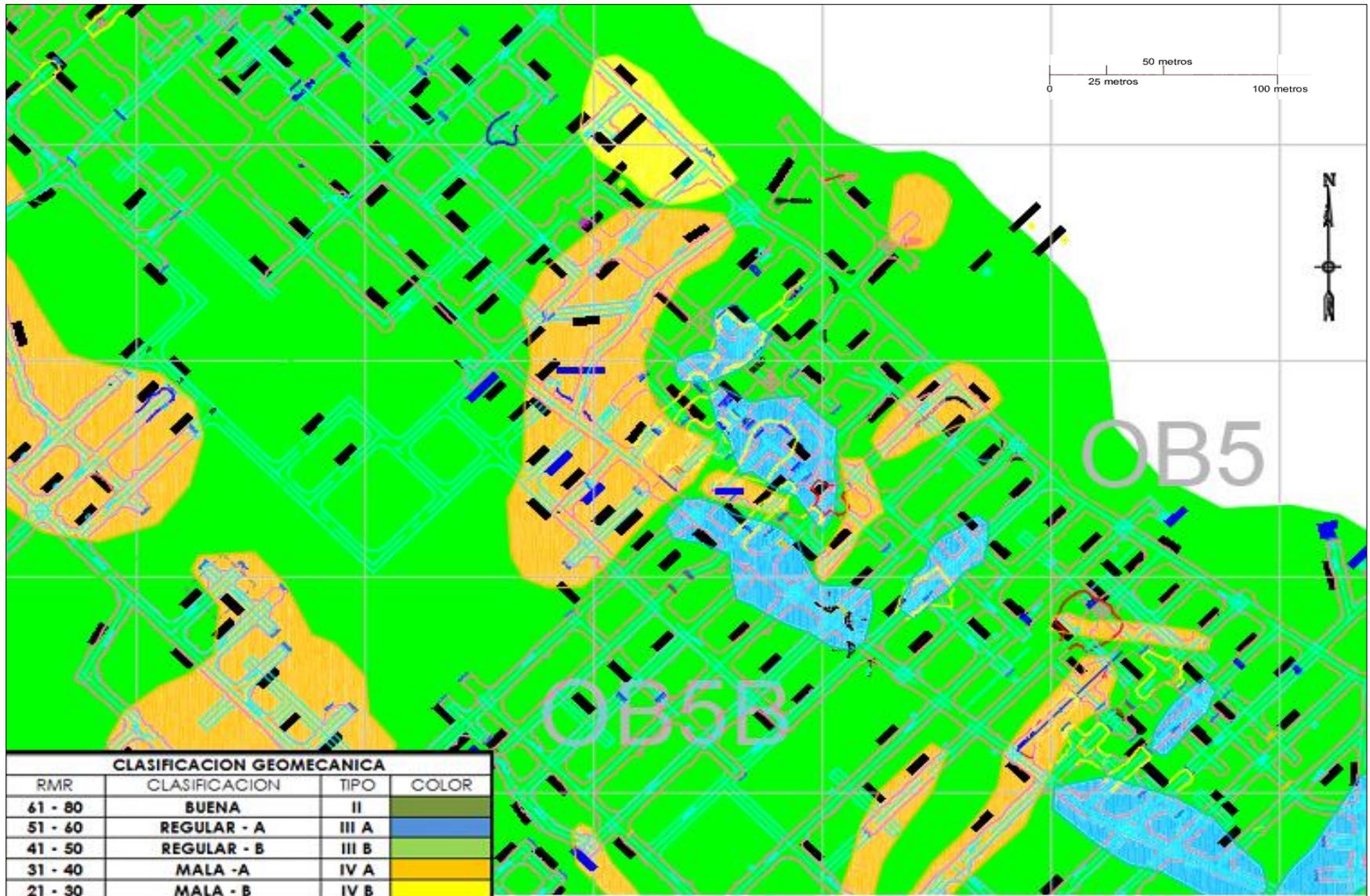
Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1650.



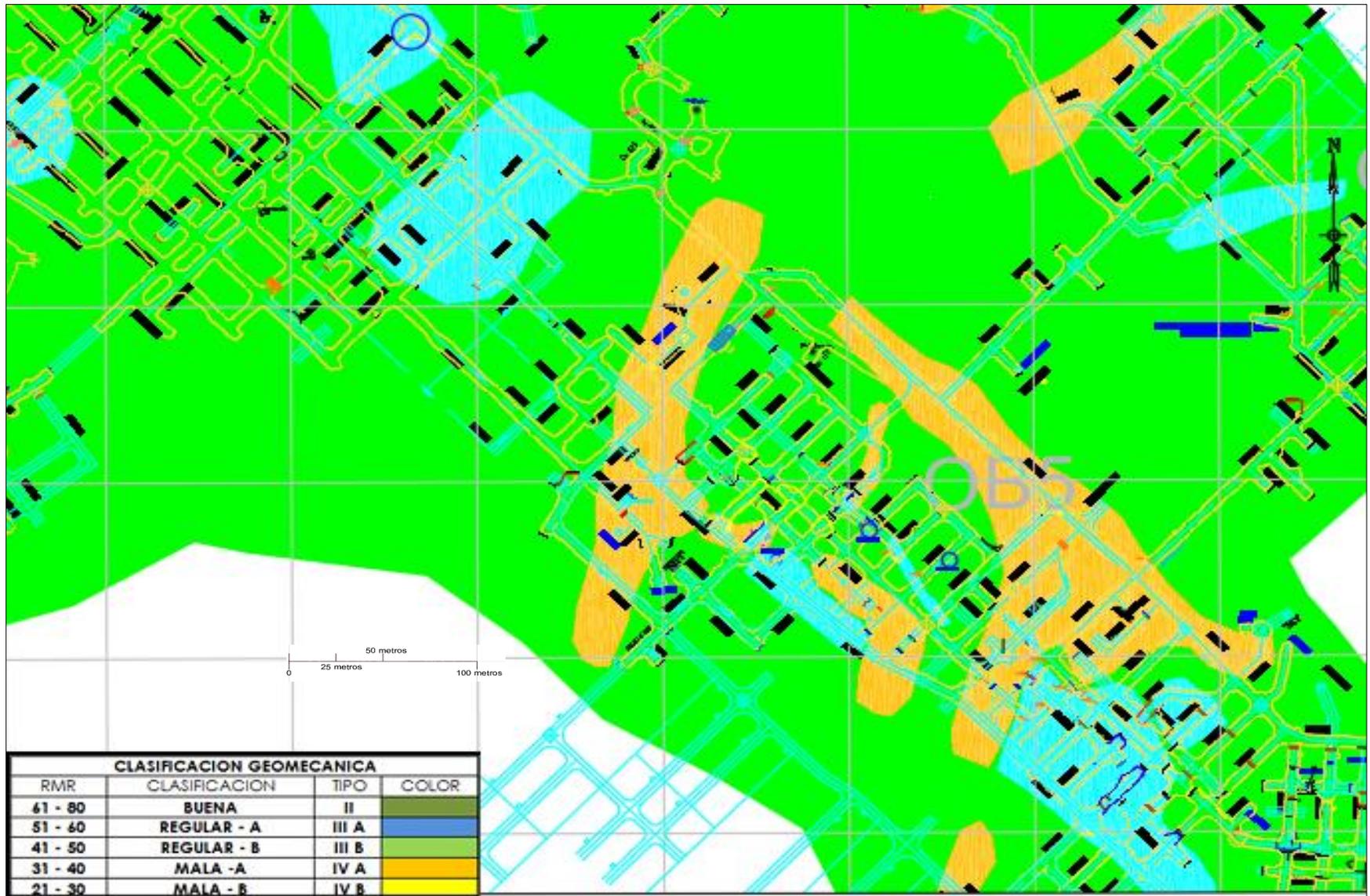
Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1680.



Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1710.

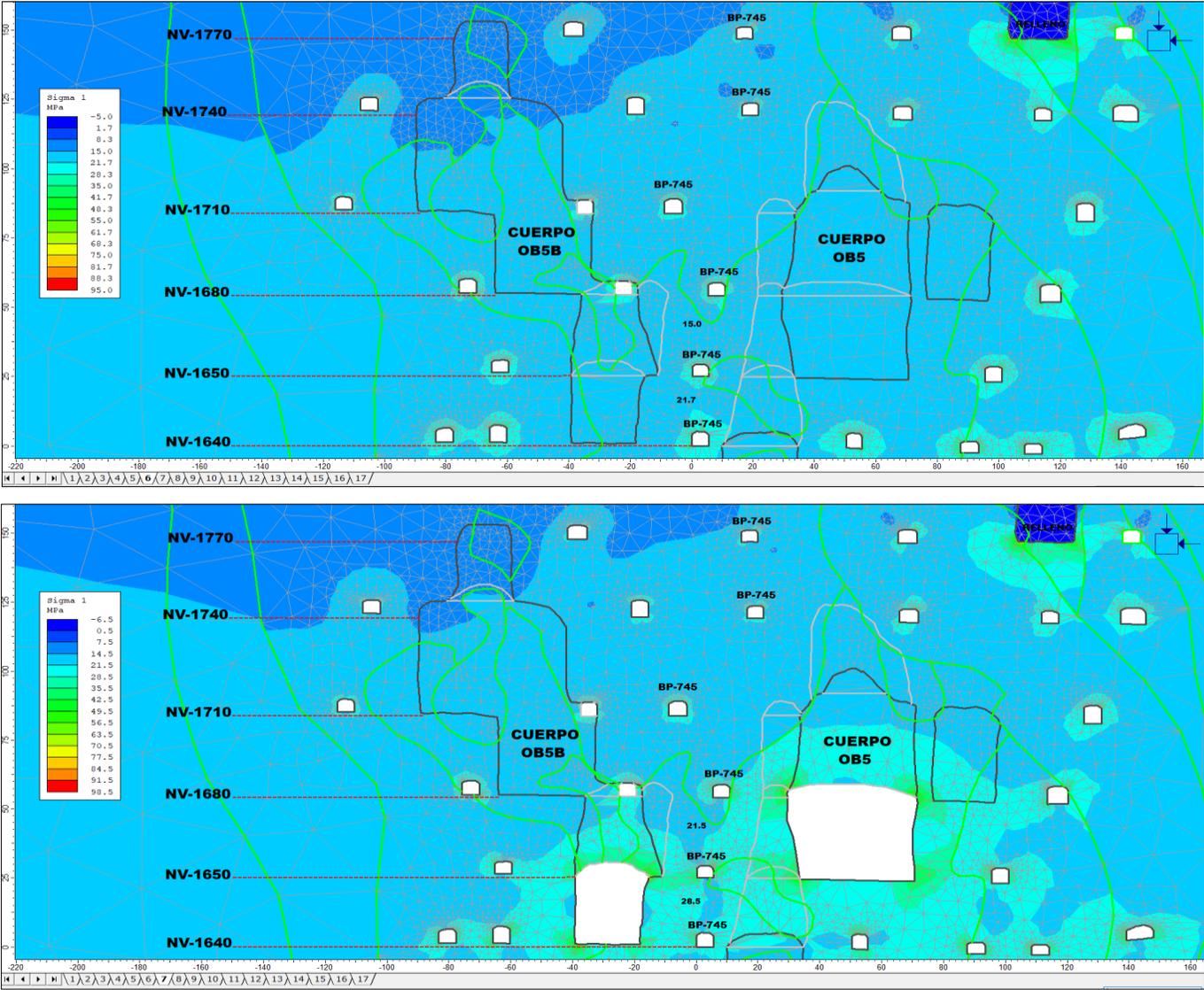


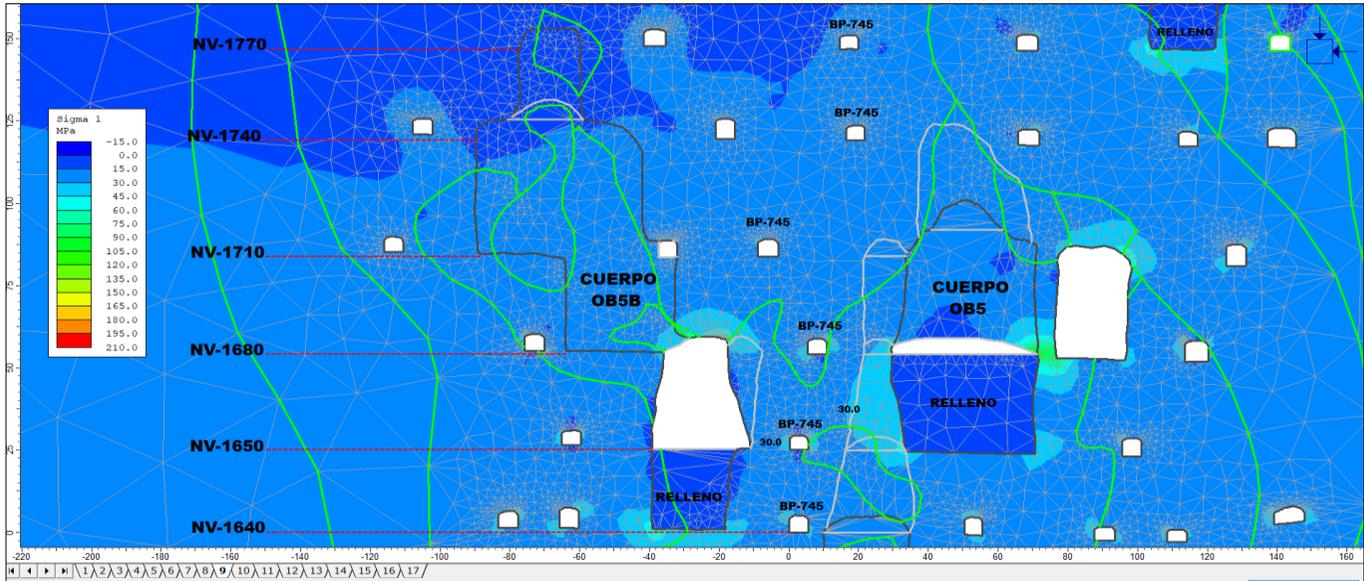
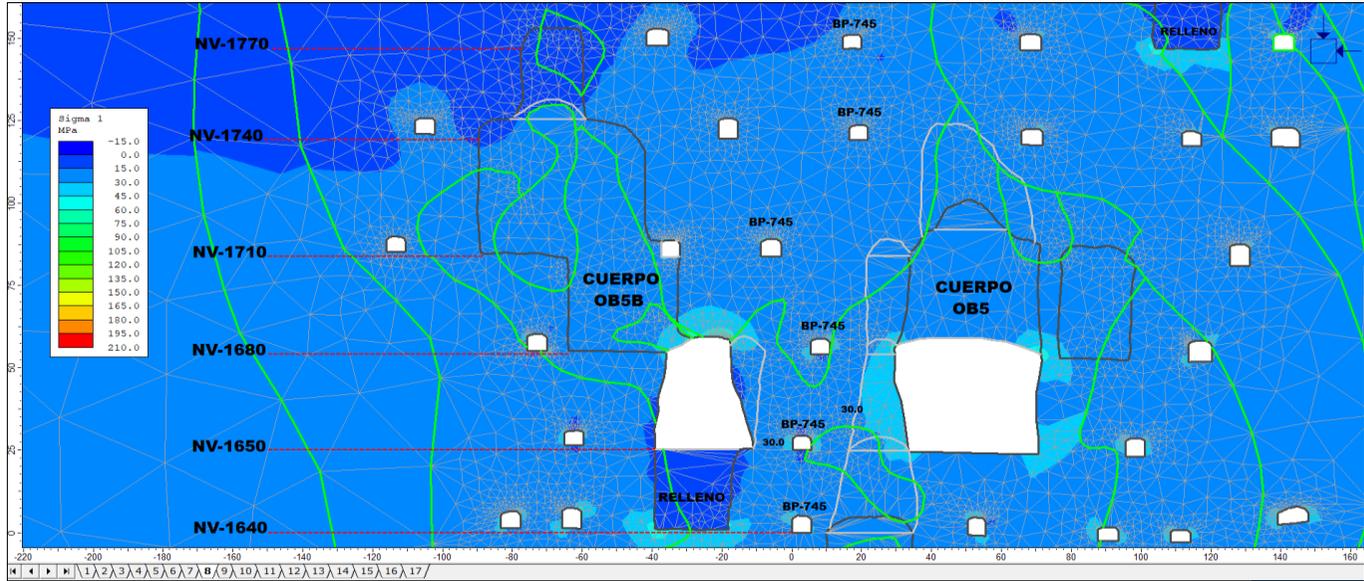
Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1740.

