

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



**‘ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE TABLAS
GEOMECANICAS GSI PARA LA MINA CARAVELT’**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR
JONNY JUSCAMAITA RICO**

Lima – Perú

2012

DEDICATORIA

A mis padres Domitila y Luis, por su apoyo incondicional, mi agradecimiento eterno para ellos.

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es evitar los accidentes por caída de roca en la Compañía Minera Caraveli, haciendo que todo trabajador de la compañía minera Caraveli este aprenda conocer la roca, evaluarla y aplicar el sostenimiento adecuado en sus labores diarias de trabajo. Utilizando una herramienta de trabajo, las Tablas Geomecánicas del GSI modificado.

Se analizo todos los tajos de explotación labores de desarrollo y exploración de la mina, haciendo uso de las Tablas Geomecánicas originales GSI, para ver el estado actual de perturbación de la roca en la mina.

Conociendo los tipos de roca y las diferentes aberturas de las labores, ya sea labores de temporales (Tajeos, subniveles) o labores permanentes (galerías, cruceros, cortadas), se procede a elaborar nuestras propias Tablas Geomecánicas a partir de las tablas originales del GSI, teniendo en cuenta nuestro principal elemento de sostenimiento que es la madera.

Pero se hace las recomendaciones necesarias para que en un futuro muy próximo se utilice otros elementos de sostenimiento como los pernos de roca, los Split set y malla electro soldada en las labores convencionales.

Posteriormente con estas Tablas Geomecánicas GSI elaboradas, se aplica en las labores de la mina, se capacita a los ingenieros y a todo los trabajadores de la empresa, teniendo como resultado un mejor ambiente de trabajo, más seguro y con un personal más capacitado en el conocimiento y comportamiento del macizo rocoso, todo este proceso se logro aproximadamente en 6 meses, luego se tuvo la auditoria del OSINERGMIN, que se aprobó satisfactoriamente.

INDICE GENERAL

	pág.
PAGINA DE ACEPTACIÓN.....	i
PAGINA DE AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1. UBICACIÓN.....	3
1.1.1. Ubicación política.....	3
1.1.2. Ubicación geográfica.....	4
1.2. ACCESO A LAS UNIDADES MINERAS.....	4
1.3. RELIEVE.....	6
1.4. CLIMA Y VEGETACIÓN.....	6
1.5. HIDROGRAFÍA.....	6

CAPITULO II

2. GEOLOGIA

2.1. GEOLOGÍA GENERAL.....	8
2.2. GEOLOGÍA REGIONAL.....	10
2.2.1. Formación Chocolate.....	10
2.2.2. Formación Guaneros.....	10
2.2.3. Formación Yauca.....	10
2.2.4. Formación Pisco.....	11
2.2.5. Formación Millo.....	11
2.2.6. Formación Volcánica Senca.....	11
2.3. AFLORAMIENTOS.....	11
2.3.1. Tonalita granodiorita (Plioceno).....	11
2.3.2. Diorita (Plioceno).....	12
2.3.3. Monzonita (Plioceno).....	12
2.3.4. Complejo bella unión.....	12
2.4. GEOLOGÍA LOCAL.....	13
2.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	13
2.6. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	14
2.7. MINERALIZACIÓN EN VETAS.....	14
2.8. NOTAS GEOLÓGICAS DE LAS PRINCIPALES VETAS.....	15
2.8.1. Veta Mirtha.....	15
2.8.2. Veta Chanchin.....	16
2.8.3. Veta Esperanza.....	16
2.8.4. Veta Nancy II.....	16
2.8.5. Veta Zambito.....	16

CAPITULO III

3. MINA

3.1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN GENERAL.....	17
3.2. OBJETIVOS DE LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ.....	20
3.2.1. Generales.....	20
3.2.2. Específicos.....	20
3.3. PROCESO PRODUCTIVO ACTUAL.....	20
3.4. RESERVAS.....	21
3.5. IMPORTANCIA DE LA ELECCIÓN DE UN MÉTODO DE EXPLORACIÓN.....	21
3.6. MÉTODO DE EXPLORACIÓN.....	22
3.7. ESTRUCTURA DE LA MINA.....	24
3.7.1. Producción.....	24
3.7.2. Fuerza laboral.....	24
3.7.3. Equipos para el desarrollo de las operaciones mineras.....	24
3.7.4. Acceso.....	25
3.7.5. Ventilación.....	25
3.8. CARACTERÍSTICAS DEL YACIMIENTO DE LA CIA MINERA CARAVELÍ.....	26
3.9. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN.....	26
3.10. CORTE Y RELLENO ASCENDENTE.....	29
3.10.1. Labores de desarrollo.....	30
3.10.2. Labores de preparación.....	30
3.10.3. Labor de explotación.....	31
3.10.3.1. Perforación.....	31

3.10.3.2. Carguío y voladura.....	32
3.10.3.3. Limpieza del tajeo.....	33
3.10.3.4. Extracción del mineral.....	34
3.10.3.5. Relleno.....	35

CAPITULO IV

4. CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

4.1. INTRODUCCIÓN.....	36
4.2. GEOLOGÍA.....	37
4.3. GEOMECANICA.....	37
4.4. MECÁNICA DE ROCAS.....	38
4.5. MACIZO ROCOSO.....	38
4.6. CLASIFICACIÓN DE ROCAS DE TERZAGHI.....	38
4.6.1. Roca intacta.....	39
4.6.2. Roca estratificada.....	39
4.6.3. Roca medianamente Fisurada.....	39
4.6.4. Roca agrietada en bloques.....	40
4.6.5. Roca triturada.....	40
4.6.6. Roca comprimida.....	40
4.6.7. Roca expansiva.....	40
4.7. CLASIFICACIÓN DE STINI LAUFFER.....	41
4.8. ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA RQD.....	41
4.9. RSR (Rock Structure Ratio) (Wickham, Tiedemann and Skinner, 1972)	42
4.10. CLASIFICACIÓN ROCK MASS RATING RMR.....	45
• Cuadro 03: Parámetros de clasificación y sus índices.....	48

• Cuadro 04: Ajuste de índices por orientación de discontinuidades.....	49
• Cuadro 05: Tipos de masa rocosa determinadas a partir del índice total.....	49
• Cuadro 06: Significado de los tipos de masa rocosa.....	49
• Cuadro 07: Reglas para la clasificación de discontinuidades...	50
• Cuadro 08: Efecto del rumbo y buzamiento de las discontinuidades en la ejecución de túneles.....	50
• Cuadro 09: Reglas para la excavación y sostenimiento de túneles de 10m de ancho bajo el sistema RMR.....	51
4.11. SISTEMA Q (BARTON, LIEN Y LUNDE, 1974)	52
4.12. ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA GSI DE HOEK Y MARINOS(2000).....	68
4.12.1. Condición de estructura de la masa rocosa.....	70
4.12.2. Condición superficial de la masa rocosa.....	70

CAPITULO V

5. ELABORACION DE LAS TABLAS GEOMECAICAS GSI

MODIFICADOPARA LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELI VERSION 001

5.1. ANTECEDENTES DEL SOSTENIMIENTO EN LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ.....	73
5.2. TIPO DE ROCA PREDOMINANTE EN LA COMPAÑÍA.....	75

5.3. PARÁMETROS TOMADOS EN CUENTA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS TABLAS GSI.....	75
5.3.1. Condiciones de fracturamiento.....	75
5.3.2. Condiciones de resistencia.....	76
5.4. RECONOCIMIENTO DE LAS CALIDADES DE ROCA EN LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ.....	77
5.5. DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO Y TIEMPO DE AUTOSOORTE DE LAS EXCAVACIONES MINERAS DE LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ CON LAS TABLAS ORIGINALES DEL GSI.....	90
• Cuadro 21: Sostenimiento y autosoorte de las labores permanentes: 1.20m*1.80m.....	95
• Cuadro 23: Sostenimiento y autosoorte de las labores temporales: 0.90m*1.80m.....	96
• Cuadro 25: Sostenimiento y autosoorte de las labores temporales: 1.00m - 3.00m.....	97
• Cuadro N° 27: Sostenimiento y autosoorte de las labores permanentes: 3.50m*3.80m.....	98
• Cuadro 29: Sostenimiento y autosoorte de las labores permanentes: 2.10m*2.10m.....	99
• Cuadro 31: Sostenimiento y autosoorte de las labores permanentes: 1.50m*2.10m.....	100
• Grafico 19: Tabla geomecanica GSI para labores de explotación.....	103
• Grafico 20: Tabla geomecanica GSI para labores de exploración y desarrollo como galerías, cruceros, cortadas, subniveles, etc.....	104

• Grafico 21: Tabla geomecanica GSI para labores de desarrollo (Rampa).....	105
5.6. FACTORES INFLUYENTES.....	106
5.6.1. Influencia del agua.....	106
5.6.2. Influencia de esfuerzos.....	107
5.6.3. Influencia de la orientación de las discontinuidades.....	107
5.6.4. Factores de la excavación.....	108
• Grafico 22: Metodología de aplicación de los factores influyentes.....	109

CAPITULO VI

6. APLICACIÓN DE LA TABLA GEOMECANICA GSI MODIFICADO

VERSIÓN 001 AL TAJO E/W DEL NIVEL 2040 DE LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ

6.1. CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS.....	110
6.2. OBSERVACIONES.....	112
• Cuadro 33: Datos del primer mapeo geomecánico del tajo 570 E/W Enrique Tejada.....	114
• Grafico 23: Primer mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada.....	115
• Cuadro 34: Datos del segundo mapeo geomecánico del tajo 570 E/W Enrique Tejada.....	116
• Grafico 24: Segundo mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada.....	117
• Cuadro 35: Datos del tercer mapeo geomecánico del tajo 570 E/W Enrique Tejada.....	118

- Grafico 25: Tercer mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada.....119
- Cuadro 36: Datos del cuarto mapeo geomecánico del tajo 570 E/W Enrique Tejada.....120
- Grafico 26: Cuarto mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada.....121
- Cuadro 37: Datos del Quinto mapeo geomecánico del tajo 570 E/W Enrique Tejada.....122
- Grafico 27: Quinto mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada.....123

CONCLUSIONES.....124

RECOMENDACIONES.....128

BIBLIOGRAFÍA.....130

INTRODUCCIÓN

La compañía minera Caravelí es una mina que explota vetas de oro de manera convencional en el departamento de Arequipa. Este proyecto se da como consecuencia de muchos accidentes por caída de roca ocurrido en el año 2008 y principalmente por un accidente fatal que se tuvo. Estos eventos no deseados ocurrían debido a una falta de conocimiento del comportamiento de la roca y por ende el inadecuado tipo de sostenimiento que se usaba hasta ese entonces.