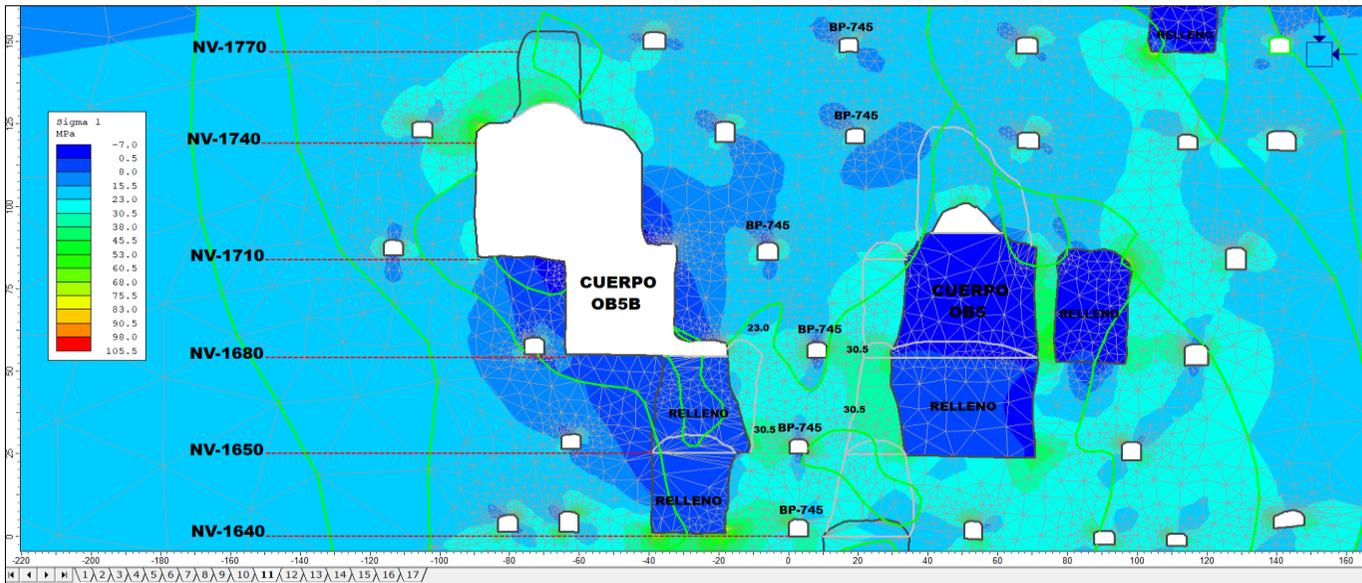
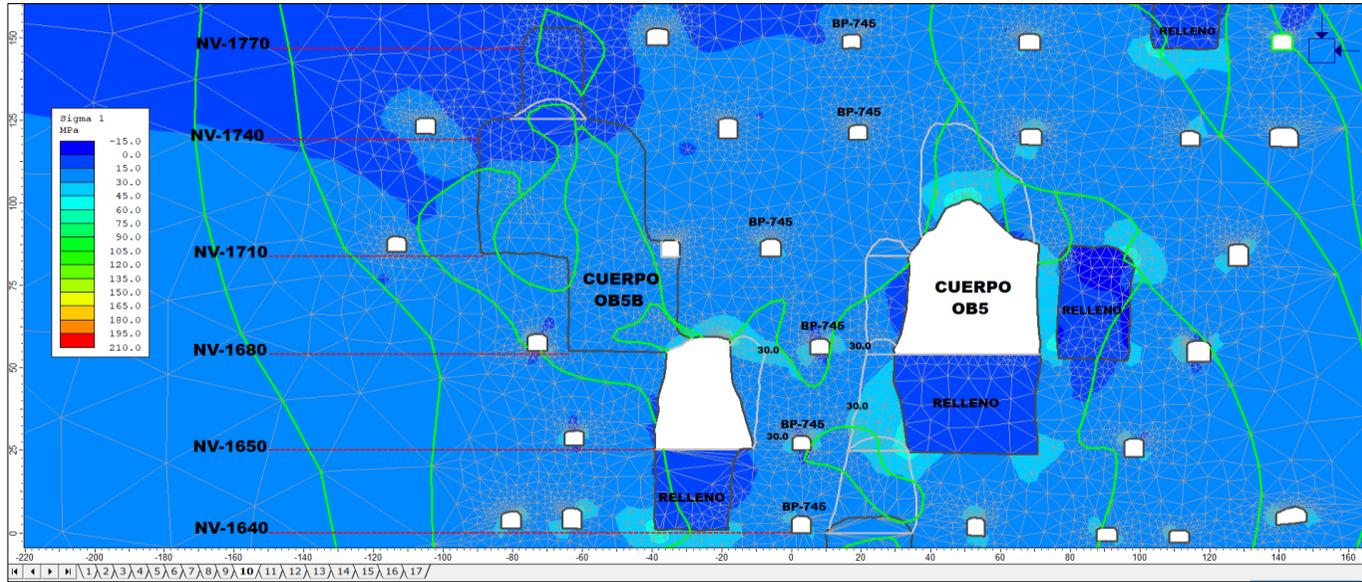


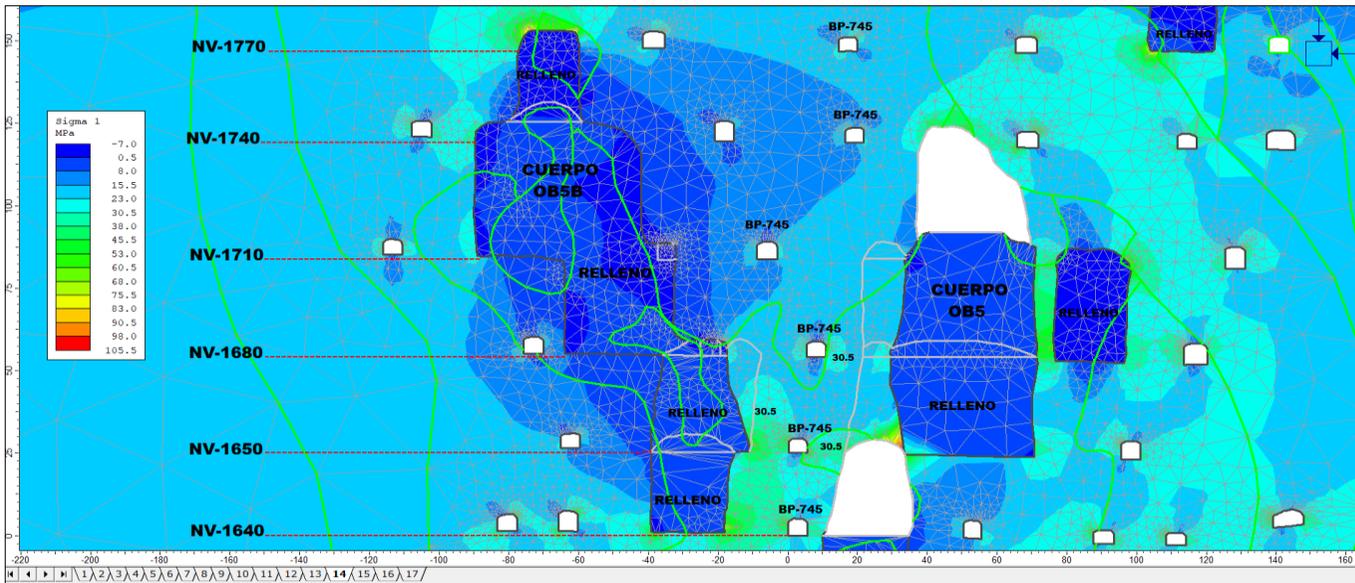
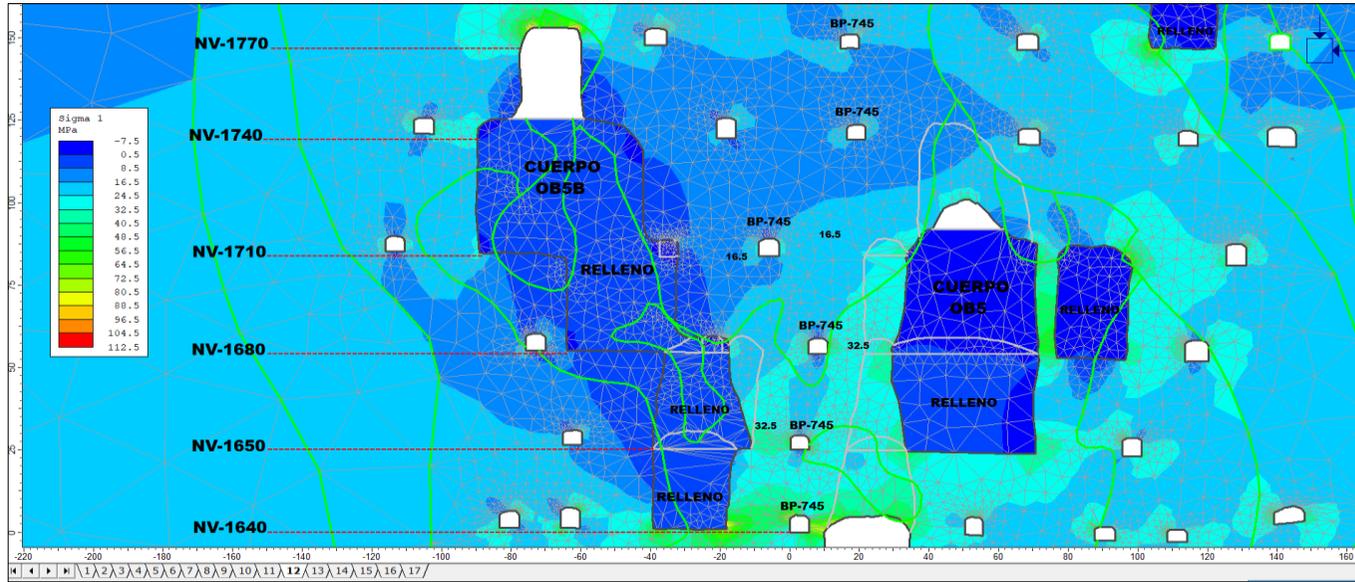
Nota: Tomado de la U.M. Cerro Lindo – NV 1770.

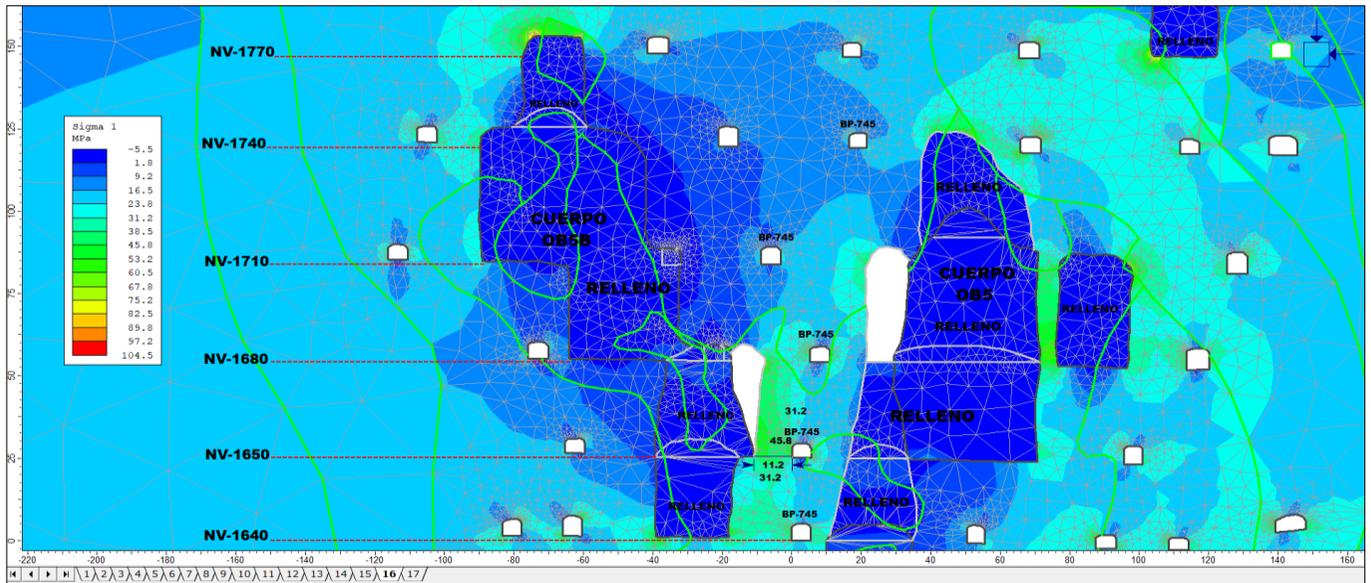
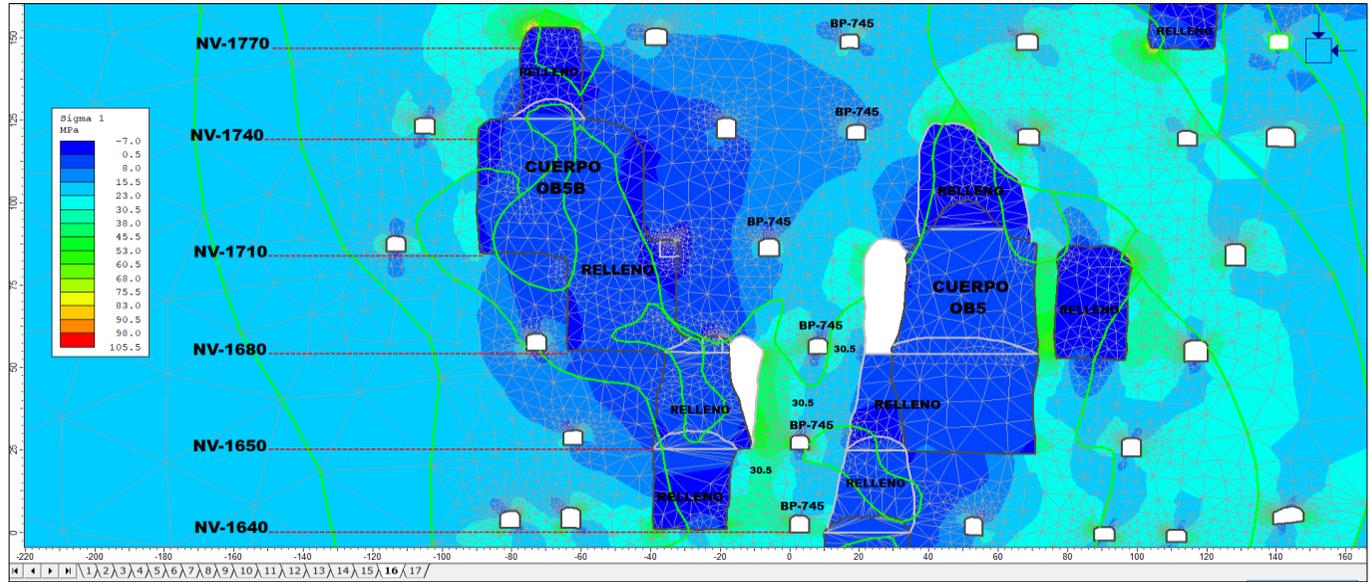
Anexo 5: Modelamiento Numérico con el programa phase2 de los esfuerzos inducidos principal (Sigma 1) en la sección 1 (S-1)