El presente trabajo consiste en la elaboración de Las Tablas Geomecánica GSI, debiendo ser simples y comprensibles por todos los trabajadores de la mina, modificadas a partir de las tablas del GSI original; tomando en cuenta los diferentes tipos de roca que hay en la mina y a su vez el principal material de sostenimiento con el que se cuenta que es la madera; es importante la visión de poder implementar en un corto plazo nuevos elementos de sostenimiento. Estas tablas están dirigidas a todo el personal que labora en la Compañía Minera Caravelí.

En este trabajo se quiere dar a conocer como se realizó la elaboración de las tablas Geomecánica GSI modificado, para que de esta forma el trabajador de la compañía reconozca el tipo de terreno que hay en su labor, pueda evaluar las condiciones del macizo rocoso y aplicar un adecuado sostenimiento haciendo uso de las tablas Geomecánica GSI modificado a las labores de la minera, y de esta manera eliminar todo accidente en mina por caída de rocas.

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

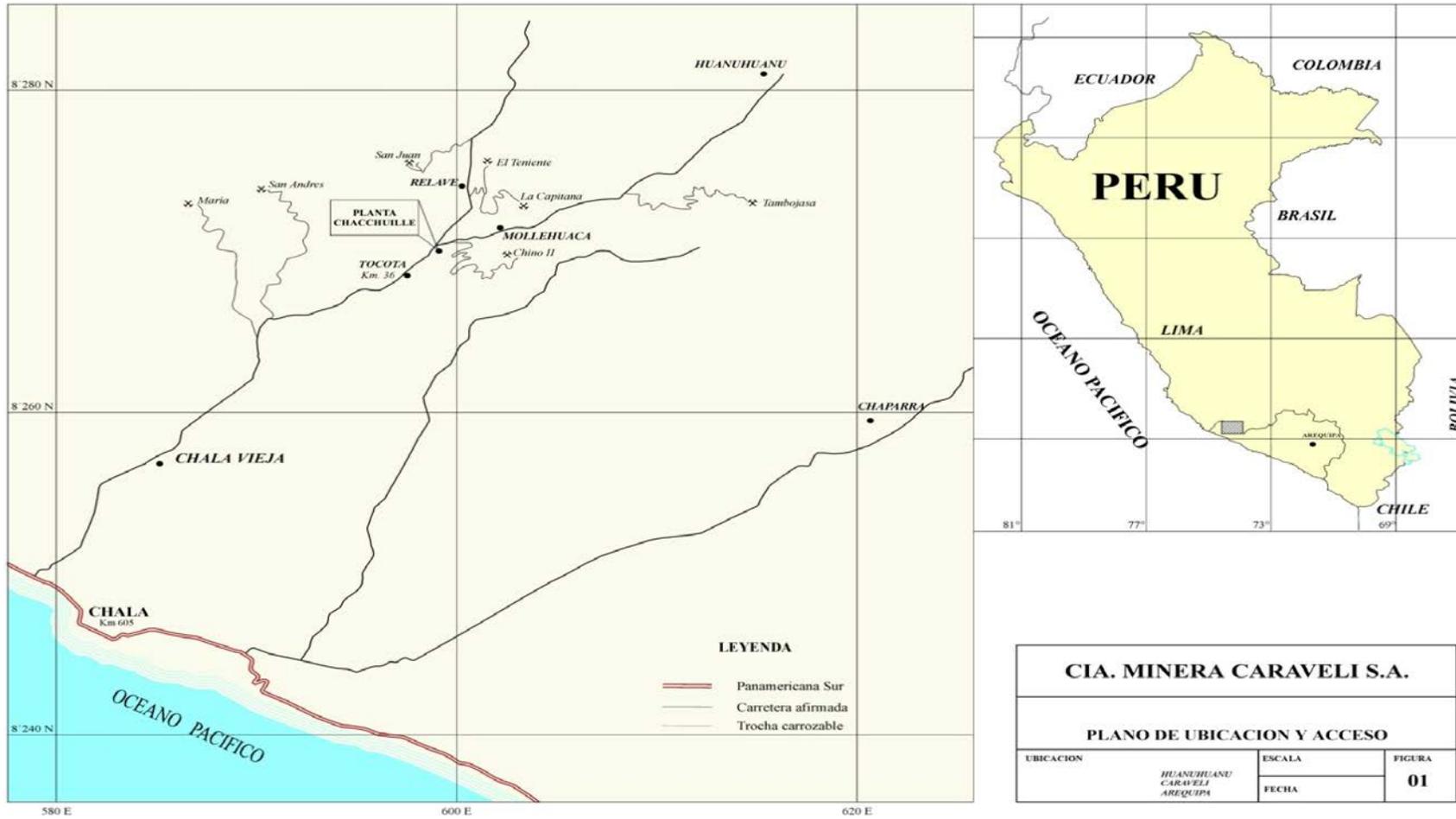
1.1. UBICACIÓN

El asiento minero de la compañía minera Caravelí SAC. Está ubicado en el distrito de Huanu-Huanu, provincia de Caravelí del departamento de Arequipa. Una altitud promedio de la ubicación de los yacimientos es de 2100 m.s.n.m. Según la carta de INGEMMET pertenece a las hojas de Chala (32-ñ) y Chaparra (32-o). La ubicación política y geográfica, es la siguiente:

1.1.1. Ubicación Política

Distrito	:	Huanu-Huanu
Provincia	:	Caravelí
Departamento	:	Arequipa
Región	:	Arequipa

Grafico 01: Plano de La ubicación de la Compañía Minera Caraveli



Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geología.

1.3. RELIEVE

La quebrada de chala y sus tributarias son el accidente topográfico más importante, con diferencia de cotas que alcanzan los 1000 metros, dando lugar a una cuenca imbrífera de rumbo general NE-SW. El valle es seco durante el año pero con una capa freática de poca profundidad (10 metros). En los meses de verano, por efecto de las lluvias en las partes altas, el agua llega a discurrir superficialmente.

1.4. CLIMA Y VEGETACIÓN

El clima de la zona es seco, ligeramente templado durante toda la época del año con ligeras lloviznas en las partes altas de los yacimientos en la estación de invierno. Es general es desértico, en invierno con cambios de temperatura fuertes entre el día y la noche, con neblinas débiles y en verano mayor densidad de nubes y ocasionales lluvias finas. La vegetación es en los flancos de los cerros y en el valle de Tocota hay pocos árboles frutales.

1.5. HIDROGRAFIA

Los recursos hídricos se obtienen mediante bombeo de agua subterránea para lo cual previamente se realizan perforaciones subterráneas en lugares estratégicos siguiendo el curso de las

aguas que decantan debido a las condiciones de filtración (Capa freática).

El agua es almacenada en tanques de concreto para el consumo domestico y uso industrial.

CAPITULO II

2. GEOLOGIA

2.1.GEOLOGIA GENERAL

Las minas que opera la compañía, son parte de un gran distrito metalogenético emplazado al lado oeste del batolito de la costa. Este distrito representa la etapa hidrotermal del proceso de diferenciación magmatica que dio lugar al batolito en referencia, extendiéndose desde el valle de Ocoña por el Sur y hasta Nazca por el Norte.

El distrito metalogenético está conformado por vetas paralelas de rumbo general NW-SE y E-W, con longitud de afloramientos que varían entre 400m y 1500m a lo largo de los cuales se han emplazado ore shorts a distancias variables y de dimensiones diferentes, los que por reactivación tectónica han sido bisecados y desplazados, tanto horizontal como verticalmente, de modo que la

mineralización ha quedado dispersa en la estructura a manera de pequeños lentes con potencia que fluctúan entre 0.10m y 1.50m.

Como todos los yacimientos minerales, las vetas presentan dos zonas: Oxidada y primaria. La zona oxidada es el resultado del fenómeno supergénico de lixiviación de los sulfuros primarios (pirita y arsenopirita auríferas), la que está constituida por óxidos de fierro (Hematita y Goetita) con cuarzo, conteniendo oro libre. En esta zona están concentradas las operaciones y su espesor se estima entre 250m y 100m, según el área.

La zona primaria está conformada por pirita, arsenopirita y poca calcopirita en una ganga de cuarzo, aspecto que se observa en la veta San Pedro donde se ha llegado a los sulfuros primarios.

En el área de las propiedades de la compañía, las vetas se han emplazado en un conjunto de fracturas de tensión entre dos grandes fallas regionales: Falla Palomino y falla de los Médanos, las que han creado la condición de espacios abiertos, para que en una fase hidrotermal subsiguiente a los intrusitos más jóvenes, se emplace estas fracturas de tensión, rellenándolas con cuarzo como ganga, con diseminación de pirita, arsenopirita a las que se encuentra asociado el oro en solución solida, dando lugar de esta manera a las vetas existentes. Finalmente se puede resumir que son vetas de relleno de fractura, de origen hidrotermal y meso termal. La compañía posee 27 concesiones con un total de 14,437

hectáreas, en las que afloran más de 50 vetas. Sus reservas prospectivas se estiman en 400,000 t.

2.2. GEOLOGIA REGIONAL

Las rocas lito-estratigráficas del área comprenden un rango cronológico amplio y las edades van desde el jurasico inferior al terciario superior, a continuación se presenta una breve descripción:

2.2.1. Formación chocolate.

Conformada por la alteración de andesitas marrón, areniscas y conglomerados de edad Jurasico Inferior.

2.2.2. Formación Guaneros.

Constituida por areniscas, lutitas, margas, lechosos volcánicos y andesitas, su espesor es de 1000m y corresponde al jurasico superior.

2.2.3. Formación Yauca.

Constituida por areniscas blancas y grises, lutitas o limonitas de edad Cretácico Inferior, con 2000m de espesor.

2.2.4. Formación Pisco

Constituida por estratos delgados de areniscas finas arcillitas y capas de de yeso del Mioceno.

2.2.5. Formación Millo.

Constituida por todas riolitas, dacíticos y conglomerados de la era cenozoica del sistema terciario, del plioceno.

2.2.6. Formación Volcánico Senca.

Constituida por Limolitas, areniscas tobáceas y microconglomerados. de la era cenozoica del sistema terciario, del plioceno.

2.3. AFLORAMIENTOS

Las rocas intrusivas que afloran en nuestras áreas pertenecen al batolito de la costa (cretáceo superior – cretáceo inferior) y son las más abundantes en la zona, su composición es variable y podemos mencionar a las siguientes:

2.3.1. Tonalita Granodiorita (Plioceno)

Afloran en gran volumen y tiene variación composicional desde gabbro diorita pasando por granodiorita hasta granito, siendo los contactos difusos, tiene textura grano medio a

grueso en algunas zonas, la granodiorita presenta xenolitos de roca diorítica.