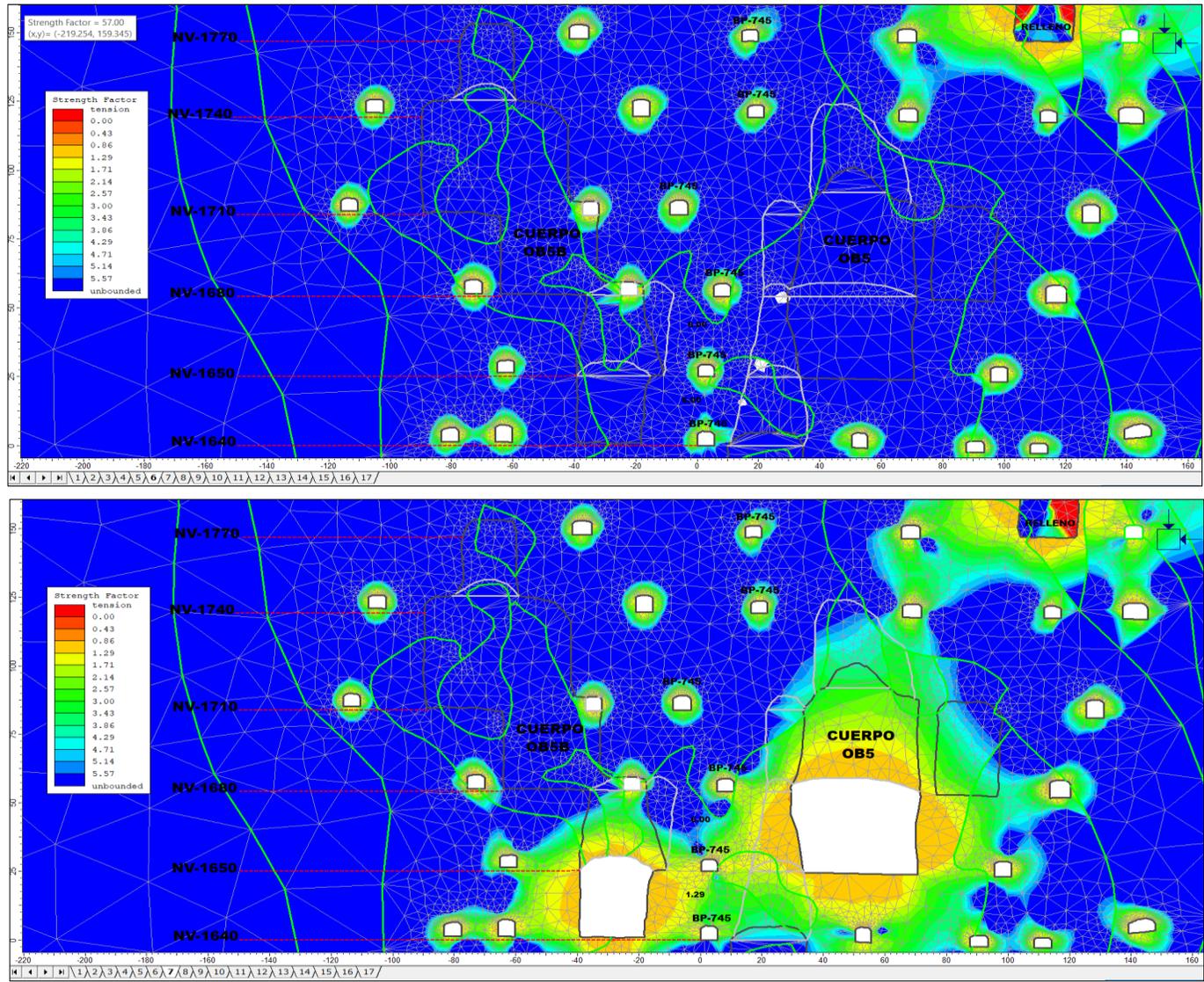


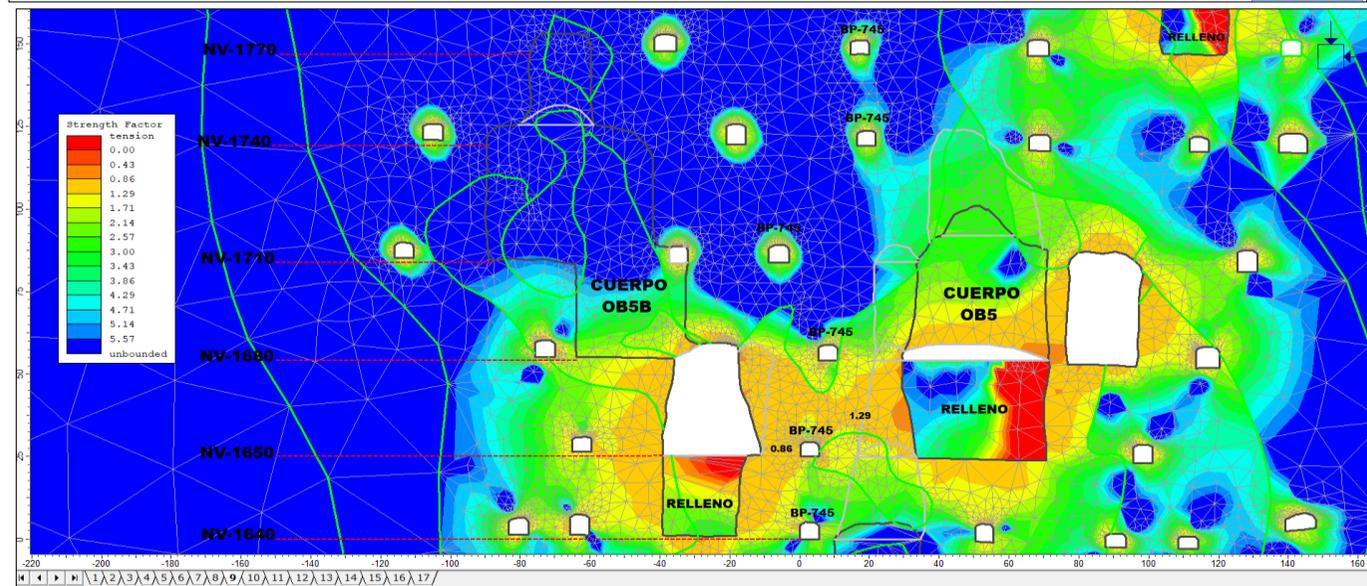
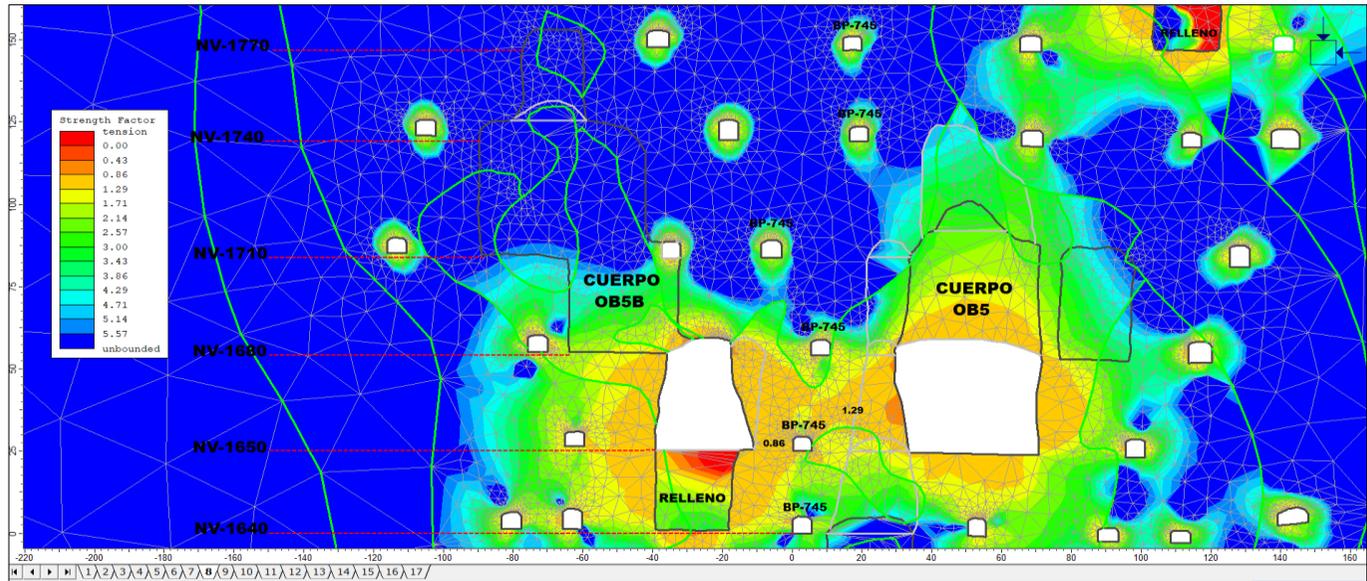


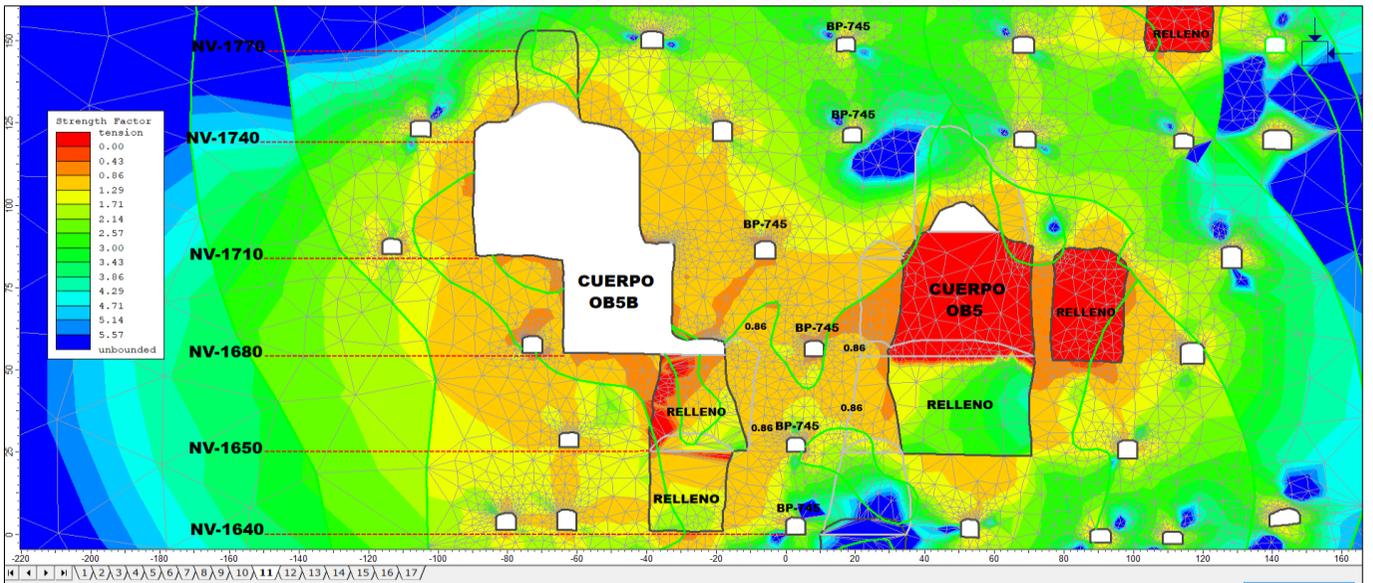
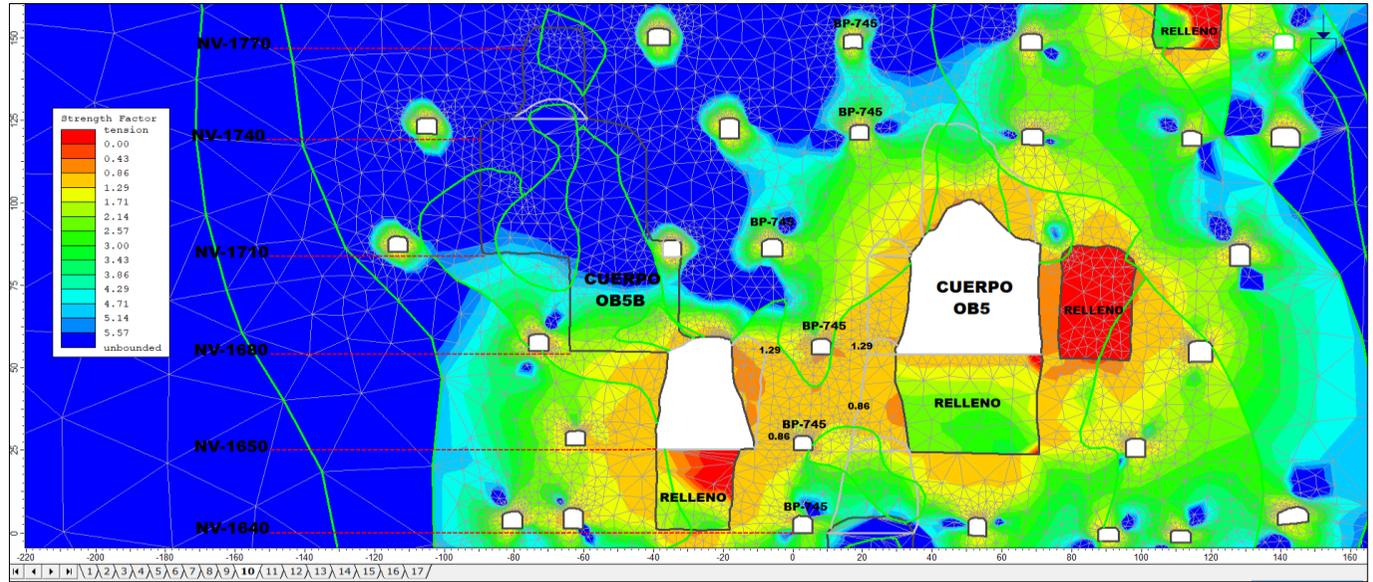


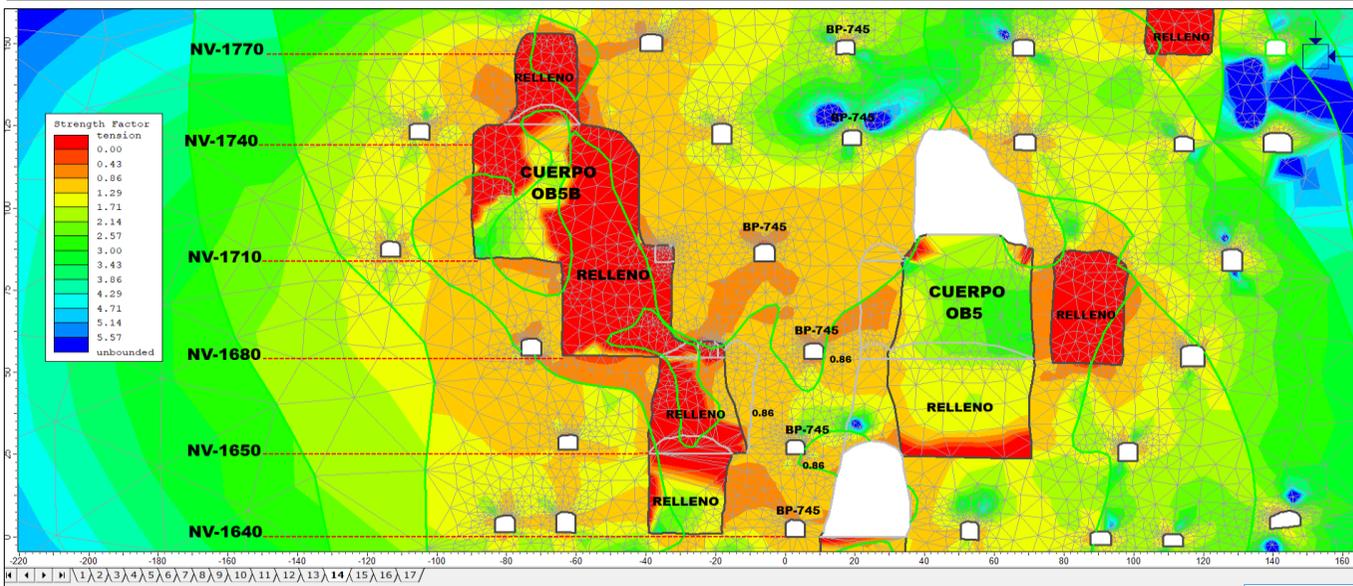
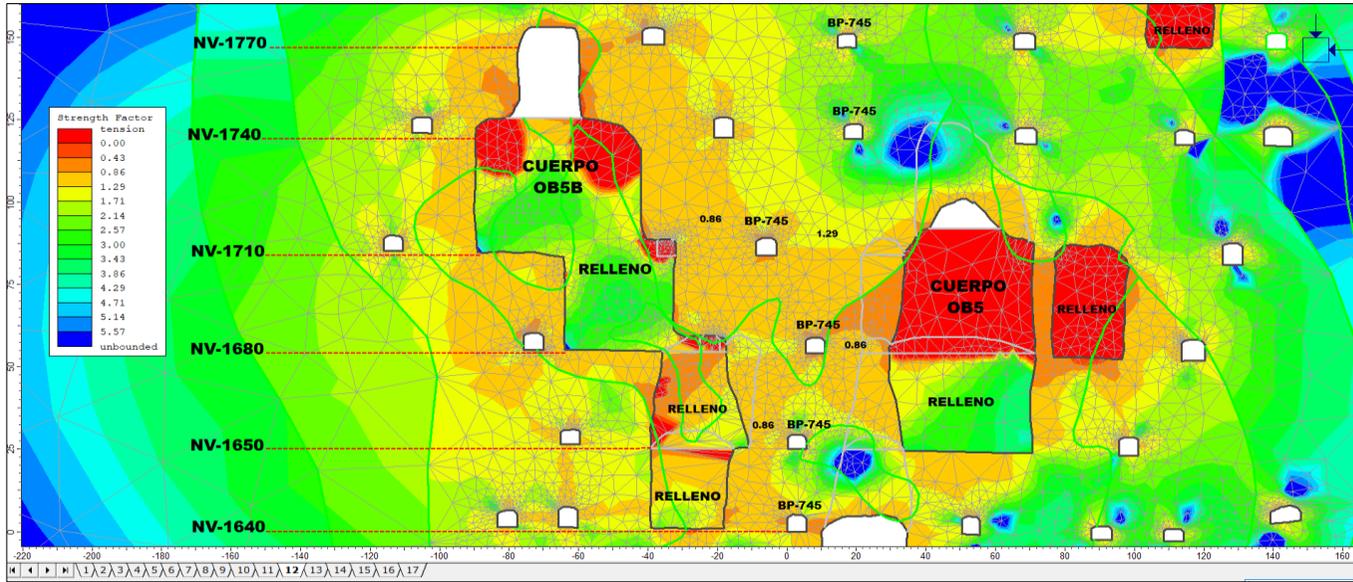


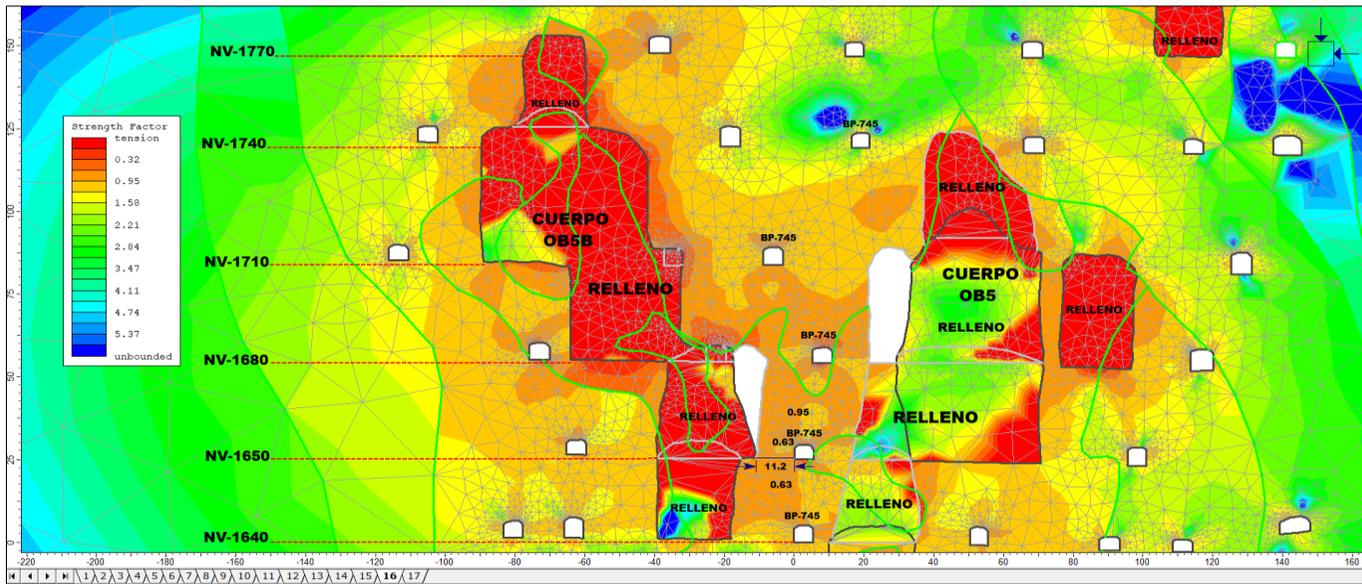
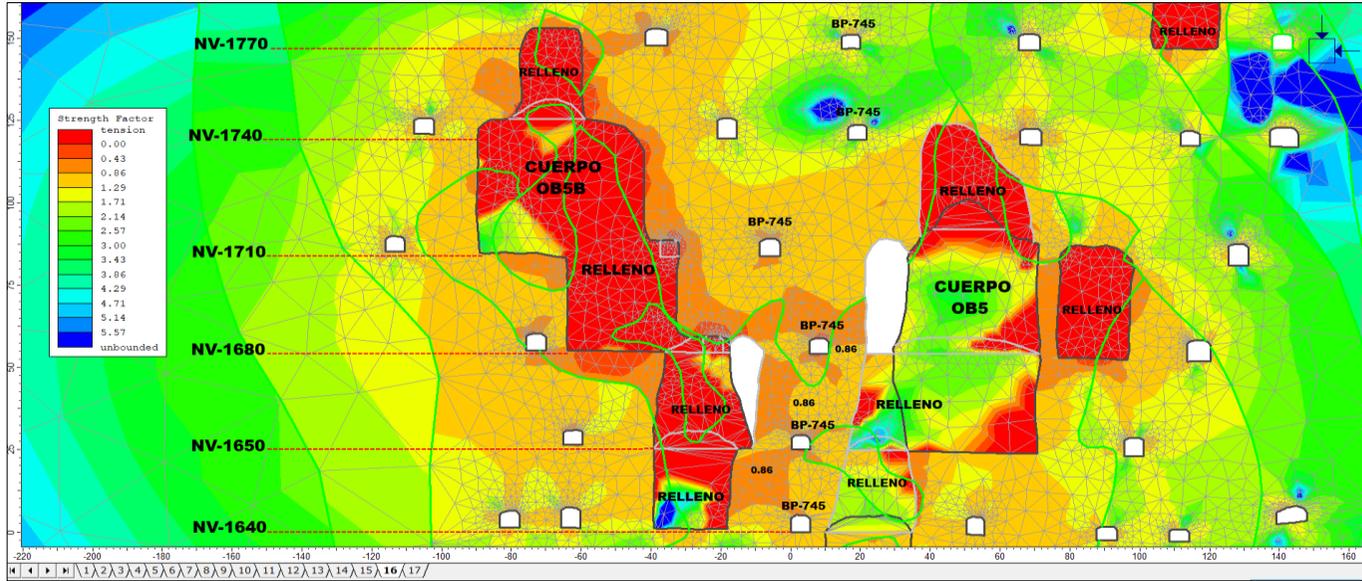
Anexo 6: Modelamiento Numérico con el programa phase2 de los factores de resistencia (FS) en la sección 1 (S1)



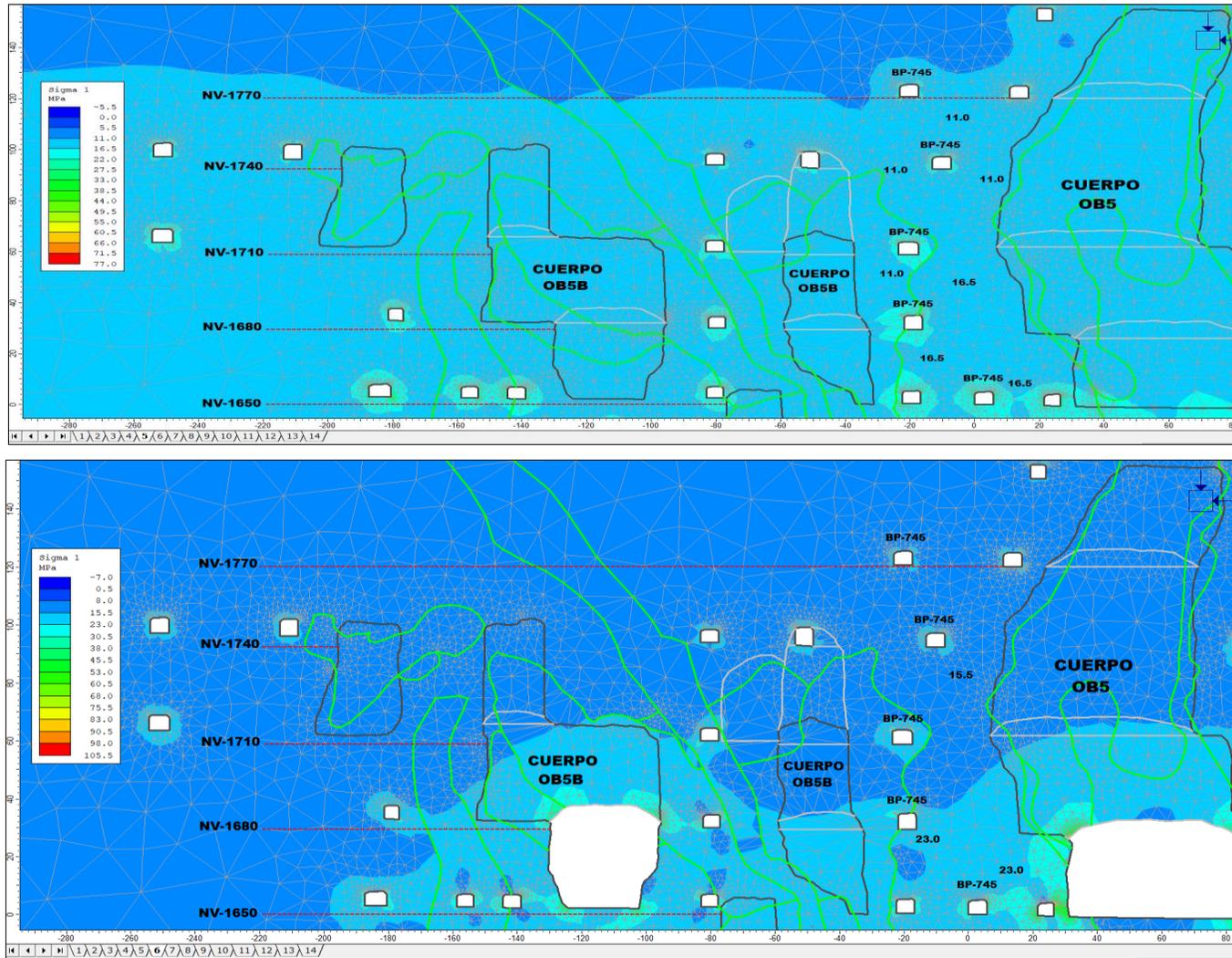


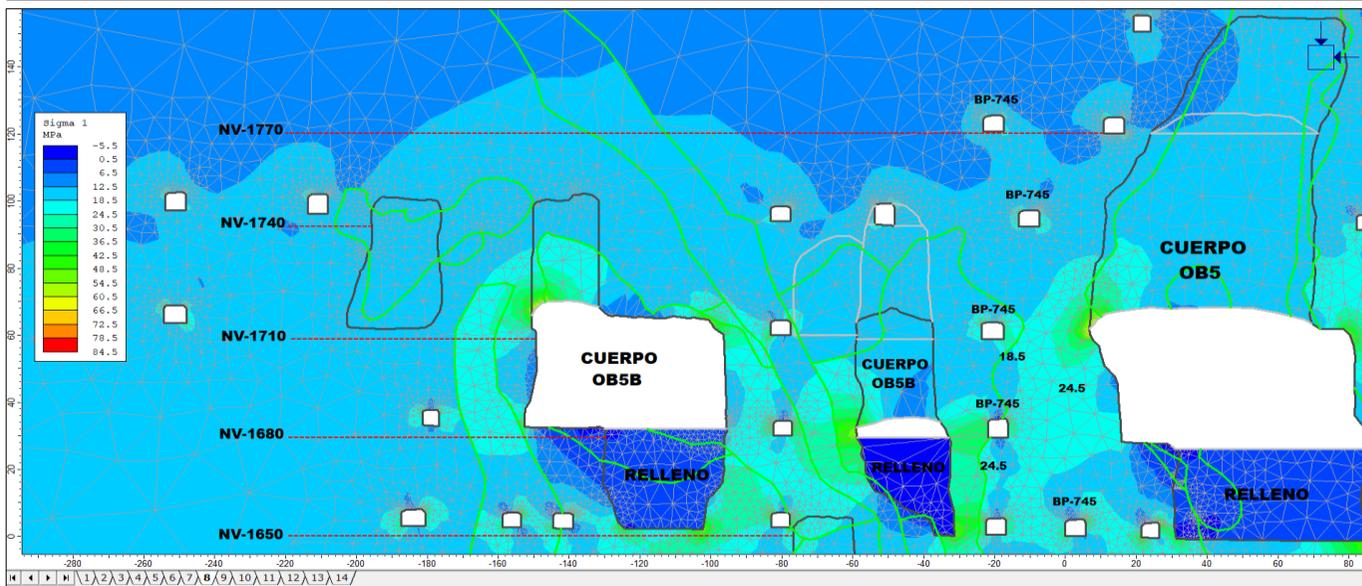
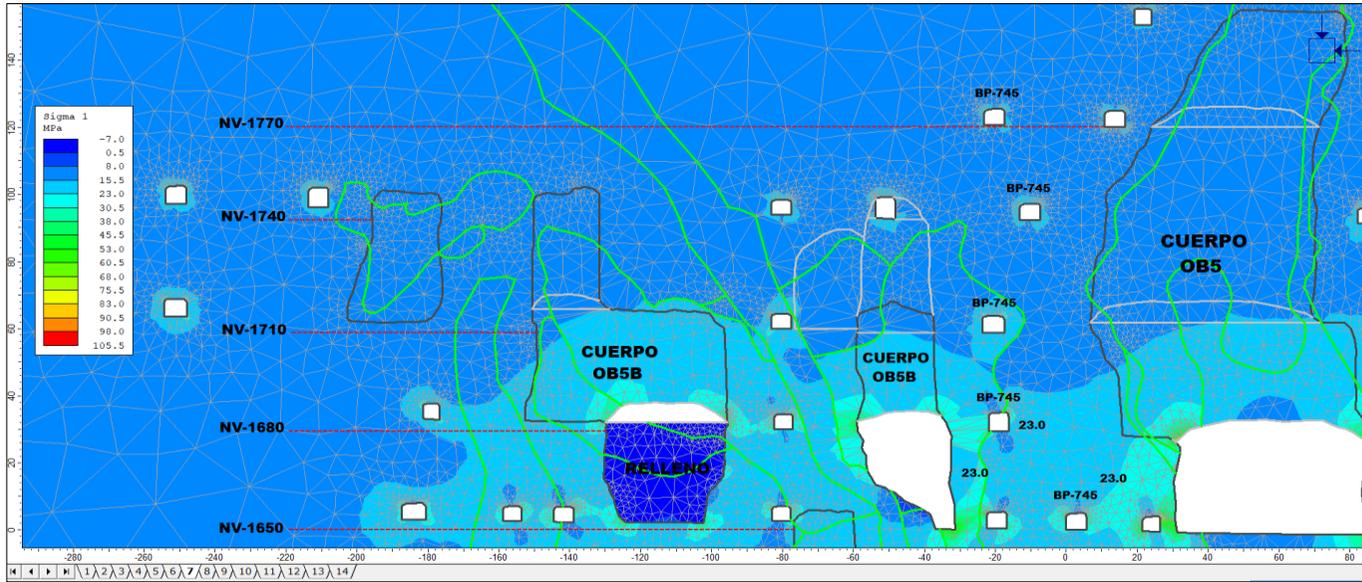