2.3.2. Diorita (Plioceno)

Afloran en la zona central del área emplazado entre las súper unidades: Linga al sur e Incahuasi al norte. La súper unidad Tiabaya está compuesta por granodiorita, diorita cuarcífera, tonalitas monzogranitos y granodioritas como diques: Tienen textura fanerítica con minerales de alteración cerecita, clorita y epidota.

2.3.3. Monzonita (Plioceno)

Conforman la súper-unidad Linga y aflora como pequeños stocks hacia el este y sureste, se componen de monzonitas pero tienen variaciones composicionales internas, tienen tamaño de grano variable con plagioclasas, hornblenda, biotitas, cuarzo y algunas ortosas.

2.3.4. Complejo Bella Unión

Son rocas sub-volcánicas que se observan en la ruta de Tocota a Chala, que instruyen a las rocas del Cretácico Inferior- Terciario Inferior.

Se presenta a través de grandes lineamientos estructurales como la falla Palomino, las que probablemente controlaron su emplazamiento. El complejo Bella Unión está constituido predominantemente por una brecha de intrusión de naturaleza andesítica a dacítica, los mismos que están intruidos por plutones y diques de andesitas porfíricas.

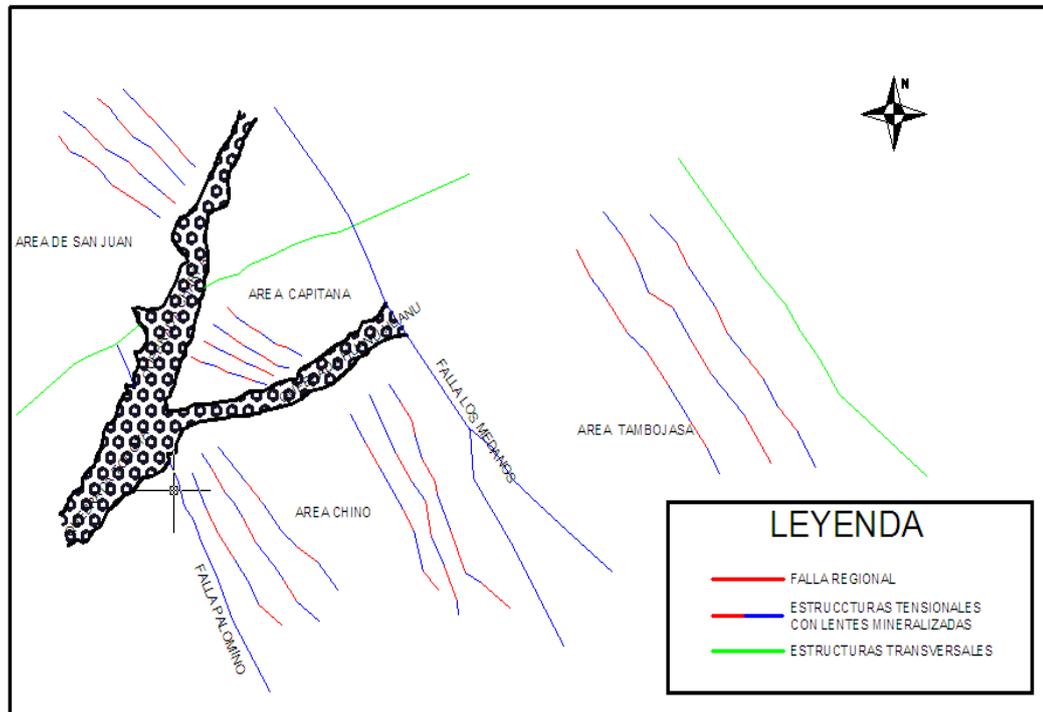
2.4. GEOLOGIA LOCAL

La mina Chino II, caracterizada por la presencia de dioritas, tonalitas de edad Cretácica.

2.5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Existen varias fallas regionales probablemente originadas por fenómenos de subducción de la placa de nazca debajo de la placa sudamericana, el rumbo de estas fallas son: NW-SE y NE-SW, facilitando la penetración del batolito de la costa y por reactivaciones posteriores la atravesaron y pusieron en contacto diferentes unidades estratigráficas. Los movimientos tectónicos regionales provocados por la Placa Tectónica de Nazca a dado lugar a las grandes fallas tales como: Lagunillas, Cateador, Palomino y Los medanos. Estas grandes fallas a su vez han provocado fallas menores paralelas que son las que han albergado minerales conformando las vetas. En conclusión la Geología Estructural juega un papel muy importante en el emplazamiento de las vetas.

Gráfico 02: Esquema estructural de la Compañía Minera Caravelí



Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caravelí. Área de Geología.

2.6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

El depósito mineralizado es un yacimiento de origen hidrotermal y meso termal, constituido por relleno de fracturas tipo vetas. La roca de caja ha sufrido una alteración argílica y su extensión fluctúa entre 0.30 a 1.00 m.

2.7. MINERALIZACION EN VETAS

La mineralización está constituida por óxidos de fierro conteniendo valores de oro como producto del proceso de lixiviación de los sulfuros primarios (pirita y arsenopirita).

En general las vetas son angostas en forma de rosario, complicadas y repletas de su estructura con rumbo promedio de N55W y buzamiento de 45NE y un segundo sistema E-W y buzamiento promedio 58NE. Con asociaciones mineralógicas de diferentes tipos; el oro se encuentra en forma libre dentro de la zona de oxidación conjuntamente con la Limonita y Hematita formando una textura cavernosa de aspecto brechoso y otras panizadas a su vez se encuentra asociado con el cuarzo que podemos diferenciar, uno ferruginoso, blanco ahumado de aspecto vidrioso y otro blanco lechoso que en la mayoría de los casos es el que menor contenido de oro posee e inclusive se presenta muy estéril.

Las vetas se presentan zoneadas y bandeadas determinándose que no todo el ancho tiene valores homogéneos como también el oro se encuentra distribuido en pequeñas fracturas y fallas que pueden estar relacionadas a estructuras principales, en la zona semi oxidada a fresca se encuentra asociada a la piritita y a un bandeamiento de cuarzo cristalino.

2.8. NOTAS GEOLÓGICAS DE LAS PRINCIPALES VETAS.

2.8.1. Veta Mirtha.

La estructura mineralizada tiene un rumbo S70E, buzamiento de 55NE, potencia de 0.30m.

2.8.2. Veta Chanchin.

La estructura mineralizada tiene un rumbo S60E, buzamiento 50NE, de potencia 0.20m.

2.8.3. Veta Esperanza.

Tiene un rumbo E-W, con un buzamiento promedio de 58NE, emplazado en rocas diorítica y andesítica comportándose dicha estructura como contacto litológico en algunos tramos, estas rocas se encuentran alteradas y con trazas de oxido y manganeso y fierro. Una falla de rumbo S35W desplaza a una estructura aproximadamente 15 m hacia el NW, medida que se ha tomado en los afloramientos de ambas estructuras. La mineralización se encuentra constituida principalmente por cuarzo lechoso y óxidos (hematita, limonita y jarosita).

2.8.4. Veta Nancy II.

La estructura mineralizada tiene un rumbo S75E, buzamiento 70NE, potencia 0.30 m.

2.8.5. Veta Zambito.

La estructura mineralizada tiene un rumbo S60E, buzamiento 55NE, potencia 0.50m.

CAPITULO III

3. MINA

3.1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN GENERAL

La explotación de los yacimientos minerales auríferos de la Compañía Minera Caravelí S.A.C. se remonta al año de 1946, cuando la empresa norteamericana Cía. Administradora de Minas S.A. era arrendataria de las concesiones Capitana y otras, a través de su subsidiaria Capitana Gold Mines Co., explotando dichos yacimientos hasta el año de 1960.

Posteriormente al año 1961 los citados derechos mineros entran a caducidad en el año 1977 los señores Fernando Belaunde Aubry, Julio Biondi entre otros, los vuelven a denunciar posteriormente en el año 1978 los anteriores nombrados constituyen la empresa aurífera Chala la que trabajo artesanalmente hasta el año 1990. En el mes de mayo de 1990 la empresa aurífera Chala transfiere el negocio minero a la actual Minera Caravelí S.A.C.

Las operaciones se iniciaron en Octubre de 1991 con tratamiento de 100% relaves de amalgamación a razón de 20TMSPD de capacidad instalada, cuyas recuperaciones de oro alcanzaron 85 a 90 %. En los años siguientes, ingresa a una etapa de ampliación a 50TMSPD incorporándose el tratamiento de mineral de mina en 60% y 40% de relaves de amalgamación, alcanzándose recuperaciones por encima de 90%.

Con la incorporación de nuevas labores mineras en 1998, se incrementa la producción de mina lo que permite una ampliación de la capacidad de planta a 100TMSPD. En los años siguientes y en forma paulatina se hicieron ajustes operativos que nos permitieron ir incrementando el tonelaje a 120; 140 y 150 TMSPD. Actualmente se está llegando a las 300 TMSPD.

CIA Minera Caravelí S.A.C. Hasta fines del año 1999 empleaba varios métodos de explotación como cámaras y pilares, almacenamiento provisional convencional, trabajos a partir de piques sobre mineral, trabajos de circa y otros. Con estos métodos se creaba condiciones no favorables de trabajo en los tajeos debido a la no competencia de sus cajas, además se dejaba mineral en los tajeos, en pilares innecesarios, en puentes (que eran minerales irrecuperables). Debido a esto se tuvo que seleccionar un método de explotación adecuado para el tipo de yacimiento que

se tenía, que reemplace a los métodos aplicados (corte y relleno ascendente).

En la actualidad la metodología de trabajo de que se sigue en la compañía es de una explotación convencional, con La capacitación de los mineros artesanales es un éxito ya que ahora son Microcontratistas con beneficios como seguro social, fondo de pensiones entre otros beneficios, sus características de ser geólogo y minero artesanal hace que la producción sea eficiente, se han logrado formalizar a la gran mayoría de mineros artesanales.

Gracias a concedores del gran espíritu de trabajo y apoyo a los cambios constantes del gerente general de ese entonces Ing. Pedro Fuertes Velasco, del Superintendente General Ing. Patiño Terrones Saldaña y Jefe de Mina Ing. Rodolfo Arzapalo Chagua quienes en el afán de incrementar la producción, y mejorar las condiciones operacionales y económicas de la mina Chino II.

El departamento de mina es la encargada de la supervisión y administración de todas sus unidades en actividad. Para lo cual se distribuye de la siguiente manera: un jefe de zona en cada unidad minera en actividad estas son: capitana y Tambojasa y un jefe de Mina encargado de la supervisión y administración de todas las unidades pertenecientes a la compañía minera Caravelí.

3.2.OBJETIVOS DE LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELI

3.2.1. Generales

“Ser reconocidos como uno de los mejores en minería subterránea de vetas angostas auríferas en el Perú.”

3.2.2. Específicos.

- Crear un ambiente de trabajo seguro y saludable. “En Caravelí nuestro trabajador es el activo más valioso”.
- Dar uso a los equipos que se dispone.
- Recuperar el 90% del mineral que se tiene en los tajeos.
- Mejorar el ciclo de minado
- Incrementar la productividad

3.3.PROCESO PRODUCTIVO ACTUAL

Para extraer los minerales considerados como Reservas Minerales, la Cia. Minera Caravelí S.A.C. desarrolla técnicamente su proceso Productivo que consiste en las etapas de:

- 1) Exploración, Desarrollo, Preparación.
- 2) Explotación.
- 3) Beneficio (cianuración por agitación).
- 4) Desorción-refinación.
- 5) Comercialización.

Las tres primeras etapas se desarrollan en el Asiento Minero de Caravelí y las de Desorción-refinación y comercialización se llevan a cabo en la ciudad de Lima.

3.4.RESERVAS

El conocimiento de las reservas de mineral y su contenido de elementos útiles, permiten determinar el valor de un yacimiento. Siendo este uno de los factores más importantes en el análisis tecnológico de una mina.

Las reservas probadas y probables determinan la capacidad óptima de una empresa minera. Antes de seleccionar el método de explotación es necesario saber la cantidad de reserva. La compañía posee 27 concesiones con un total de 14437 hectáreas, en las que afloran más de 50 vetas. Sus reservas probadas se estiman en 400 000 TM.

3.5.IMPORTANCIA DE LA ELECCION DE UN METODO DE EXPLOTACION

La elección de un método de explotación consiste en elegir, seleccionar un método de explotación acorde a las características del yacimiento, para mejorar la productividad, calidad y seguridad. Una vez seleccionado el método permite realizar un planeamiento de producción más clara, precisa y alcanzable. Los objetivos serán alcanzables, porque los trabajos serán más técnicos y así debe

mejorarse en todo aspecto. Como mineros nuestro objetivo es que el mineral arrancado en los tajeos llegue en el menor tiempo posible a la planta.

3.6.METODO DE EXPLOTACIÓN

Por método de explotación se entiende el sistema o modo en que se arranca y se extrae el mineral, esto es, tipo de perforación y voladura, el relleno y/o sostenimiento de los espacios vacíos, ventilación, carguío, extracción, izaje, transporte, etc.

Los principales elementos de la estrategia de explotación son el método y plan de minado, la escala de operación y la ley de corte. Estos resultan de vital importancia y su determinación se basa en una buena ingeniería y en sólidos principios económicos.

La elección de un método de explotación, obedece a ciertas exigencias básicas: seguridad, economía y productividad y varía en función de la forma y extensión, buzamiento, potencia, calidad del mineral, características de las rocas encajonantes, de la disponibilidad de recursos como relleno y otras circunstancias locales.

En particular, debe considerarse la inclinación de la estructura y la marginalidad del mineral aurífero de cada zona, cuya extracción debe lograrse con alta recuperación y rentabilidad, con bajos costos y alto nivel operativo.

Para evaluar la eficiencia de los métodos de explotación en CIA Minera Caravelí se tomaron en cuenta los siguientes parámetros y factores importantes:

- Reserva de mineral explotable por block.
- Longitud de labores preparatorias necesarias para un block de explotación representativo.
- Índice metraje: labores preparatorias por 1000 ton extraídas del tajeo.
- Porcentaje de la producción de mineral extraído por labores preparatorias con relación a extracción total.
- Elementos geométricos del block de explotación (tajeos).
- Consumo específico de explosivos en tajeos (factor de carga) y consumo de taladros en m/t de mineral extraído.
- Modalidad de restablecimiento del equilibrio del macizo rocoso.
- Parámetros básicos como: dilución, recuperación de las reservas del block de explotación, mineral roto obtenido por disparo y productividad.

3.7. ESTRUCTURA DE LA MINA

3.7.1. Producción

La mina Chino II, produce mineral aurífero y genera una producción mensual de 6000 TM con una ley promedio de 10.5 g/ton.

3.7.2. Fuerza laboral

La mina Chino II de la CIA Minera Caravelí S.A.C cuenta con una fuerza laboral de 720 hombres distribuidos como sigue.

Compañía: 120 hombres

Empresa Especializada: 250 hombres

Micro-contratistas: 350 hombres

3.7.3. Equipos para el desarrollo de las operaciones mineras.

Cuenta con los siguientes equipos:

07 grupos electrógenos para generar energía.

06 camionetas para supervisión

02 tractores para desarrollo, preparación y explotación

01 moto niveladora

19 compresoras portátiles (DIEpSEL)

30 maquinas BB16 Atlas Copco

30 maquinas toyo 25L

10 locomotoras a batería

12 volquetes de 12 ton.

Se ha determinado que el mineral que procede de las labores de preparación y desarrollo se obtiene con un costo unitario de 2 a 5 veces más alto que el mineral extraído de los tajeos.

3.7.4. Acceso

Existen diversos tipos de labores de accesos a los yacimientos, siendo los mas utilizados: socavones (80%), rampas (10%) y piques (10%). Las dimensiones de las labores de acceso en algunos casos son mayores que las de desarrollo y preparación.

3.7.5. Ventilación

La ventilación se adecua principalmente al método de explotación aplicado en cada mina, los accesos son las fuentes de inyección de aire fresco en caso de la mina, por lo que la ventilación en la CIA Minera Caravelí es de forma natural.

3.8. CARACTERÍSTICAS DEL YACIMIENTO DE CIA MINERA CARAVELI.

- Profundidad 600m.
- Vetas angostas en forma de rosario
- Potencia de veta promedio 0.90m
- Rumbo promedio N37E.
- Buzamiento Promedio 45NE
- Roca encajonantes, diorita y granodiorita con alteración argílica.
- Ley promedio de 12g de Au/t

3.9. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS TRABAJOS DE EXPLOTACIÓN

Los sistemas de explotación aplicados tanto en la zona de “Tambojasa” como en la zona de “Capitana” (“Corte y Relleno Convencional Ascendente con la combinación de Circado en algunos casos”), requieren de trabajos de preparación.

Considerando el comportamiento de la mineralización aurífera (errática y en rosario) y el buzamiento de la estructura, los tajeos se preparan mediante galerías distanciadas verticalmente entre 30 y 40m. y chimeneas levantadas aproximadamente 50m. de distancia.

Desde la galería interior que funciona como labor de transporte, se levantan dos chimeneas de 3'x 4' de sección con chutes (buzones) y caminos, distanciadas entre 40m y 50m., hasta comunicarlas con

la labor horizontal superior. Estas chimeneas proveen el acceso y ventilación al tajeo.

Entre estas dos labores verticales, se corre un subnivel de 3' x 6' de sección a 2,00 m. por encima del nivel inferior, dejándose un puente de este espesor.

Entre las dos chimeneas y en la galería interior, se levanta una tercera chimenea intermedia, provista de su "chute" de madera que servirá de echadero para el carguío directo del mineral a los carros mineros.

El techo del tajeo muestra la franja mineralizada que constituye la veta. En primer lugar se perfora y "vuela" la veta. Cuyo producto será luego transportado hacia los "chutes" del tajo para posteriormente rellenar el tajo con material estéril de las labores de exploración, desarrollo y preparación.

El techo de este subnivel que es el inicio del tajeo, se realiza mediante sucesivos cortes hasta llegar al piso del nivel superior.

El mineral roto en los tajeos se acarrea con carretilla hacia los chutes ("ore pass").

De los echaderos, el mineral es vaciado y acarreado por locomotoras y carros mineros (U-21, U-35 y Z-30), en el caso de los Z-30 y Z-20 que son empujados por dos trabajadores hasta las correspondientes echaderos de mineral. De estos echaderos el

mineral es vaciado a los carros mineros U-24 de 24 pies³, los que luego son halados con locomotoras a batería Clayton hasta las correspondientes parrillas de las tolvas en superficie.

El relleno en el tajeo es esparcido y aplanado y sirve de piso para que el perforista ejecute el siguiente corte. Entre el relleno y el techo del tajeo se deja una distancia de aproximadamente 1.80m para permitir tanto al trabajador como a su perforadora “stoper” y barreno “patero” de 3’ de longitud iniciar la perforación.

Teniendo como piso de relleno, se rompen y extraen franjas de mineral de 1.50 m. de altura en todo el horizonte para luego nuevamente rellenar, comenzar la rotura en el siguiente horizonte y así sucesivamente, ascender hasta el nivel superior.

Con este método, es fácil recuperar todo el mineral del tajeo, dejando como pilares los tramos muy angostos o de baja ley y rellenando los espacios vacíos con desmonte proveniente del mismo tajeo. Este procedimiento se continúa ejecutando hasta completar el ciclo.

En las labores mineras utilizan las perforadoras convencionales de aire comprimido tipo “jack leg” y en algunos los tajeos emplean las maquinas “stoper” (AC Faicon). Los barrenos son integrales entre 4’ y 5’ de longitud, los explosivos son Emulnor de 5000, 3000, 1000 y Carmex con fulminantes N° 8.

El perforista al iniciar su labor, ventila, riega tanto la carga como las paredes y frente de la labor disparada, desata el terreno y asegura las cajas con puntales de seguridad. En la perforación se usa el agua a presión con un volumen adecuado. Jamás se perfora en seco. El acarreo del mineral en los tajeos se realiza con carretillas y en las galerías se utilizan las locomotoras a batería.

Para el avance de las labores horizontales, verticales y de explotación, se emplea madera de eucalipto de diferentes secciones y tamaños así como tablas, para sostenimiento, cuadros, “chutes”, escaleras, descansos, tapones, puntales, enrejados, etc.

Para el abastecimiento de aire comprimido, las dos Zonas Mineras, cuentan con compresoras, todas portátiles y refrigeradas por agua.

3.10. CORTE Y RELLENO ASCENDENTE

En este método el mineral se arranca en rebanadas horizontales o inclinadas, trabajando en sentido ascendente desde la galería inferior, el mineral se extrae a medida que se arranca, el vacío dejado al sacar el mineral se rellena con estériles siguiendo el frente a una distancia mayor o menor según los casos, solo se empieza el relleno cuando se completa el arranque de una rebanada. Entre relleno y techo del mineral in situ se deja espacio suficiente para poder trabajar en la perforación de la rebanada siguiente.