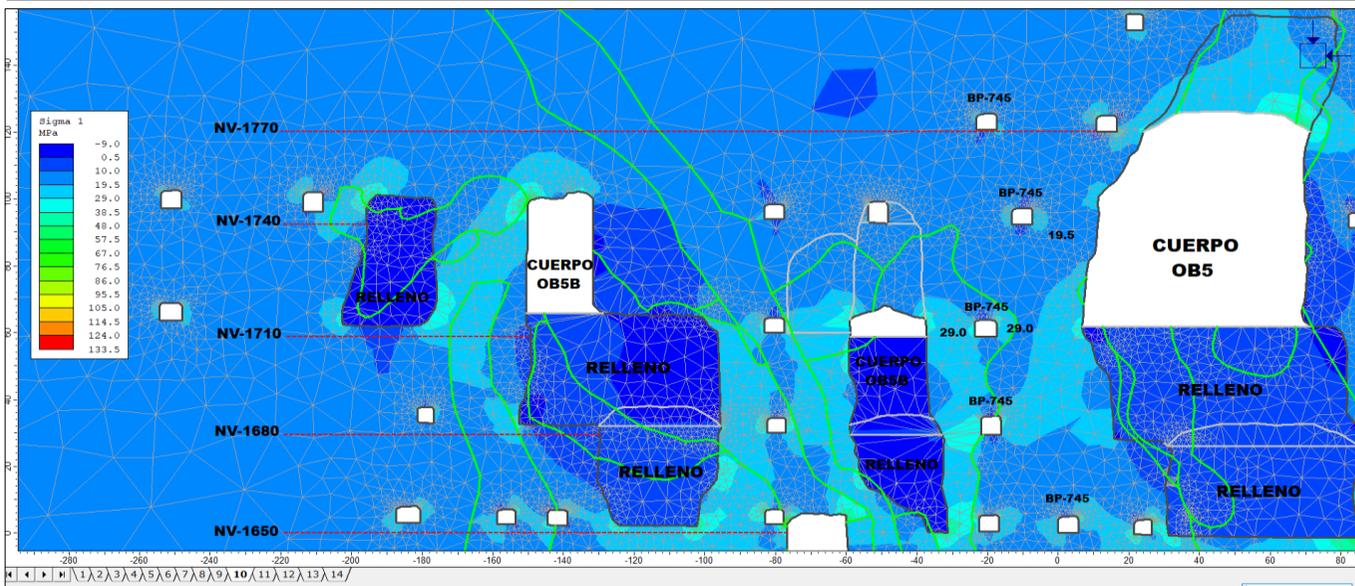
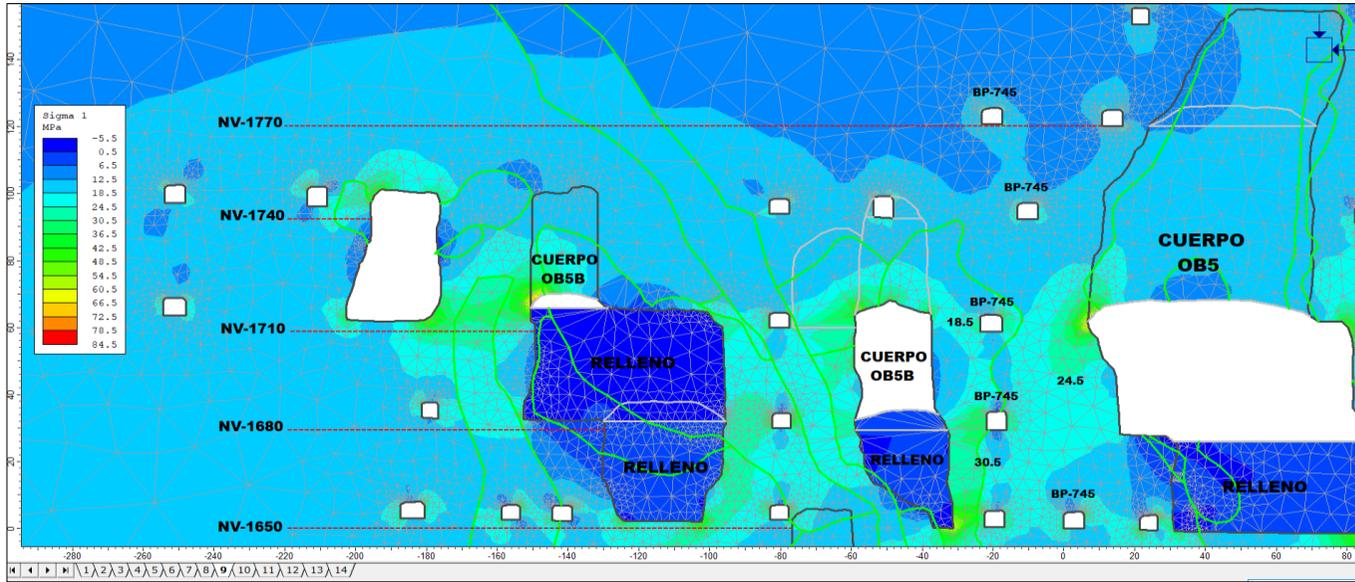


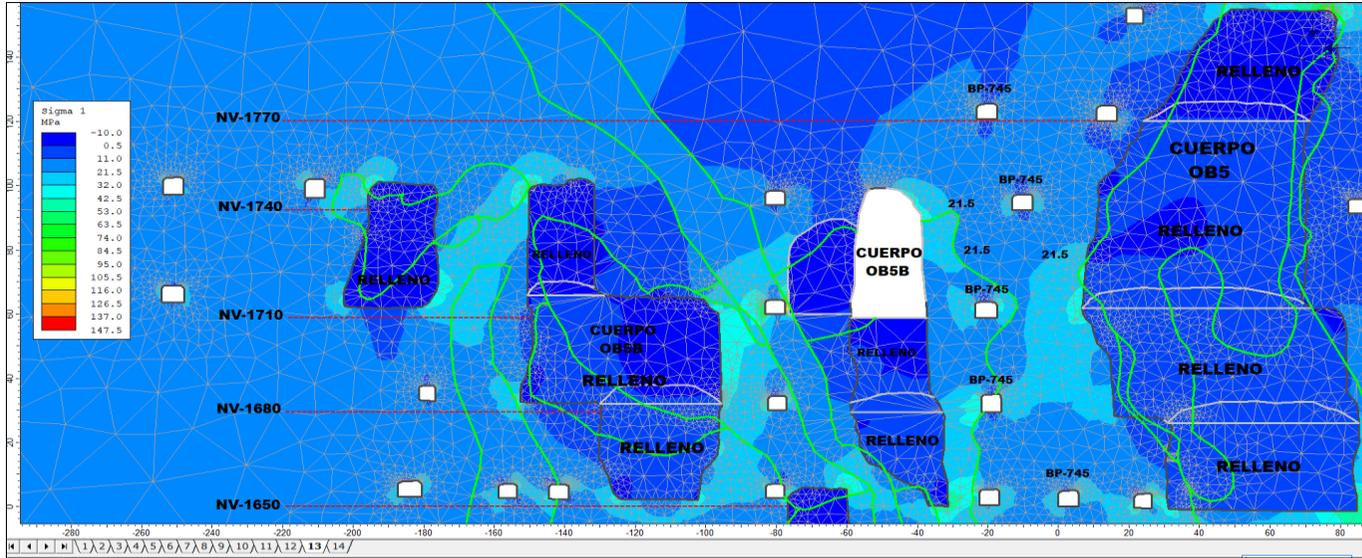
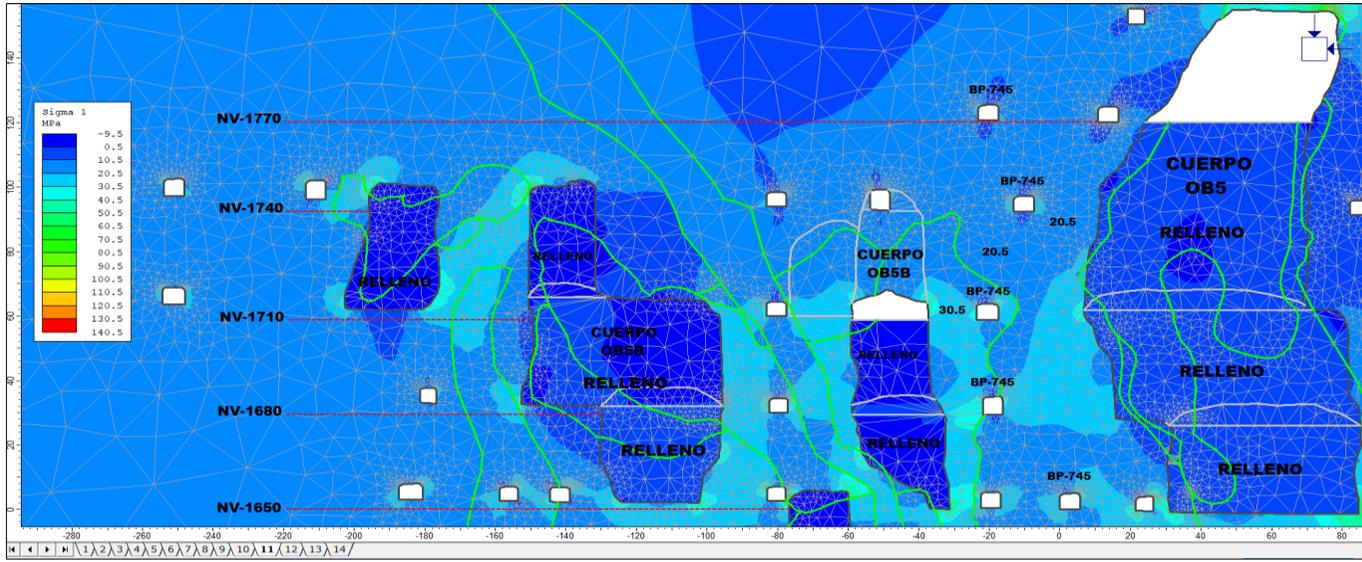


Anexo 7: Modelamiento Numérico con el programa phase2 de los esfuerzos inducidos principal (Sigma 1) en la sección 1 (S-2)

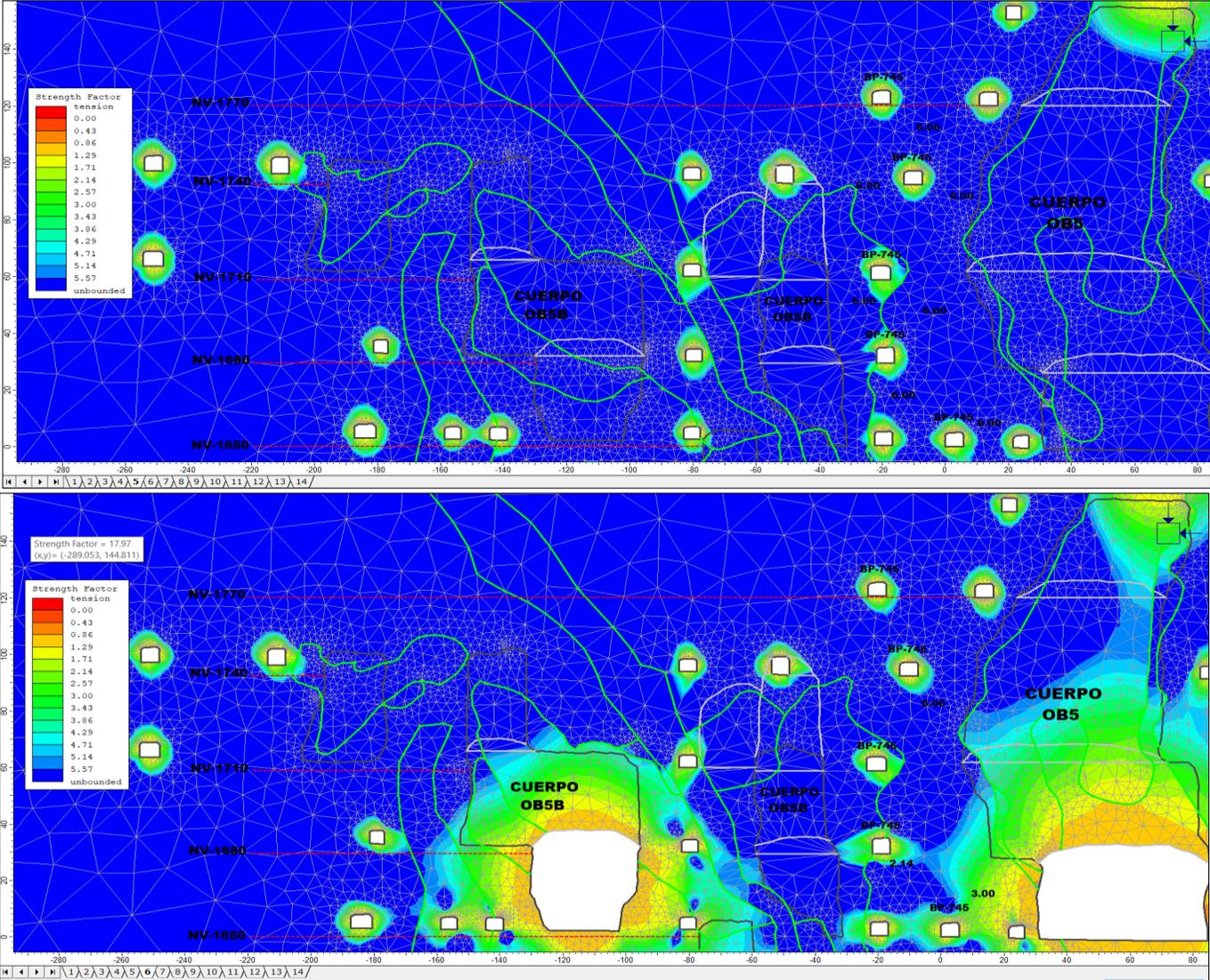


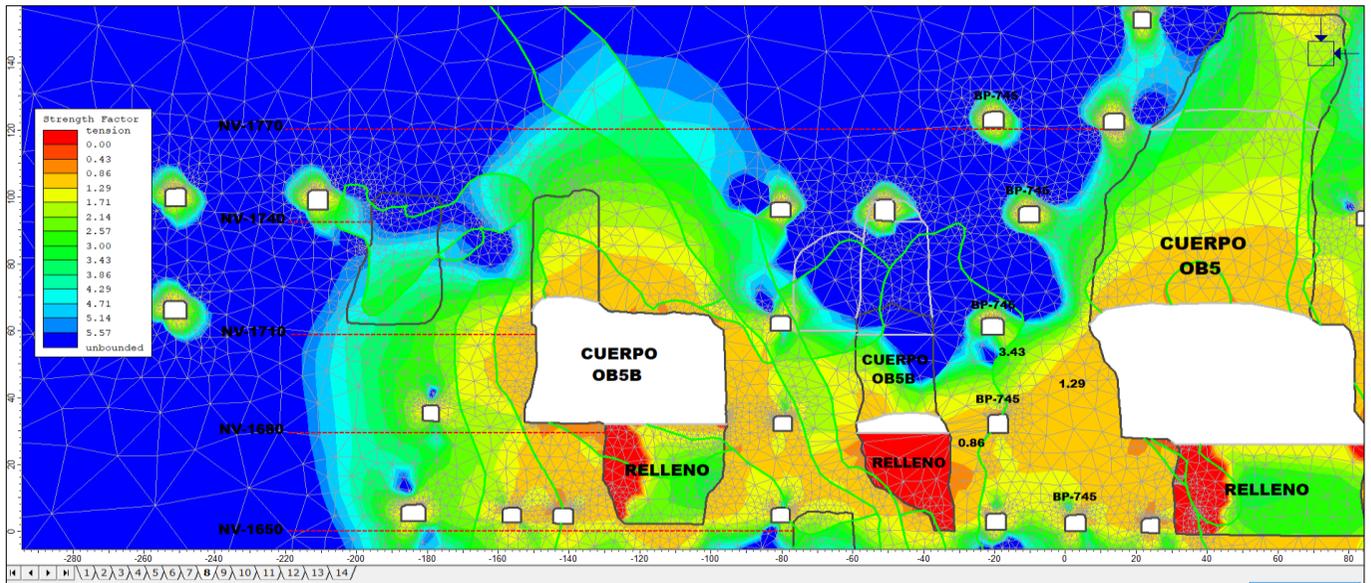
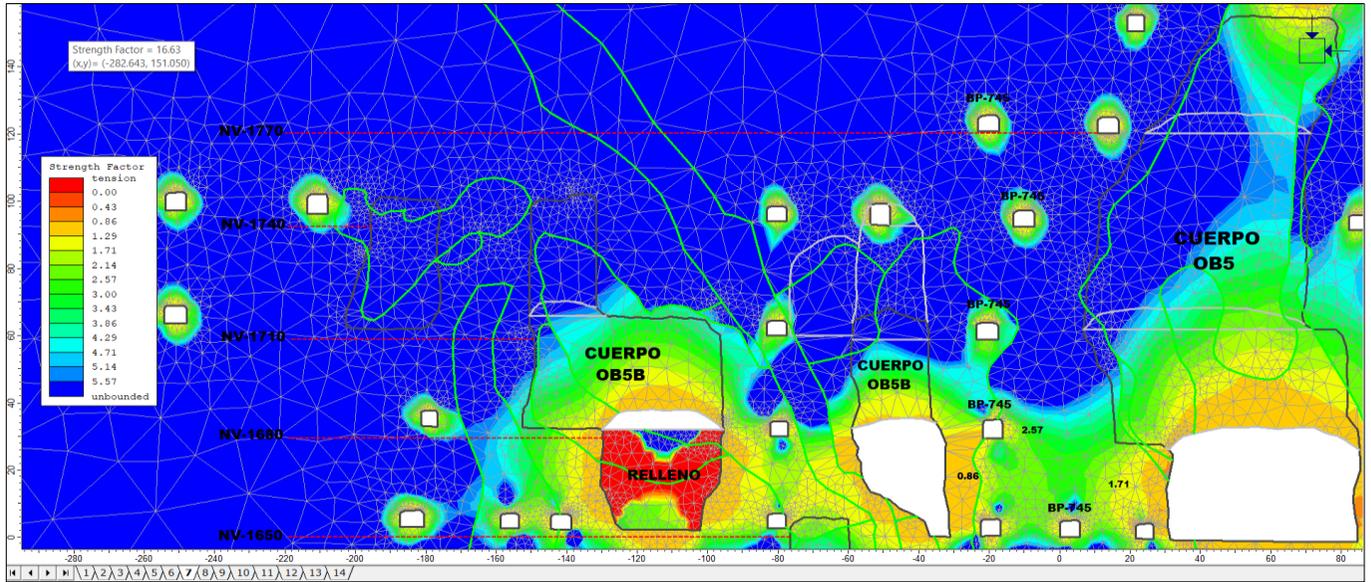