3.10.1. Labores de desarrollo

Para aplicar este método de corte y relleno ascendente se debe desarrollar una galería al largo del lente mineralizado delimitando el block. Luego se desarrolla dos chimeneas de 10 m, para luego proceder al armado de tolvas caminos en ambas chimeneas hecho esto se procede a comunicar ambas chimeneas al nivel superior.

3.10.2. Labores de preparación

Dejando dos metros de puente se procede a la construcción del subnivel que va a lo largo del block, se inicia de la primera chimenea hasta la segunda Chimenea.

La secuencia a seguir es:

Se desarrolla el subnivel 20 m aproximadamente, luego se inicia con la una nueva chimenea que va desde la galería hasta comunicar con el subnivel, hecho esto se procede a armar la tolva de madera, en seguida se retoma el subnivel, se sigue la misma secuencia hasta terminar.

El numero de chimeneas chicas está en función a la longitud del block (Distancia mínima de chimenea a chimenea es de 12.5m). Hecho esto el block se llamara tajeo, listo para ingresar a explotación.

3.10.3. Labor de explotación.

Se mantiene el siguiente ciclo de minado:

- Perforación
- Carguío y Voladura
- Limpieza del tajeo
- Extracción del mineral de las tolvas
- Preparación del tajeo para relleno
- Relleno

A continuación se hace el detalle por ciclos.

3.10.3.1. Perforación

Normalmente es ejecutada con perforadoras ligeras toyo 24 L, con barras chicas, se utiliza malla de 40x40cm, inclinación de taladros 45, profundidad de taladros 1.5m.

La perforación en avance de galería y chimenea la realiza la contrata usando martillos perforadores Jack Leg y barrenos integrales de 4', 5' o 6'. Las secciones que se llevan son de 3'x 6'; 4'x 6'; 5' x 7'; 7' x 7'.

Los parámetros de perforación y de desgaste de los barrenos están en función al tipo de roca y sus

propiedades abrasivas. El afilado correcto del barreno viene a jugar un papel importante en la eficiencia de la perforación ya que un mal afilado acaba prematuramente con el barreno, malogra el martillo y se traduce en un aumento de h-hombre/guardia para esta actividad.

3.10.3.2. Carguío y Voladura

El carguío de taladros se realiza en forma manual utilizando atacador, previamente se realiza la limpieza del taladro con la cucharilla, que es una varilla de metal con unos dobles en uno de los extremos que sirve para sacar los detritos que han quedado en el taladro y pueden ocasionar el corte de la mecha de seguridad o provocar bolsas de aire al momento de cargar los cartuchos.

El objetivo primordial que se espera obtener de una voladura es el de fragmentar eficientemente el mineral in situ. La consecución exitosa de este objetivo depende de los siguientes factores:

- El Explosivo: velocidad de detonación, energía, potencia, densidad, presión de detonación volumen de gases

- Geometría del disparo: diseño de la malla.
- Masa rocosa.

El explosivo usado para la voladura son emulsiones de 5000, 3000, 1000 un peso aproximado de 0.115Kg. y una velocidad de detonación de 4800 m/s con densidad de 1.15. Como iniciador se utiliza fulminante N° 8 y mecha de seguridad con conectores.

El factor de carga es un parámetro a controlar para evitar el excesivo consumo de explosivo que elevara los costos por metro de avance y también elevara la producción de gases en la galería. Este puede ser controlado con un correcto diseño de malla y una perforación eficiente.

3.10.3.3. Limpieza del tajeo

La limpieza se realiza después de haber ventilado el frente en la mayoría de los casos se utilizan carros mineros, los cuales tienen diferente tamaño U-21, U-35 y carros mineros sobre neumáticos están los Z-30, Z-20, Z-10. En las labores pequeñas se utiliza carretilla.

El acarreo en los carros mineros se realiza con ayuda de locomotora a batería de lo contrario empujado por

obreros. El personal mínimo para esta actividad es 1 maestro palero y 2 ayudantes.

En las labores mecanizadas se tiene equipos de bajo perfil para efectuar la limpieza, en las galerías que utilizan carro minero, se efectúa el tendido de rieles. Además el personal que efectúa la limpieza debe realizar el desatado de la roca que esta suelta para evitar accidentes, esto a veces no se cumple y se pone en riesgo a los encargados de realizar la perforación.

3.10.3.4. Extracción del mineral

Se realiza con locomotoras cleyton a batería. Desde el interior mina hasta las tolvas superficiales que almacenan 20-30TM. La extracción del mineral en la Mina "Chino II", es realizada por los Microcontratistas quienes trabajan en los tajos de explotación, siguiendo el rumbo y buzamiento de las estructuras.

El mineral es acumulado en la superficie en tolvas y luego transportado con los volquetes hasta el área de almacenamiento de la planta de Beneficio, donde es pesado, muestreado y liquidado.

3.10.3.5. Relleno

Una vez terminada con la limpieza se procede a proyectar las tolvas camino y tolvas intermedias con cuadros bien enrejados y topeados, terminada la preparación se procede a rellenar, inicialmente se perfora y dispara el piso para completar el ancho de minado (un metro). Luego se extiende la carga a lo largo del tajeo, en seguida se introduce relleno del nivel superior de una galería en desarrollo o exploración, para completar de rellenar hasta la altura del cuadro.

CAPITULO IV

4. CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

4.1.INTRODUCCIÓN

Durante las etapas preliminares del diseño de un proyecto, cuando se dispone de muy poca información de la masa rocosa, de los esfuerzos in situ y de las características hidrológicas; la utilización de los esquemas de Clasificaciones Geomecánicas de macizos rocosos puede ser muy beneficiosa, a fin de obtener estimaciones iniciales de la resistencia y deformación del macizo rocoso.

Su utilización está destinado a responder preguntas como: ¿Qué criterios habría que utilizar para saber si las decisiones tomadas son lógicas?, ¿Cómo podemos saber si la excavación a ejecutar es demasiado grande o si el sostenimiento aplicado es escaso o sobrante?. La respuesta consiste en emplear algún sistema de clasificación en el que se puede confrontar la problemática propia

con la encontrada por otros. Tal sistema de clasificación sirve para que el diseñador tenga acceso a la experiencia sobre condiciones de roca y necesidades de refuerzo recabado en otras obras para compararla con las condiciones supuestas en su propia obra.

Es importante comprender que la utilización de las Clasificaciones Geomecánicas de macizos rocosos no debe reemplazar los procedimientos de diseño más elaborados. La realización de estos estudios requiere de información detallada como: esfuerzos in situ, propiedades de la masa rocosa y secuencia de excavación, los cuales no están disponibles en las primeras etapas del proyecto.

4.2. GEOLOGÍA

La geología (proviene del griego Geo “tierra”, Logos “Estudio”) es la ciencia y el estudio de la materia física y energía que constituye la tierra. El campo de la geología comprende el estudio de la composición, estructura, propiedades, y la historia de la materia física del planeta, los procesos por los que se forma, se traslado y cambio la historia de la vida en la tierra, y las interacciones humanas con la tierra.

4.3. GEOMECANICA

Es la conjunción de varias disciplinas (geología, mecánica de rocas, hidrogeología, etc.) que se encarga del estudio del macizo

rocoso y su aplicación en resolver problemas constructivos en ese ambiente (minas subterráneas, superficiales, túneles, casa de fuerza, etc.).

4.4.MECÁNICA DE ROCAS

Es la ciencia teórica y aplicada del comportamiento mecánico de la roca y de los macizos rocosos; sometidos al campo de fuerzas de su entorno físico. La aplicación de los conceptos de mecánica de rocas es de valor industrial en la industria minera (subterráneo y cielo abierto).

4.5.MACIZO ROCOSO

Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales. La presencia de discontinuidades de diverso tipo confiere al macizo rocoso un carácter heterogéneo y un comportamiento no continuo.

4.6.CLASIFICACIÓN DE ROCAS DE TERZAGHI

En 1946, Terzagui propuso un sistema de clasificación de roca orientado al cálculo que deben soportar arcos de acero en túneles. Tuvo como base la experiencia captada en la ejecución de túneles ferrocarrileros en los Alpes. Describió varios tipos de roca y fijó

escalas según las diferentes condiciones del terreno. Terzagui en su artículo original describió los siguientes términos:

4.6.1. Roca Intacta

No tiene discontinuidades ni fracturas. Por lo que si se rompe lo hace a través de la roca sana. Debido al daño que se causa a la roca con el uso de explosivos, pueden caer del techo.

4.6.2. Roca Estratificada

Está constituida por capas unitarias con poca o ninguna resistencia a la separación a lo largo del plano limítrofe entre estratos. La capa puede haberse debilitado o no debido a fracturas transversales. Los desprendimientos son comunes en este tipo de roca.

4.6.3. Roca Medianamente Fisurada

Tiene fisuras y ramaleos pero los bloques entre las juntas están soldados o íntimamente embonados que las paredes verticales no necesitan refuerzo. En rocas de este tipo, se puede encontrar a la vez desprendimientos y chasquido.

4.6.4. Roca Agrietada en Bloques

Es una roca químicamente inalterada o casi inalterada, cuyos fragmentos se encuentran casi totalmente separados unos de otros y no embonan. Este tipo de roca puede necesitar además laterales en las paredes.

4.6.5. Roca Triturada

Pero químicamente sana tiene la apariencia de ser un producto de trituradora. Si los fragmentos, en su mayoría o todos, son del tamaño de arena y no ha habido recementación, la roca triturada que está abajo del nivel de aguas freáticas tiene la propiedad de una arena saturada.

4.6.6. Roca Comprimida

Avanza lentamente en el túnel sin aumento perceptible de volumen. Un prerequisite de compresión es un porcentaje elevado de partículas microscópicas o sub-microscópicas de micas o de minerales arcillosos de poca expansibilidad.

4.6.7. Roca Expansiva

Avanza básicamente en el túnel a su propia expansión. La capacidad de esponjamiento parece estar limitada a las rocas

que contienen minerales arcillosos como la montmorillonita, con una alta capacidad de expandirse.

4.7. CLASIFICACIÓN DE STINI Y LAUFFER:

Stini, en su manual de geología de túneles, propuso una clasificación de los macizos rocosos y comentó muchas de las condiciones adversas que pueden encontrarse en la construcción de túneles.

Lauffer (1958) llamó la atención sobre la importancia del tiempo de sostén del claro activo en un túnel. El tiempo de sostén es el lapso durante el cual una excavación será capaz de mantenerse abierta sin sostenimiento.

Al diseñar el sostenimiento para excavaciones en roca dura es prudente asumir que la estabilidad de la masa rocosa alrededor de la excavación no depende del tiempo. Toda vez que si una cuña, formada estructuralmente, es expuesta en el techo, ésta debería caer.

4.8. ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA RQD:

Fue desarrollado por Deere (1967), provee una estimación cuantitativa de la calidad de la masa rocosa a partir del registro de perforaciones diamantinas.

$$\text{RQD} = \frac{\text{sumatoria de longitudes de piezas mayores de 100mm}}{\text{longitud total de la muestra}}$$

El RQD se define como el porcentaje de piezas de roca intacta mayores que 100mm., que se recuperan enteras del largo total de la muestra tomada. El testigo debería tener al menos 50 mm., recuperado con una perforadora diamantina de doble carril. Generalmente se da un valor de RQD para cada dos metros de perforación.

Esta operación es bastante sencilla, rápida y, se ejecuta conjuntamente con el registro geológico normal del sondeo.

Deere propuso la siguiente relación entre el valor numérico RQD y la calidad de la roca.

Cuadro 02: Denominación de la calidad de roca según el RQD

RQD	CALIDAD DE ROCA
25%	Muy Mala
25-50%	Mala
50-75%	Regular
75-90%	Buena
90-100%	Muy Buena

Fuente: Libro Mecánica de rocas, Universidad Nacional Daniel A. Carrión, 1998. Ing. Carlos Cueva Caballero

4.9. RSR (Rock Structure Ratio) (Wickham, Tiedemann and Skinner, 1972)

La propuesta del índice RSR en 1972 fue un avance importante en la clasificación de macizos rocosos. Por primera vez se construía un índice a partir de datos cuantitativos de la roca. Era

pues, un sistema completo con menos influencia de aspectos subjetivos. Se calculaba sumando tres contribuciones (A, B y C) relacionados con aspectos geológicos generales (A), fracturación y dirección del avance (B) y condiciones de agua y de las juntas (C). Se resume en las tablas de la gráfico 03. Estas tablas no corresponden a la clasificación original (1972) sino a la versión actualizada de 1974 tal y como la recoge Bieniawski (1984).

Este índice y las recomendaciones para el sostenimiento se basaron fundamentalmente en túneles sostenidos mediante cerchas. Los autores resumieron en gráficos correspondientes a diferentes diámetros de túnel el sostenimiento necesario para cada valor de RSR (ver gráfico 04 para un túnel de 4.27 m (14') de luz (Skinner, 1988)).

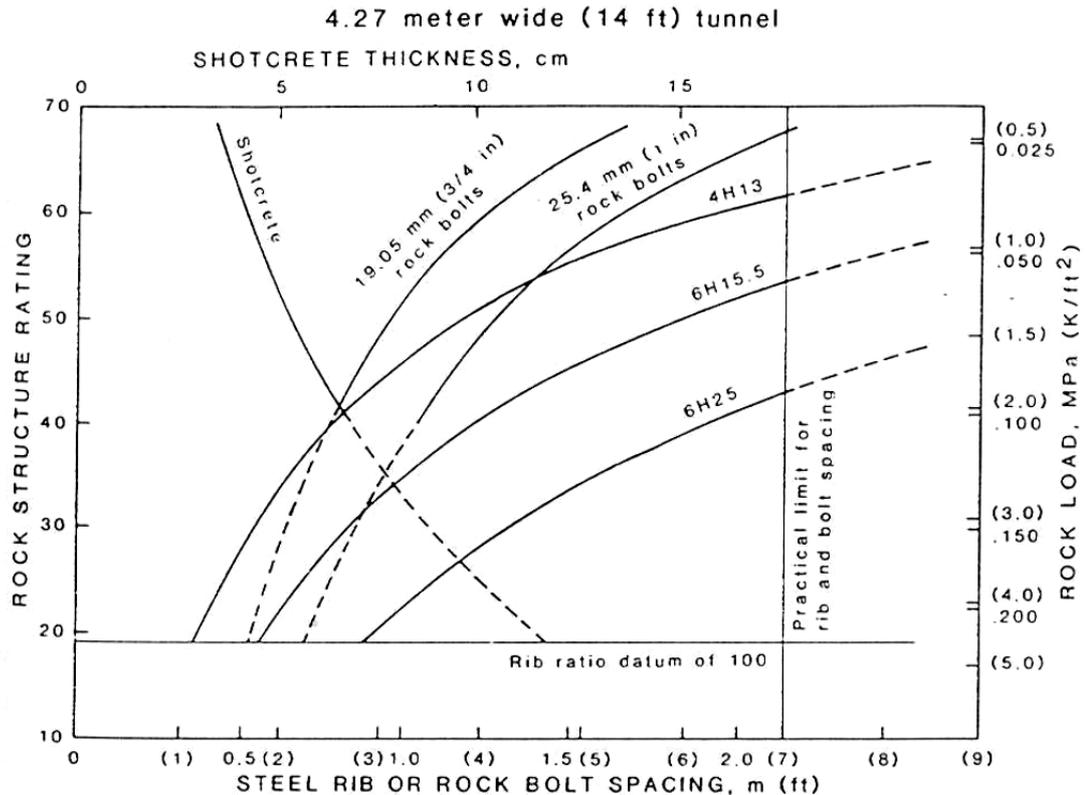
Gráfico 03: RSR (Rock Structure Ratio)

Basic rock type					Geological structure			
	Hard	Med	Soft	Descomp.	Massive	Slightly faulted or folded	Moderately faulted or folded	Intensely faulted or folded
Igneous	1	2	3	4				
Metamorphic	1	2	3	4				
Sedimentary	2	3	4	4				
Type 1					30	22	15	9
Type 2					27	20	13	8
Type 3					24	18	12	7
Type 4					19	15	10	6

Average Joint Spacing	Strike to axis					Strike to axis		
	Direccion of drive					Direccion of drive		
	Both			With dip		Against dip		Both
	Dip of prominent joints					Dip of prominent joints		
	Flat	Dipping	Vertical	Dipping	Vertical	Flat	Dipping	Vertical
1. Very closely jointed < 2 in.	9	11	13	10	12	9	9	7
2. Closely jointed 2-6 in.	13	16	19	15	17	14	14	11
3. Moderately jointed 6-12 in.	23	24	28	19	22	23	23	19
4. Moderate to blocky 1-2 ft.	30	32	36	25	28	30	28	24
5. Blocky to massive 2-4 ft.	36	38	40	33	35	36	34	28
6. Massive > 4 ft.	40	43	45	37	40	40	38	34

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

Gráfico 04: Sostenimiento necesario para cada valor de RSR.



Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

4.10. CLASIFICACIÓN ROCK MASS RATING RMR:

Bieniawski, en 1976, publicó su clasificación de masas rocosas llamada Clasificación Geomecánica o Rock Mass Rating. Con el pasar de los años, este sistema ha sido refinado sucesivamente cambiando los índices asignados a cada uno de los parámetros de clasificación. La sistema que se presenta data de 1989 y es la más reciente.

Bieniawski utilizó 6 parámetros para clasificar las masas rocosas haciendo uso del sistema Rock Mass Rating:

1. Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta.
2. Rock Quality Designation (RQD)
3. Espaciamiento de discontinuidades.
4. Condición de discontinuidades.
5. Condición de agua subterránea.
6. Orientación de discontinuidades.

Para aplicar este sistema, la masa rocosa debe dividirse en áreas llamadas dominios estructurales; cada uno de éstos debe clasificarse separadamente. La periferia de los dominios estructurales generalmente coincide con una estructura mayor o cambio del tipo de roca. En algunos casos, cambios significantes en el espaciamiento o características de las discontinuidades, dentro de un mismo tipo de roca, pueden hacer necesario dividir la masa rocosa en varios dominios estructurales pequeños.

El sistema Rock Mass Rating se presenta en las tablas siguientes, los cuales proporcionan los índices para cada uno de los seis parámetros listados arriba. Estos índices se suman y dan un valor R.M.R.

Bieniawski publicó, en 1989, una serie de reglas para la selección del sostenimiento en túneles ejecutados en masas rocosas que han sido valorados con el sistema R.M.R.

Estas reglas se han publicado para túneles de 10 m de ancho, construidos utilizando métodos convencionales de perforación y voladura, asumiendo esfuerzos verticales Menores a 25 MPa (equivalente a una profundidad menor de 900 m).

Cuadro 03: Parámetros de clasificación y sus índices

Parámetros		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca intacta	Carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Se requiere pruebas de compresión uniaxial		
		Resistencia a la compresión uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa	1 - 5 Mpa	< 1 Mpa
	INDICE	15	12	7	4	2	1	0	
2	Calidad de testigo de la perforación diamantina	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%			
	INDICE	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de discontinuidades	> 2m	0.6-2m	200-600mm	60-200mm	< 60mm			
	INDICE	20	15	10	8	5			
4	Condición de discontinuidades	<ul style="list-style-type: none"> ●Superficie muy rugosa. ●No continúa. ●Sin separación. ●paredes de roca inalterada. 	<ul style="list-style-type: none"> ●Superficie ligeramente rugosas. ●Separación<1mm ●Paredes de roca ligeramente alteradas 	<ul style="list-style-type: none"> ●Superficie ligeramente rugosas. ●Separación<1mm ●Paredes de roca altamente alteradas 	<ul style="list-style-type: none"> ●Superficies de espejo de falla o gouge < 5mm de espesor o separación 1-5 mm continúa. 	<ul style="list-style-type: none"> ●Suave gouge > 5mm de espesor o separación > 5mm continua 			
		INDICE	30	25	20	10	0		
5	Flujo para 10m de túnel (l/m)	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125			
	Presión de agua en discontinuidades / Esfuerzo principal mayor σ	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5			
	Condiciones generales	Completamente seco	Semi Seco	Humedo	Goteo	Flujo			
	INDICE	15	10	7	4	0			

Fuente: Libro Mecánica de rocas, Universidad Nacional Daniel A. Carrión, 1998. Ing. Carlos Cueva Caballero

Cuadro 04: Ajuste de índices por orientación de discontinuidades

Orientación strike y dip.		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Índice	Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12
	Cimientos	0	-2	-7	-15	-25
	INDICE	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: Libro Mecánica de rocas, Universidad Nacional Daniel A. Carrión, 1998. Ing. Carlos Cueva Caballero

Cuadro 05: Tipos de masa rocosa determinadas a partir del índice total

Índice	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21
Numero de clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca pobre	Roca muy pobre

Fuente: Libro Mecánica de rocas, Universidad Nacional Daniel A. Carrión, 1998. Ing. Carlos Cueva Caballero