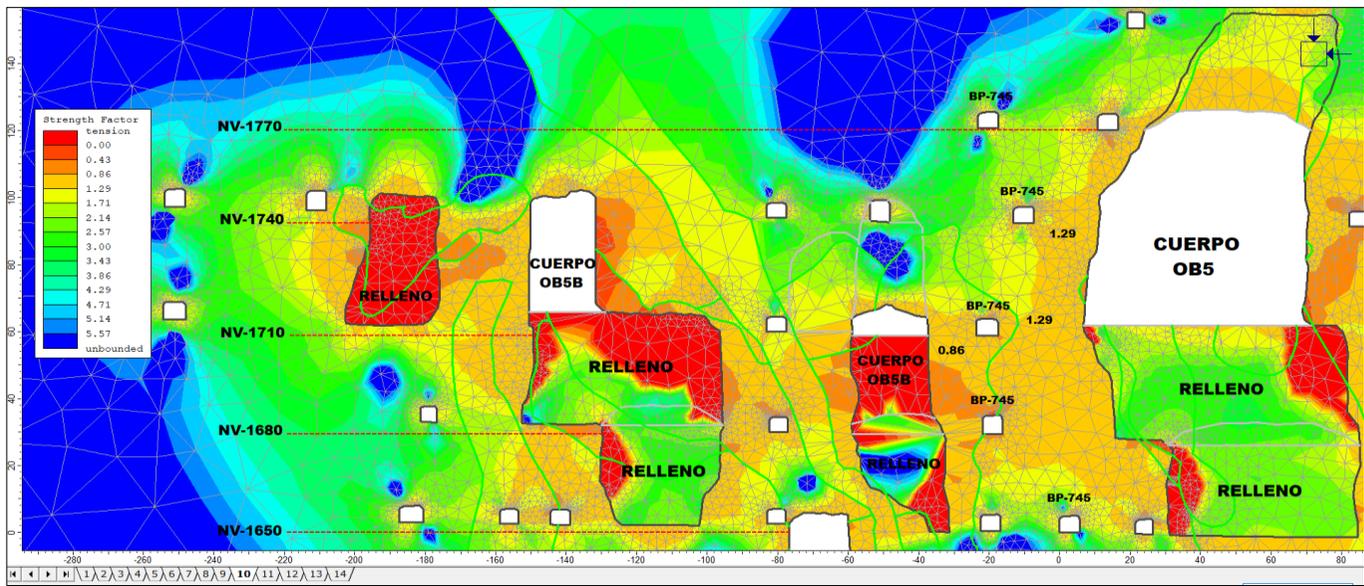
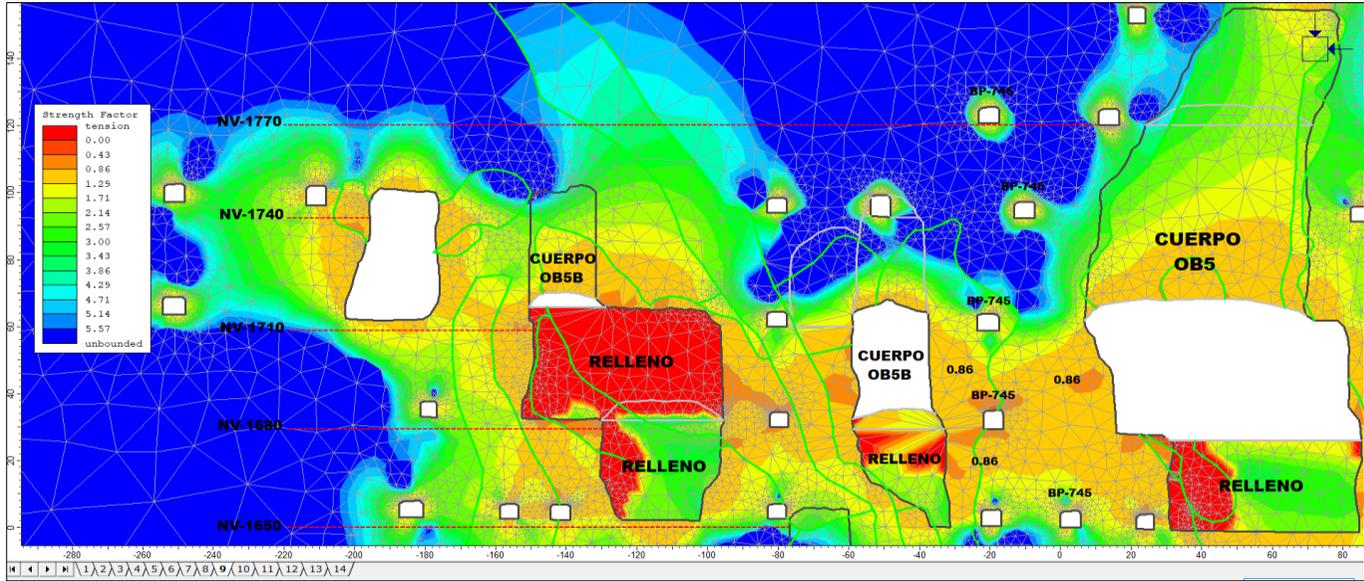


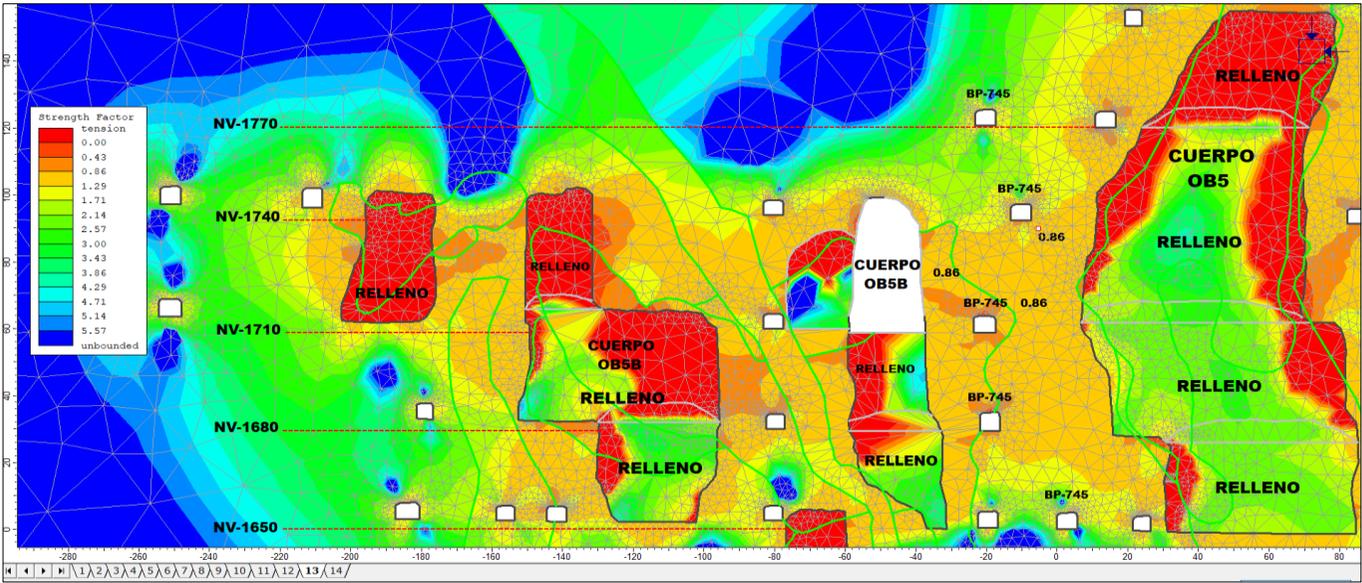
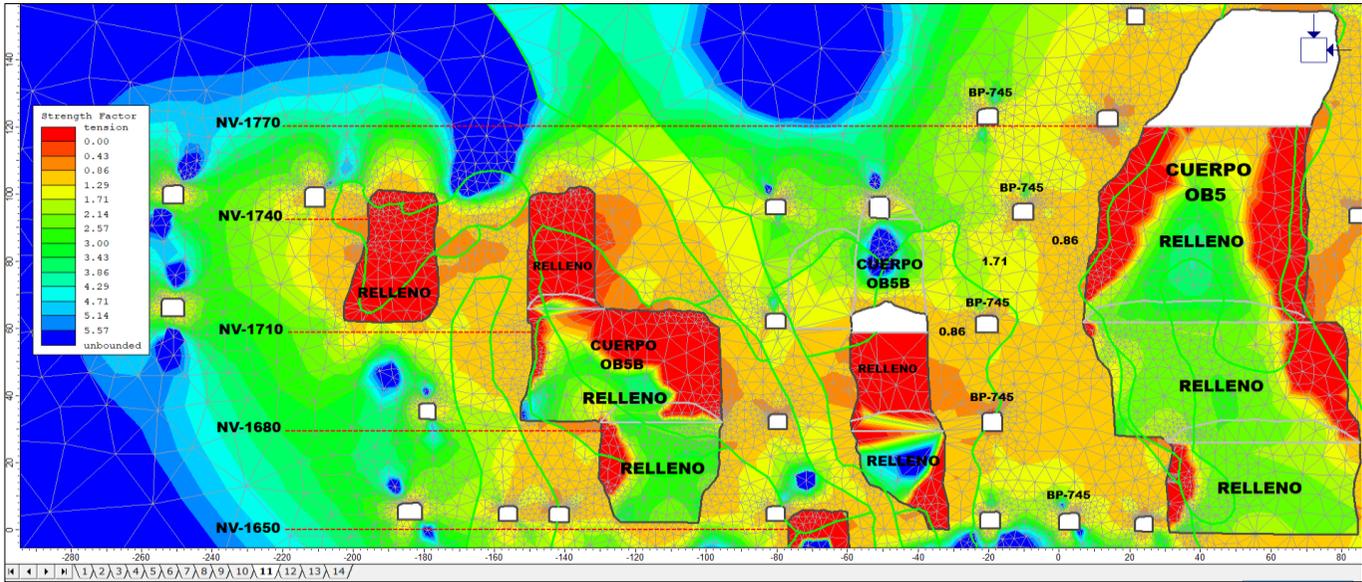


Anexo 8: Modelamiento Numérico con el programa phase2 de los factores de resistencia (FS) en la sección 1 (S-2)









Anexo 9: Resultados de ensayos de laboratorio de mecánica de rocas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Lima, 30 de Mayo del 2017

Informe N° 085/17/LMR/UNI

Señores
COMPAÑIA MINERA MILPO S.A.A.
Presente.-

De nuestra consideración:

En el presente se adjunta los resultados de los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Rocas asociados al proyecto "RECUPERACION DE CUERPOS EN MINA CERRO LINDO" ubicado en el distrito de Chavín, provincia de Chincha, departamento de Lima.

Atentamente,

MSc. Ing. Néstor David Córdova Rojas
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Rocas
Universidad Nacional de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

INFORME N° 085/17/LMR/UNI

ENSAYO DE PROPIEDADES FISICAS
ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA
ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ENSAYO DE CARGA PUNTUAL

Solicitado por:
COMPAÑIA MINERA MILPO S.A.A.

Muestra: Bloques Rocosos

Fecha: 30 de Mayo del 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 085/17/LMR/UNI
 Empresa: COMPAÑIA MINERA MILPO S.A.A.
 Proyecto: "RECUPERACION DE CUERPOS EN MINA CERRO LINDO"
 Fecha: 30/05/2017

ENSAYO DE PROPIEDADES FISICAS

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM C97-02, dando los siguientes resultados:

Muestra / Nivel	Litología / Zona	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Densidad Seca (g/cm ³)	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Peso Específico Aparente (kN/m ³)
M2 Nv. 1880	SPP OB5	4.89	2.05	4.38	4.39	0.91	0.21	43.03
		4.93	1.98	4.35	4.37	1.11	0.26	42.76
		4.96	1.86	4.24	4.25	1.14	0.27	41.60
		Promedio		4.33	4.34	1.05	0.24	42.47
M3 Nv. 1880	SPP OB5	4.97	2.05	4.59	4.60	0.50	0.11	45.05
		4.96	2.07	4.70	4.71	0.58	0.12	46.13
		4.70	2.00	4.54	4.55	0.52	0.11	44.57
		Promedio		4.61	4.62	0.53	0.12	45.25
M6 Nv. 1820	VOL CT OB5	4.91	1.86	2.84	2.85	1.16	0.41	27.94
		4.93	1.93	2.86	2.88	1.30	0.45	28.16
		4.93	1.70	2.85	2.86	0.89	0.31	28.03
		Promedio		2.85	2.86	1.12	0.39	28.04
M7 Nv. 1740	DIQUE AND OB5-OB2	4.91	1.97	2.70	2.72	1.85	0.69	26.57
		4.92	1.98	2.66	2.69	3.03	1.14	26.33
		4.92	1.96	2.68	2.70	2.23	0.83	26.49
		Promedio		2.68	2.70	2.37	0.88	26.46



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 085/17/LMR/UNI
 Empresa: COMPAÑIA MINERA MILPO S.A.A.
 Proyecto: "RECUPERACION DE CUERPOS EN MINA CERRO LINDO"
 Fecha: 30/05/2017

ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D2938-95, dando los siguientes resultados:

Muestra / Nivel	Litología / Zona	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga de rotura (kN)	Resistencia a la Compresión Uniaxial (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión Uniaxial (MPa)
M2 Nv. 1880	SPP OB5	4.93	9.95	62.0	332	32.5
M3 Nv. 1880	SPP OB5	4.94	9.84	95.5	508	49.8
M6 Nv. 1820	VOL CT OB5	4.93	9.88	141.8	758	74.3
M7 Nv. 1740	DIQUE AND OB5-OB2	4.93	9.82	259.5	1386	135.9

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 2664-95, dando los siguientes resultados:

Muestra / Nivel	Litología / Zona	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Confin. σ_3 (MPa)	Esfuerzo rotura σ_1 (MPa)	Resisten. Compres. Uniaxial (MPa)	Constante "mi"	Cohesión (MPa)	Ang. de Fricción Interno (°)
M2 Nv. 1880	SPP OB5	4.87	9.83	1	58.85	42.19	21.22	8.84	48.77
		4.92	9.89	2	57.32				
		4.93	9.89	3	67.50				
		4.90	9.85	4	78.85				
		4.85	9.83	5	81.98				
		4.96	9.94	6	83.19				
		4.87	9.84	7	95.90				
		4.92	9.88	8	108.09				
		4.92	9.91	9	111.50				



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 085/17/LMR/UNI
 Empresa: COMPAÑIA MINERA MILPO S.A.A.
 Proyecto: "RECUPERACION DE CUERPOS EN MINA CERRO LINDO"
 Fecha: 30/05/2017

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

... Continuación:

Muestra / Nivel	Litología / Zona	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Confin. σ_3 (MPa)	Esfuerzo rotura σ_1 (MPa)	Resisten. Compres. Uniaxial (MPa)	Constante "mi"	Cohesión (MPa)	Ang. de Fricción Interno (°)
M3 Nv. 1880	SPP OB5	4.99	9.88	1	48.31	40.42	22.01	8.97	48.27
		4.96	9.81	2	62.48				
		4.71	9.89	3	71.31				
		4.79	9.84	4	80.73				
		4.86	9.85	5	81.75				
		4.79	9.85	6	78.18				
		4.90	9.84	7	98.68				
		4.92	9.84	8	106.04				
		4.97	9.85	9	105.81				
M6 Nv. 1820	VOL CT OB5	4.93	9.84	1	75.99	55.32	26.17	10.27	52.66
		4.92	9.84	2	80.58				
		4.93	9.78	3	83.68				
		4.93	9.90	4	92.67				
		4.93	9.87	5	96.98				
		4.90	9.83	6	111.67				
		4.91	9.84	7	122.61				
		4.92	9.80	8	133.48				
		4.93	9.87	9	143.50				
M7 Nv. 1740	DIQUE AND OB5-OB2	4.94	9.85	1	130.23	110.14	28.98	17.52	56.36
		4.95	9.84	2	139.62				
		4.94	9.85	3	146.03				
		4.92	9.88	4	160.35				
		4.93	9.86	5	167.58				
		4.93	9.85	6	180.92				
		4.94	9.88	7	185.58				
		4.94	9.85	8	205.75				
		4.93	9.85	9	219.89				



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 085/17/LMR/UNI
 Empresa: COMPAÑIA MINERA MILPO S.A.A.
 Proyecto: "RECUPERACION DE CUERPOS EN MINA CERRO LINDO"
 Fecha: 30/05/2017

ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA (Brasilero)

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D3967-95, dando los siguientes resultados:

Muestra / Nivel	Litología / Zona	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kN)	Resist. a la tracción (kg/cm ²)	Resist. a la tracción (MPa)
M2 Nv. 1880	SPP OB5	5.36	2.62	5.2	24	2.4
		5.35	2.68	4.3	19	1.9
		5.35	2.64	4.9	23	2.2
Promedio					22	2.2
M3 Nv. 1880	SPP OB5	5.36	2.66	5.3	24	2.4
		5.36	2.72	4.9	22	2.1
		5.36	2.72	4.4	20	1.9
Promedio					22	2.1
M6 Nv. 1820	VOL CT OB5	5.36	2.73	11.6	51	5.0
		5.36	2.66	10.6	48	4.7
		5.36	2.67	9.8	44	4.4
Promedio					48	4.7
M7 Nv. 1740	DIQUE AND OB5-OB2	5.37	2.59	27.5	128	12.6
		5.37	2.66	26.2	119	11.7
		5.37	2.57	29.5	139	13.6
Promedio					129	12.6



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 085/17/LMR/UNI
Empresa: COMPAÑIA MINERA MILPO S.A.A.
Proyecto: "RECUPERACION DE CUERPOS EN MINA CERRO LINDO"
Fecha: 30/05/2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Los ensayos se realizaron sobre discontinuidad con caras paralelas a la dirección de corte, según norma ASTM D5607-95, dando los siguientes resultados.

Muestra / Nivel	Litología / Zona	Diámetro (cm)	Tipo de discontinuid.	Fuerza Normal (kN)	Fuerza de Corte (kN)	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción Residual (°)
M2 Nv. 1880	SPP OB5	5.35	Simulada	2.50	1.60	0.092	28.17
				5.00	2.80		
				7.50	4.20		
				10.00	5.60		
M3 Nv. 1880	SPP OB5	5.35	Simulada	2.50	1.70	0.097	29.71
				5.00	3.00		
				7.50	4.50		
				10.00	5.90		
M6 Nv. 1820	VOL CT OB5	5.36	Simulada	2.50	1.70	0.110	29.88
				5.00	3.10		
				7.50	4.50		
				10.00	6.20		
M7 Nv. 1740	DIQUE AND OB5-OB2	5.36	Simulada	2.50	1.70	0.127	29.29
				5.00	3.10		
				7.50	4.40		
				10.00	6.10		
				12.50	7.20		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Informe: N° 085/17/LMR/UNI
 Empresa: COMPAÑIA MINERA MILPO S.A.A.
 Proyecto: "RECUPERACION DE CUERPOS EN MINA CERRO LINDO"
 Fecha: 30/05/2017

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D5731-02, dando los siguientes resultados:

Muestra / Nivel	Litología / Zona	Diámetro equivalente "De" (mm)	Carga de rotura (kN)	Índice de carga puntual "I _c " (MPa)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
M2 Nv. 1880	SPP OB5	42.2	2.7	1.52	32.5
		41.8	3.9	2.25	48.0
		41.4	2.2	1.29	27.5
		41.8	2.0	1.13	24.2
		42.5	2.9	1.60	34.3
		41.8	4.0	2.29	48.8
Promedio				1.68	35.9
M3 Nv. 1880	SPP OB5	43.5	1.8	0.94	20.3
		43.5	2.1	1.10	23.8
		43.5	2.0	1.05	22.7
		45.6	1.7	0.82	18.1
		43.5	2.2	1.16	25.0
		45.6	1.9	0.92	20.3
Promedio				1.00	21.7
M6 Nv. 1820	VOL CT OB5	41.8	8.8	5.05	107.7
		42.5	7.6	4.17	89.5
		42.5	6.9	3.81	81.8
		41.8	8.4	4.81	102.5
		42.2	6.8	3.84	82.1
		41.8	8.4	4.80	102.2
Promedio				4.41	94.3
M7 Nv. 1740	DIQUE AND OB5-OB2	41.8	13.2	7.54	160.7
		41.8	8.9	5.09	108.6
		42.5	10.3	5.69	122.1
		41.8	15.5	8.85	188.6
		41.8	11.6	6.66	141.9
		41.8	9.1	5.21	111.0
Promedio				6.51	138.8

Nota:

- La empresa solicitante es responsable de la toma de muestra en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

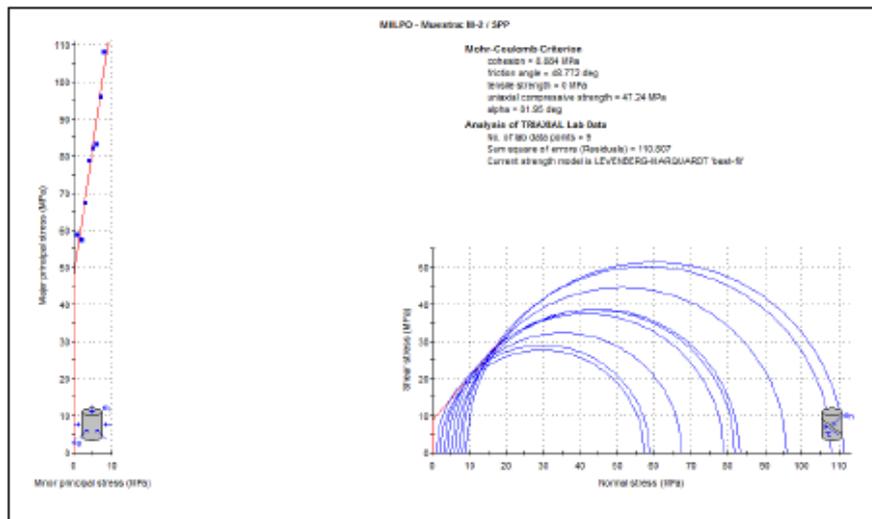
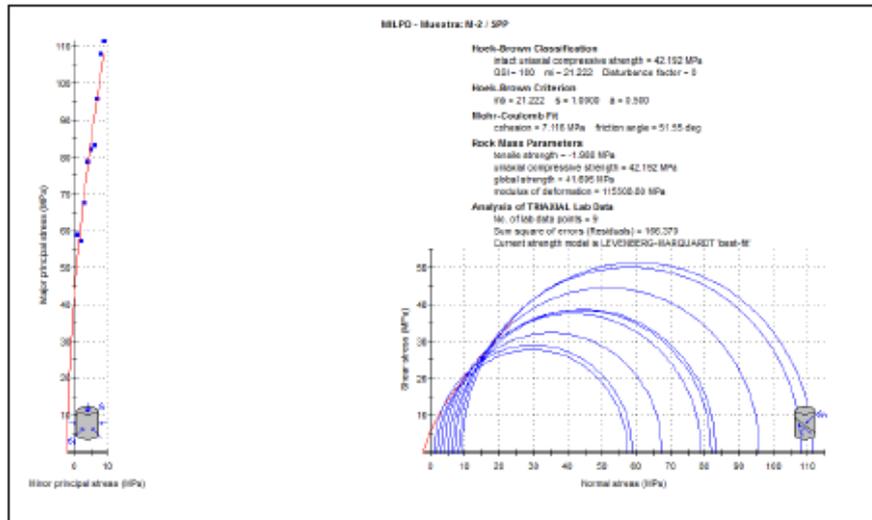
GRAFICOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

GRAFICOS: COMPRESION TRIAXIAL

Muestra: M-2 / Nv. 1880 / SPP / OBS



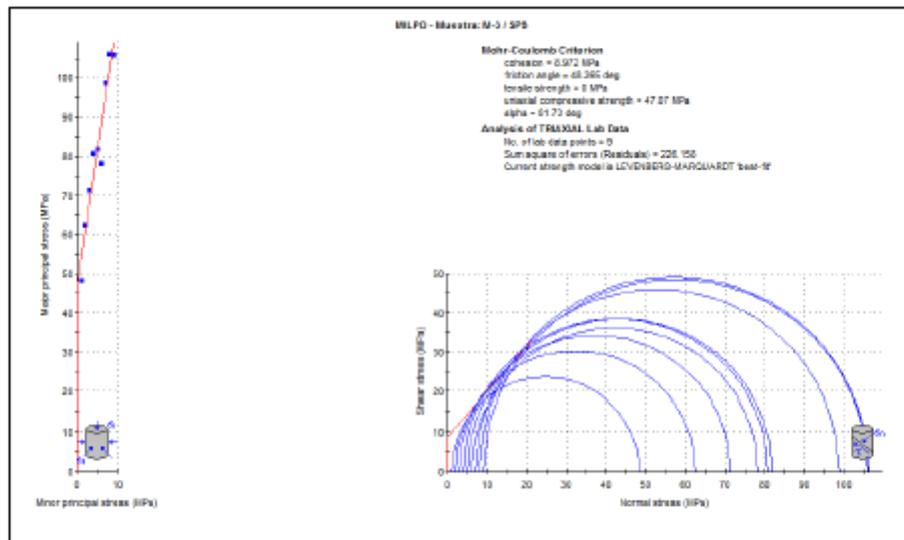
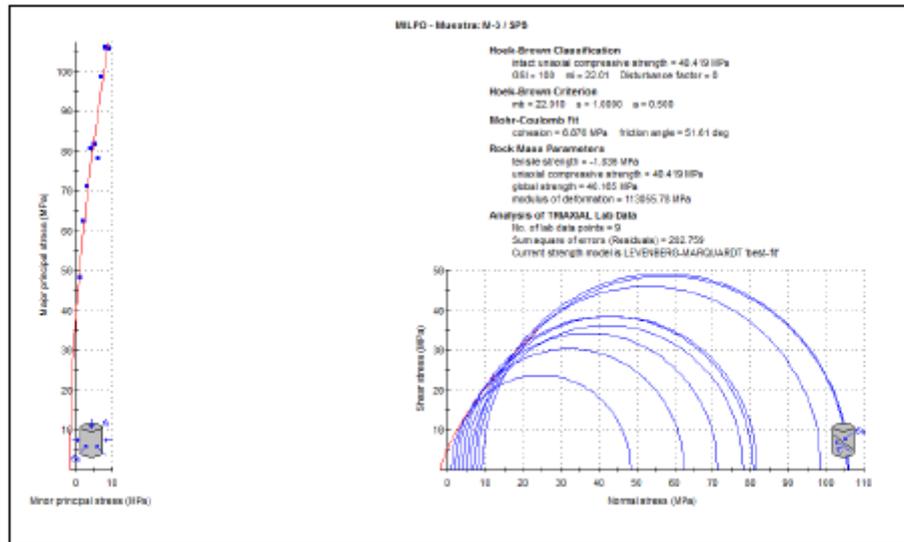


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

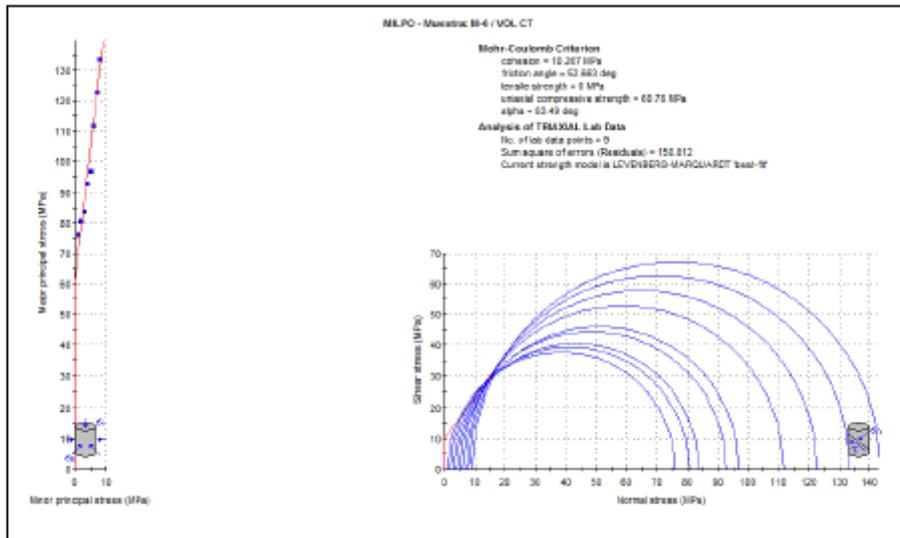
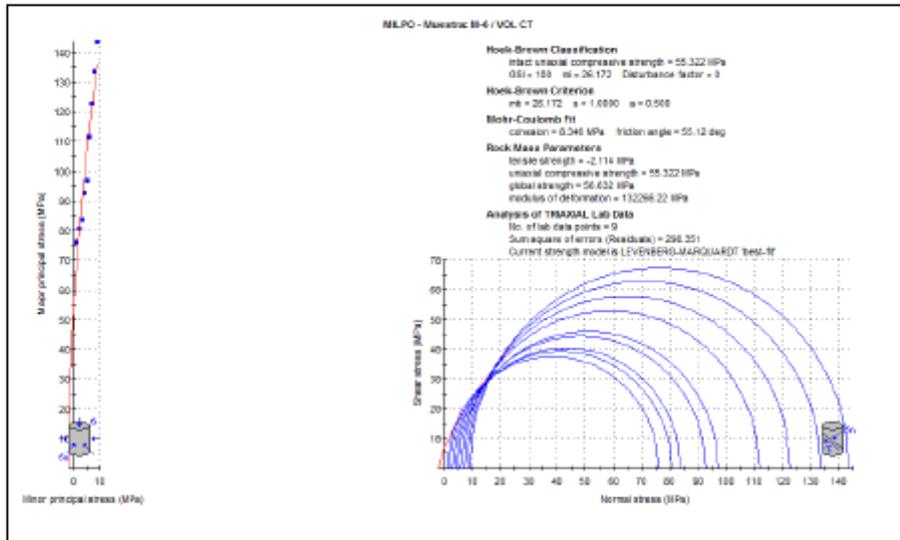
Muestra: M-3 / Nv. 1880 / SPB / OBS





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: M-6 / Nv. 1820 / VOL CT / O85



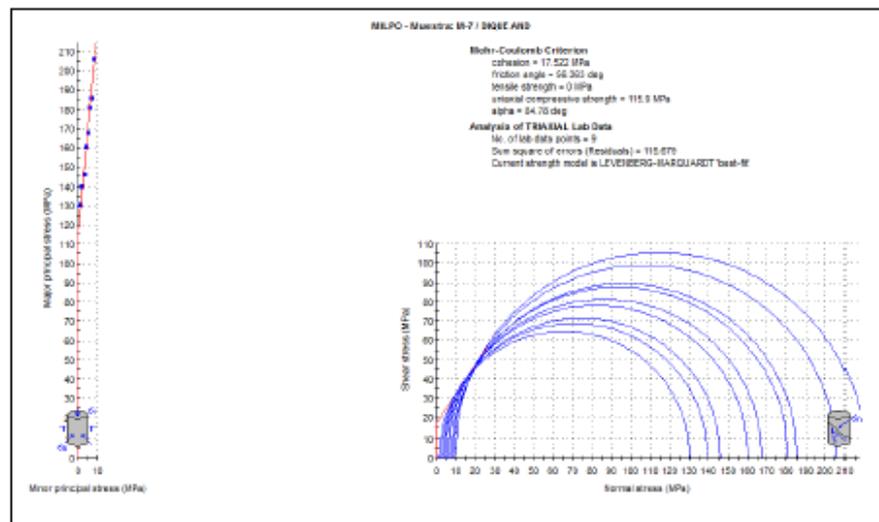
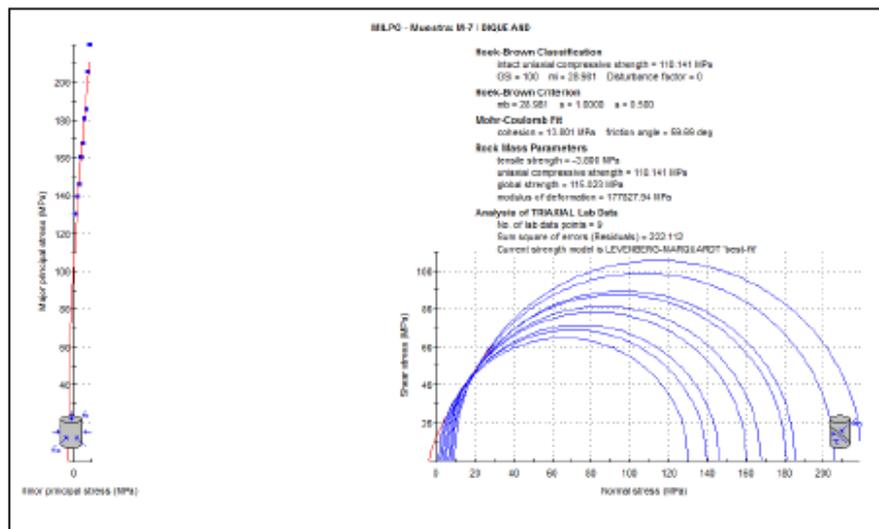