Cuadro 06: Significado de los tipos de masa rocosa

Numero de clase	I	II	III	IV	V
Promedio de tiempo sin sostenimiento	20 años para 15m abertura	1 año para 10m abertura	1 semana para 5m abertura	10 horas para 2.5m abertura	30 minutos para 1 m abertura
Cohesión de la masa rocosa (Kpa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Angulo de fricción de masa rocosa (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Fuente: Libro Mecánica de rocas, Universidad Nacional Daniel A. Carrión, 1998. Ing. Carlos Cueva Caballero

Cuadro 07: Reglas para la clasificación de discontinuidades (condición)

Persistencia (Longitud)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Índice	6	4	2	1	0
Separación (Apertura)	ninguno	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Índice	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugoso	Rugoso	Ligeramente Rugoso	Liso	Espejo de falla
Índice	6	5	3	1	0
Relleno (Gouge)	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno suave < 5 mm	Relleno suave > 5 mm
Índice	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	Altamente alterado	Descompuesto
Índice	6	5	3	1	0

Fuente: Libro Mecánica de rocas, Universidad Nacional Daniel A. Carrión, 1998. Ing. Carlos Cueva Caballero

Cuadro 08: Efecto del rumbo y buzamiento de las discontinuidades en la ejecución de túneles

Rumbo perpendicular al eje del túnel				Rumbo paralelo al eje del túnel		Orientación independiente del rumbo
Avance con el buzamiento		Avance contra el buzamiento		Dip 45° - 90°	Dip 20° - 45°	
Dip 45° - 90°	Dip 20° - 45°	Dip 45° - 90°	Dip 20° - 45°					Dip 0° - 20°
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Regular

Fuente: Libro Mecánica de rocas, Universidad Nacional Daniel A. Carrión, 1998. Ing. Carlos Cueva Caballero

Cuadro 09: Reglas para la excavación y sostenimiento de túneles de 10m de ancho bajo el sistema RMR

Tipo de masa rocosa	Excavación	Pernos de roca	Concreto Lanzado	Steel stes
I. Roca muy buena RMR : 81 - 100	Todo el frente 3m de avance	Generalmente no requiere sostenimiento excepto empernado esporádico		
II. Roca buena RMR : 61 - 80	Todo el frente 1 - 1.5m de avance. Completo sostenimiento 20 m detrás del frente	Locales. Pernos de 3m de longitud. Con espaciamiento de 2.5m y malla soldada ocasional	50 mm en el techo y donde se requiera	Ninguno
III. Roca regular RMR : 41 - 60	Corte piloto y banqueo con 1.5m a 3m de avance con el corte piloto. El sostenimiento se instala después de cada voladura. Completo sostenimiento de los 10m hasta el frente.	Pernos sistemáticos de 4m de longitud, espaciados 1.5 - 2m, en el techo y las paredes con malla soldada en el techo	50 - 100 mm en el techo y 30 mm en los lados.	Ninguno
IV. Roca pobre RMR : 21 - 40	Corte piloto y banqueo. 1.0 a 1.5m de avance en el corte piloto. El sostenimiento debe instalarse juntamente con la ejecución de la excavación.	Pernos sistemáticos de 4 - 5m de longitud, espaciados 1 - 1.5m en el techo y las paredes con malla soldada.	100-150 mm en el techo y 100 mm en los lados.	Aceros ligeros a medios espaciados 1.5m colocados donde se requiera.
V. Roca muy pobre RMR : < 20	Múltiples cortes. 0.5 a 1.5m de avance en el corte piloto. El sostenimiento se instala juntamente con la ejecución de la excavación. El concreto lanzado se debe colocar tan pronto sea posible.	Pernos sistemático, espaciados 1 - 1.5m en el techo y las paredes con malla soldada.	150-200 mm en el techo y 150 mm en los lados, y 50 mm en el frente.	Aceros medio a duro espaciados 0.75m con aceros termos aislados y anticorrosivos.

Fuente: Libro Mecánica de rocas, Universidad Nacional Daniel A. Carrión, 1998. Ing. Carlos Cueva Caballero

4.11. Sistema Q (Barton, Lien y Lunde, 1974)

El índice Q se obtiene mediante la siguiente expresión:

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

Donde, además del RQD, se introducen los parámetros siguientes:

J_n : parámetro para describir el número de familias de discontinuidad.

J_r : parámetro para describir la rugosidad de las juntas.

J_a : parámetro para describir la alteración de las juntas.

J_w : factor asociado al agua en juntas.

SRF : factor asociado al estado tensional (zonas de corte, fluencia, expansividad, tensiones “in situ”)

La asociación de factores permite dar un sentido físico a cada uno de ellos:

RQD/ J_n : representa el tamaño del bloque medio.

J_r/J_a : reúne términos de rugosidad, fricción y relleno de las juntas y representa la resistencia al corte entre bloques.

J_w/SR : combina condiciones de agua y tensión y, por tanto, puede representar una tensión activa o eficaz.

Aunque en el índice Q no se menciona explícitamente la orientación de las juntas, señalan sus autores que los valores de J_r

y Ja se han de referir a la familia de juntas que con más probabilidad puedan permitir el inicio de la rotura. La descripción detallada de Q aparece en el **gráfico 05**.

Gráfico 05: Índices de Q.

1 . <u>ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD)</u>	
A. Very poor	0 - 25
B. Poor	25 - 50
C. Fair	50 - 75
D. Good	75 - 90
E. Excellent	90 - 100

Note :

- (i) Where RQD is reported or measured as ≤ 10 , (including 0) a nominal value of 10 is used to evaluate Q in equation (1) .
- (ii) RQD intervals of 5, i.e. 100 , 95 , 90 , etc. Are sufficiently accurate.

2 . <u>JOINT SET NUMBER</u>		(Jn)
A.	Massive , no or few joints	0 . 5 - 1 . 0
B.	One joint set	2
C.	One joint set plus random	3
D.	Two joint sets	4
E.	Two joint sets plus random	6
F.	Three joint sets	9
G.	Three joint sets plus random	12
H.	Four or more joint sets , random , heavily jointed , "sugar cube " etc	15
J.	Crushed rock , earthlike	20

Note :

- (i) For intersections use (3 . 0 x Jn)
- (ii) For portals use (2 . 0 Jn)

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

Gráfico 05: Índices de Q.

3 . <u>JOINT ROUGHNESS NUMBER</u>		
	(a) rock wall contact and (b) Rock wall contact before 10 cms shear	(Jr)
	Discontinuous joints	
A .	.....	4
	Rough or irregular , undulating	
B .	.....	3
	Smooth , undulating	
C .	.....	2
	Slickensided , undulating	
D .	.....	1 . 5
	Rough or irregular , planar	
E .	.....	1 . 5
	Smooth , planar	
F .	.....	1 . 0
	Slickensided , planar	
G .	.....	0 . 5
Note		
:	(i) Descriptions refer to small scale features and intermediate scale features , in that order . (c) no rock wall contact when sheared	
H .	Zone containing clay minerals thick enough to prevent rock wall contact	
	.....	1 . 0
J .	Sandy , gravelly or crushed zone thick enough to prevent rock wall contact	
	.....	1 . 0
Note		
:	(ii) Add 1 . 0 if the mean spacing of the relevant jointing set is greater than 3m.	
	(iii) Jr = 0.5 can be used for planar slickensided jointing having lineations , provided the lineations are orientated for minimum strength	

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

Gráfico 05: Índices de Q.

4 . <u>JOINT ALTERATION NUMBER</u>	(Ja)	ϕ_r (approx)
(a) Rock wall contact		
A . Tightly healed, hard, non-softening, impermeable filling i.e. quartz or epidote.....		(-)
0.75		
B . Unaltered joint walls. staining only.....		(25 - 35°)
1.0		
c . Slightly altered joint walls. Non-softening mineral coatings, sandy particles, clay-free disintegrated rock etc.....	2.0	(25 - 30°)
D . Silty- , or sandy-clay coatings, small clay fraction (non-soft.)..	3.0	(20 - 25°)
E . Softening or low friction clay mineral coatings, i.e. kaolinite or mica. Also chlorite, talc, gypsum, graphite etc., and small quantities of swelling clays.....	4.0	(8 - 16°)
(b) rock wall contact before 10 cms shear		
F . Sandy particles, clay-free disintegrated rock etc	4.0	(25 - 30°)
G . Strongly over-consolidated non-softening clay mineral fillings (continuous, but <5 mm thickness)	6.0	(16 - 24°)
H . Medium or low over-consolidation, softening, clay mineral fillings (continuous, but <5 mm thickness)	8.0	(12 - 16°)
J . Swelling - clay fillings, i.e. montmorillonite (continuous, but <5mm thickness) Value of Ja depends on percent of swelling clay-size particles, and access to water etc.....	8-12	(6 - 12°)
(c) No rock wall contact when sheared		
K, L, M . Zones or bands of disintegrated or crushed rock and clay (see G, H, J for description of clay condition)....	6, 8, or 8-12	(6 - 24°)
N . Zones or bands of silty- , or sandy-clay, small clay fraction (non-softening)	5.0	(-)
O,P, R. Thick, continuous zones or bands of description of clay condition)	10, 13, or 13-20	(6 - 24°)

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

Gráfico 05: Índices de Q.

<u>5 . JOING WATER REDUCTION FACTOR</u>	(Jw)	Approx. Water pres. (kg/cm ²)
A . Dry excavations or minor inflow, i.e. < 5 l/mm locally	1.0	< 1
B . Medium inflow or pressure, occasional outwash of joing fillings	0.66	1 - 2.5 2.5 -
C . Large inflow or high pressure in competent rock with unfilled joints....	0.5	10 2.5 -
D . Large inflow or high pressure, considerable outwash of joint fillings.....	0.33	10
E . Exceptionally high inflow or water pressure at blasting, decaying with time	0.2 - 0.1	> 10
F . Exceptionally high inflow or water pressure continuing without noticeable decay	0.1 - 0.05	> 10

Note : (i) Factors C to F are crude estimates. Increase Jw if drainage measures are instalied.
(ii) Special problems caused by ice formation are not considered.

<u>6 . STRESS REDUCTION FACTOR</u>	(SR F)
(a) weakness zones interbecting excavation, which may cause loosening of rock mass when tunnel is excavated.	10
A . Multiple occurrences of weakness zones containing clay or chemically disintegrated rock, very loose serroundieng rock (and depth).....	5
B . Single weakness zones containing clay or chemically disintegrated rock (depth of excavation ≤ 50m).....	2.5
C . Single weakness zones containing clay or chemically disintegrated rock (depth of excavation > 50m).....	7.5
D . Multiple shear zones in competent rock (clay-free), loose surrounding rock (any depth).....	5.0
E . Single shear zones in competent rock (clay-free) (depth of excavation ≤ 50m).....	2.5
F . Single shear zones in competent rock (clay-free) (depth of excavation > 50m).....	5.0
G . Loose open joints, heavilly jointed or "sugar cube" etc. (any depth).....	