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: M-7 / Nv. 1740 / DIQUE AND / OBS-0B2





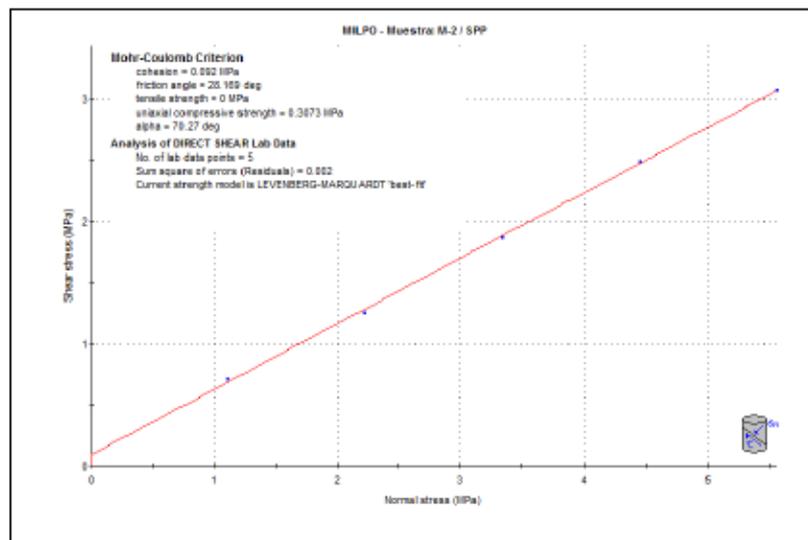
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

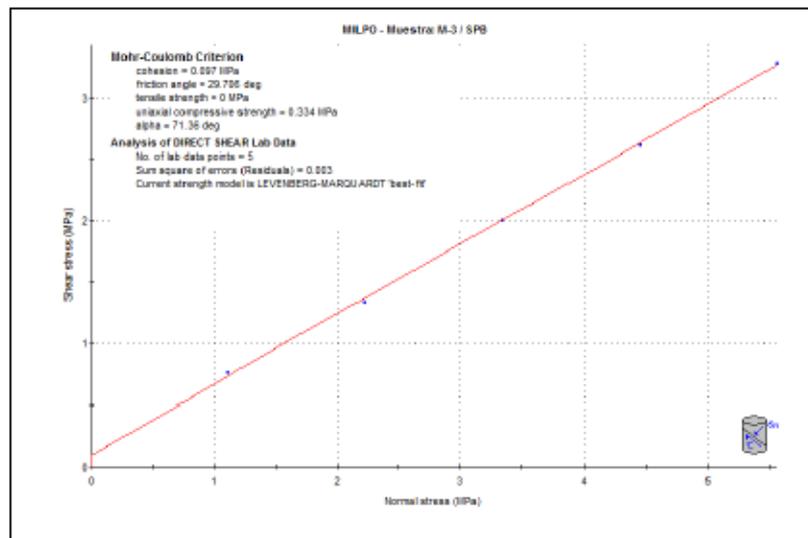
Laboratorio de Mecánica de Rocas

GRAFICOS: CORTE DIRECTO

Muestra: M-2 / Nv. 1880 / SPP / OBS



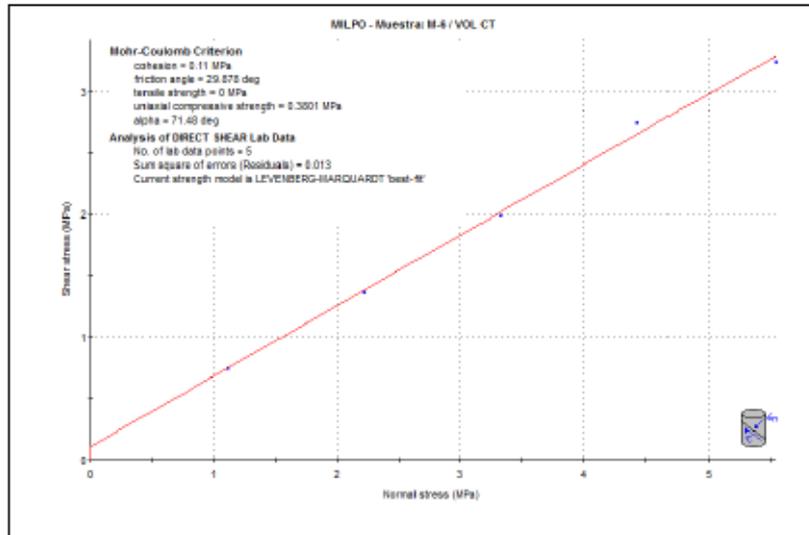
Muestra: M-3 / Nv. 1880 / SPB / OBS



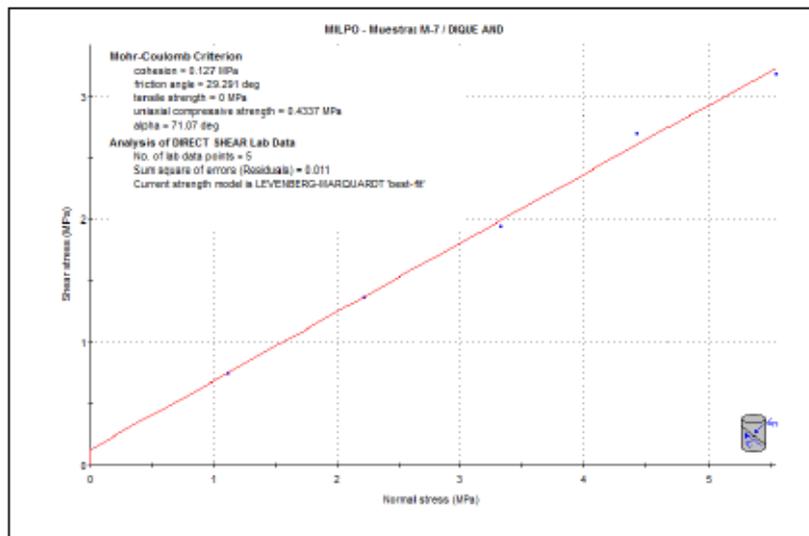


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: M-6 / Nv. 1820 / VOL CT / OBS



Muestra: M-7 / Nv. 1740 / DIQUE AND / OBS-0B2





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

***FOTOGRAFIAS DE
LOS ENSAYOS REALIZADOS***



FOTOS: PROPIEDADES FISICAS

Muestra: M2 / Nv. 1880 / SPP / OB5



Muestra: M3 / Nv. 1880 / SPP / OB5



Muestra: M6 / Nv. 1820 / VOL CT / OB5



Muestra: M7 / Nv. 1740 / DIQUE AND / OB5-OB2





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

FOTOS: COMPRESION TRIAXIAL

Muestra: M-2 / Nv. 1880 / SPP / OBS

Antes



Después





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: M-3 / Nv. 1880 / SPB / OB5

Antes



Después





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: M-6 / Nv. 1820 / VOL CT / OB5

Antes



Después





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: M-7 / Nv. 1740 / DIQUE AND / OBS-OB2

Antes



Después





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

FOTOS: TRACCION INDIRECTA

Muestra: M2 / Nv. 1880 / SPP / OB5

Antes



Después



Muestra: M3 / Nv. 1880 / SPP / OB5

Antes



Después



Muestra: M6 / Nv. 1820 / VOL CT / OB5

Antes



Después





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: M7 / Nv. 1740 / DIQUE AND / OB5-OB2

Antes



Después



FOTOS: CORTE DIRECTO

Muestra: M2 / Nv. 1880 / SPP / OB5





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Mecánica de Rocas

Muestra: M3 / Nv. 1880 / SPP / OBS



Muestra: M6 / Nv. 1820 / VOL CT / OBS



Muestra: M7 / Nv. 1740 / DIQUE AND / OBS-OB2



Phase2 Analysis Information

Bypass 745

Project Summary

File Name: SECC-01-Bypass 745.fez
 Last saved with Phase2 version: 8.005
 Project Title: Bypass.

General Settings

Number of Stages: 17
 Analysis Type: Plane Strain
 Solver Type: Gaussian Elimination Units:
 Metric, stress as MPa

Analysis Options

Maximum Number of Iterations: 500
 Tolerance: 0.001
 Number of Load Steps: Automatic
 Convergence Type: Square Root Energy
 Tensile Failure: Reduces Shear Strength
 Joint tension reduces joint stiffness by a factor of 0.01

Groundwater Analysis

Method: Piezometric Lines
 Pore Fluid Unit Weight: 0.00981 MN/m³
 Probability: None

Field Stress

Field stress: gravity
 Using actual ground surface
 Total stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 1 Total
 stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 1 Locked-in
 horizontal stress (in-plane): 0
 Locked-in horizontal stress (out-of-plane): 0

Material Properties

Material: SPP

Color	
Initial element loading	field stress & body force
Unit weight	0.042 MN/m ³
Elastic type	isotropic
Young's modulus	11920 MPa
Poisson's ratio	0.25
Failure Criterion	Generalized Hoek-Brown
Material type	Elastic
Compressive strength	43 MPa
m _b parameter	3.961
s parameter	0.0054
a parameter	0.505
Piezo to use	None
Ru value	0

Material: DIQUE

Color	
Initial element loading	field stress & body force
Unit weight	0.027 MN/m ³
Elastic type	isotropic
Young's modulus	11920 MPa
Poisson's ratio	0.24
Failure Criterion	Generalized Hoek-Brown
Material type	Elastic
Compressive strength	110 MPa
m _b parameter	3.409
s parameter	0.0054
a parameter	0.505
Piezo to use	None
Ru value	0

Material: VOLCANICO

Color	
Initial element loading	field stress & body force
Unit weight	0.027 MN/m ³
Elastic type	isotropic
Young's modulus	9340 MPa
Poisson's ratio	0.23
Failure Criterion	Generalized Hoek-Brown
Material type	Elastic
Compressive strength	75 MPa
m _b parameter	4.388
s parameter	0.0039
a parameter	0.506
Piezo to use	None
Ru value	0

Material: SPB

Color	
Initial element loading	field stress & body force
Unit weight	0.042 MN/m ³
Elastic type	isotropic
Young's modulus	15093 MPa
Poisson's ratio	0.25
Failure Criterion	Generalized Hoek-Brown
Material type	Elastic
Compressive strength	49 MPa
m _b parameter	4.573
s parameter	0.0075
a parameter	0.504
Piezo to use	None
Ru value	0

Material: RELLENO

Color	
Initial element loading	body force only
Unit weight	0.028 MN/m ³
Elastic type	isotropic
Young's modulus	350 MPa
Poisson's ratio	0.25
Failure criterion	Mohr-Coulomb
Peak tensile strength	0 MPa
Residual tensile strength	0 MPa
Peak friction angle	35 degrees
Peak cohesion	0.35 MPa
Material type	Elastic
Piezo to use	None
Ru value	0

Anexo 11: Cálculo de las propiedades del macizo rocoso mediante el software Roc Data

RocData - [RocData SPB.roc]

File Edit View Analysis Window Help

Hoek-Brown Classification

sigci 49 MPa

GSI 56

mi 22.01

D 0

Hoek-Brown Criterion

mb 4.573

s 0.0075

a 0.504

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: General

sig3max 12.2500 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 3.361 MPa

phi 39.14 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.0807 MPa

sigc 4.174 MPa

sigcm 14.139 MPa

Erm 15093.68 MPa

Copy Data

Analysis of Rock/Soil Strength using RocData

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (sigci) = 49 MPa

GSI = 56 mi = 22.01 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion

mb = 4.573 s = 0.0075 a = 0.504

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 3.361 MPa friction angle = 39.14 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.081 MPa

uniaxial compressive strength = 4.174 MPa

global strength = 14.139 MPa

modulus of deformation = 15093.68 MPa

Major principal stress (MPa)

Minor principal stress (MPa)

Shear stress (MPa)

Normal stress (MPa)

RocData DIQUE.roc RocData SPB.roc

Ready

RocData - [RocData SPP.roc]

File Edit View Analysis Window Help

Hoek-Brown Classification

sigci 45 MPa

GSI 53

mi 21.22

D 0

Hoek-Brown Criterion

mb 3.961

s 0.0054

a 0.505

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Custom

sig3max 10.5250 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 2.802 MPa

phi 38.49 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.0613 MPa

sigc 3.226 MPa

sigcm 11.998 MPa

Erm 11920.29 MPa

Copy Data

Analysis of Rock/Soil Strength using RocData

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (sigci) = 45 MPa
 GSI = 53 mi = 21.22 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 mb = 3.961 s = 0.0054 a = 0.505

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 2.802 MPa friction angle = 38.49 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.061 MPa
 uniaxial compressive strength = 3.226 MPa
 global strength = 11.998 MPa
 modulus of deformation = 11920.29 MPa

Major principal stress (MPa)

Minor principal stress (MPa)

Shear stress (MPa)

Normal stress (MPa)

RocData DIQUE.roc RocData SPB.roc RocData SPP.roc

Ready

RocData - [RocData VOL.roc]

File Edit View Analysis Window Help

Hoek-Brown Classification

sigci 75 MPa
 GSI 50
 mi 26.17
 D 0

Hoek-Brown Criterion

mb 4.388
 s 0.0039
 a 0.506

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: General
 sig3max 18.7500 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 4.990 MPa
 phi 38.85 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.0661 MPa
 sigc 4.517 MPa
 sigcm 20.852 MPa
 Erm 9340.70 MPa

Copy Data

Analysis of Rock/Soil Strength using RocData

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (sigci) = 75 MPa
 GSI = 50 mi = 26.17 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 mb = 4.388 s = 0.0039 a = 0.506

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 4.990 MPa friction angle = 38.85 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.066 MPa
 uniaxial compressive strength = 4.517 MPa
 global strength = 20.852 MPa
 modulus of deformation = 9340.70 MPa

Major principal stress (MPa)

Minor principal stress (MPa)

Shear stress (MPa)

Normal stress (MPa)

RocData DIQUE.roc RocData SPB.roc RocData SPP.roc RocData VOL.roc

Ready

RocData - [RocData DIQUE.roc]

File Edit View Analysis Window Help

Hoek-Brown Classification

sigci 110 MPa
 GSI 53
 mi 28.98
 D 0

Hoek-Brown Criterion

mb 5.409
 s 0.0054
 a 0.505

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: General
 sig3max 27.5000 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 7.847 MPa
 phi 40.64 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.1097 MPa
 sigc 7.886 MPa
 sigcm 34.150 MPa
 Erm 11920.29 MPa

Copy Data

Analysis of Rock/Soil Strength using RocData

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (sigci) = 110 MPa
 GSI = 53 mi = 28.98 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 mb = 5.409 s = 0.0054 a = 0.505

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 7.847 MPa friction angle = 40.64 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.110 MPa
 uniaxial compressive strength = 7.886 MPa
 global strength = 34.150 MPa
 modulus of deformation = 11920.29 MPa

Major principal stress (MPa)

Minor principal stress (MPa)

Shear stress (MPa)

Normal stress (MPa)

RocData DIQUE.roc RocData SPB.roc RocData SPP.roc RocData VOL.roc

Ready