Note : (i) Reduce these values of SRF by 25-50 if the relevant shear zones only influence but do not intersect the excavation.

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

Gráfico 05: Índices de Q.

(b) competent rock, rock atrese problems		σ_c/σ_1	σ_t/σ_1	(SR F)
H .	Low stress, near surface	>200	>13	2 . 5
J .	Medium stress	200-10	13--	1 . 0
K .	High stress, very tight streucture (usually favourable to stability, may be unfavourable for wall stability).....	10--5	0.66--	0.5 - 2
L .	Mild rock burst (massive rock).....	5--2--5	0.33--	5--
M .	Heavy rock burst (massive rock).....	< 2 . 5	<0 . 16	10-- 20
Note :	(ii) For strongly anisotropic virgin stress field (if measured): when $5 \leq \sigma_1/\sigma_3 \leq 10$, reduce σ_c and σ_t to 0.80 c and 0.80 t. when $\sigma_1/\sigma_3 > 10$, reduce σ_c and σ_t to 0.60 c and 0.60 t , where σ_c = unconfined compression strength, and σ_t = tensile strength (point load), and σ_1 and σ_3 are the major and minor principal strasses. (iii) Few case records available where depth of crown below surface is less than span width. Suggest SRF increase from 2 . 5 to 5 for such cases (see H).			
(c) Squeezing rock: plastiee flow of inoompetent rock under the influence of high rock pressure				
N .	Mild squeezing rock pressure.....	5 -- 10		
O .	Heavy squeezing rock pressure.....	10 -- 20		
(d) Swelling rock: chemical swelling activity depending on presence of water				
P .	Mild swelling rock pressure.....	5 -- 10		
Q .	Heavy swelling rock pressure.....	10 -- 15		

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

En la práctica Q puede variar entre 10^3 y 10^{-3} , lo que representa un rango considerablemente mayor que el correspondiente a los índices del resto de clasificaciones. Cabe señalar que el método trata con cierto detalle los factores de rugosidad de juntas, alteración y rellenos de las mismas. Los parámetros J_r y J_a se deben establecer para la familia de discontinuidades con características más desfavorables (incluyendo en este concepto no únicamente las juntas de peor calidad-resistencia-intrínseca, sino también las peor orientadas). La determinación de Q permite la estimación del sostenimiento del túnel. Para ello se procede en tres etapas:

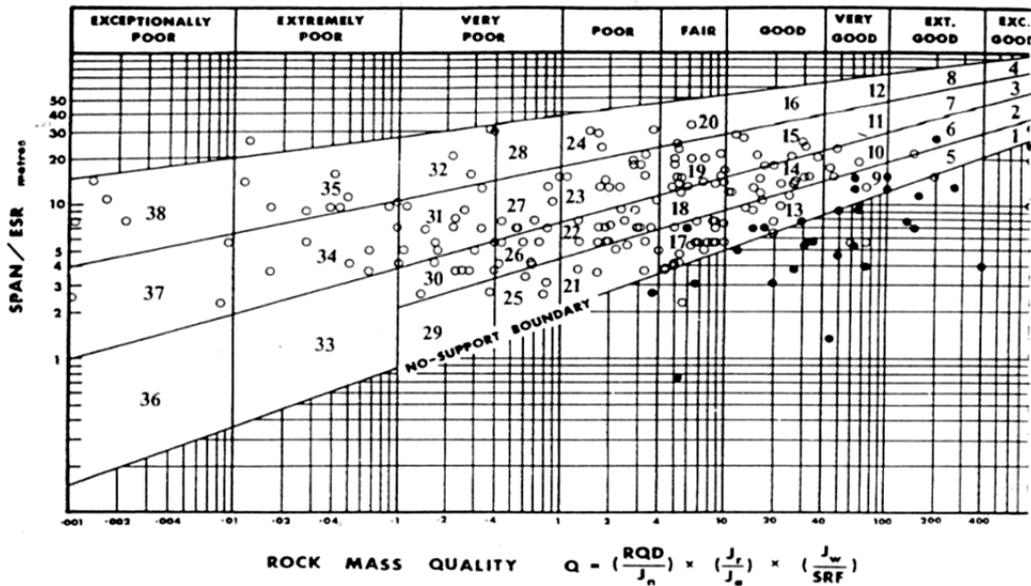
1. Se selecciona el grado de importancia de la excavación definido mediante un índice ESR (Excavation Support Ratio) que viene a ser un factor de seguridad. En efecto, Barton homogeneiza los diámetros de las excavaciones a un diámetro “equivalente”, que se define $D_e = D/ESR$.

Los valores de ESR aparecen en el gráfico 06. La referencia (ESR=1) corresponde típicamente a los túneles que encontramos en obras de transportes (carreteras y ferrocarriles). Un cambio en ESR conduce implícitamente a una percepción diferente de la seguridad que aceptamos para una determinada obra.

2. Se elige el tipo de sostenimiento combinando el índice Q y el diámetro o luz libre de la excavación (afectado por el coeficiente ESR) (gráfico 07). En esta figura se aprecian también los casos que no necesitan sostenimiento (por debajo del límite inferior de la figura). En general, los casos de excavaciones no sostenidas de forma permanente se dan cuando:

$$J_n \leq 9 ; J_r \geq 1 ; J_a \leq 1 ; J_w = 1 ; SRF \leq 2.55$$

Gráfico 06: Q vs SPAN/ESR



Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

3. Cada una de las categorías de sostenimiento indicadas en gráfico 07 corresponde a una descripción que aparece en la gráfico 08. El sistema especifica bulonado (con diferentes características), hormigón proyectado reforzado o no y arco de hormigón con encofrado, reforzado o no.

Gráfico 07: Valores orientados de ESR en función del tipo de excavación

Type of Excavación	ESR	Number of cases
A. Temporary mine openings etc.	ca. 3-5?	2
B. Permanent mine openings, water tunnels for hydre power (excluding high pressure penstocks). Pilot tunels, drifis and headings for large openings.	1,6	83
C. Storage cavems, water treatment plants, minor road and railway tunnels, surge chambers, access tunels, etc.	1,3	25
D. Power Stations, major road and railway tunnels. Civil defenser chambers, portals intersections.	1	79
E. Underground nuclear power stations, railway stations, sport and public facilities factories.	ca. 0,8?	2

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnic De Catalunya (U.P.C).

Gráfico 08: Clasificación de Bartón para los estudios

Support category	RQD/Jn	Jr/Ja	SPAN/ESR	Type of support	Notes
1*	-	-	-	sb(utg)	-
2*	-	-	-	sb(utg)	-
3*	-	-	-	sb(utg)	-
4*	-	-	-	sb(utg)	-
5*	-	-	-	sb(utg)	-
6*	-	-	-	sb(utg)	-
7*	-	-	-	sb(utg)	-
8*	-	-	-	sb(utg)	-
Note: The type of support to be used in categories 1 to 8 will depend on the blasting technique. Smooth wall blasting and thorough barring-down may remove the need for support. Rough-wall blasting may result in the need for single applications of shotcrete, especially where the excavation height is >25 m. Future case records should differentiate categories 1 to 8.					
9	≥ 20	-	-	sb(utg)	-
	< 20	-	-	B(utg) 2.5 - 3	-
10	≥ 30	-	-	B(utg) 2 - 3	-
	< 30	-	-	B(utg) 1.5 - 2 + clm	-
11	≥ 30	-	-	B(utg) 2 - 3	-
	< 30	-	-	B(utg) 1.5 - 2 + clm	-
12	≥ 30	-	-	B(utg) 2 - 3	-
	< 30	-	-	B(utg) 1.5 - 2 + clm	-
13	≥ 10	≥ 1.5	-	sb(utg)	I
	≥ 10	< 1.5	-	B(utg) 1.5 - 2 m	I
	< 10	≥ 1.5	-	B(utg) 1.5 - 2 m	I
	< 10	< 1.5	-	B(utg) 1.5 - 2 m + S 2 - 3 cm	I
14	≥ 10	-	≥ 1.5	B(tg) 1.5 - 2 m + clm	I . II
	< 10	-	≥ 1.5	B(tg) 1.5 - 2 m + S(mt) 5 - 10 cm	I . II
	-	-	< 1.5	B(tg) 1.5 - 2 m + clm	I . III
15	> 10	-	-	B(tg) 1.5 - 2 m + clm	I . II . IV
	≤ 10	-	-	B(tg) 1.5 - 2 m + S(mr) 5 - 10 cm	I . II . IV
16* see note XII	> 15	-	-	B(tg) 1.5 - 2 m + clm	I . V . IV
	≤ 15	-	-	B(tg) 1.5 - 2 m + S(mr) 10 - 15 cm	I . V . IV

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnic De Catalunya (U.P.C).

Gráfico 08: Clasificación de Bartón para los casos estudiados.

17	> 30	-	-	sb(uth)	I
	($\geq 10 . \leq 30$)	-	-	B(utg) 1 - 1.5 m	I
	<10	-	≥ 6 m	B(utg) 1 - 1.5 m + S 2 - 3 cm	I
	<10	-	< 6 m	S 2 - 3 cm	I
18	> 5	-	≥ 10	B(utg) 1 - 1.5 m + clm	I . III
	> 5	-	< 10	B(utg) 1 - 1.5 m + clm	I
	≤ 15	-	≥ 10	B(utg) 1 - 1.5 m + S 2 - 3 cm	I . III
	≤ 15	-	< 10	B(utg) 1 - 1.5 m + S 2 - 3 cm	I

Support category	RQD/Jn	Jr/Ja	SPAN/ESR	Type of support	Notes
19	-	-	≥ 20 m	B(tg) 1 - 2 m + S(mr) 10 - 15 cm	I . II IV
	-	-	< 20 m	B(tg) 1 - 1.5 m + S(mr) 10 - 15 cm	I . III
20* See note XII	-	-	≥ 35 m	B(tg) 1 - 2 m + S(mr) 20 - 25 cm	I . V . VI
	-	-	< 35 m	B(tg) 1 - 2 m + S(mr) 10 - 20 cm	I . II . IV
21	≥ 12.5	≤ 0.5	-	B(tg) 1 m + S 2 - 3 cm	I
	< 12.5	≤ 0.75	-	S 2.5 - 5 cme	I
	-	> 0.75	-	B(utg) 1 m	I
22	($> 10 . < 30$)	> 1.0	-	B(utg) 1 m + clm	I
	≤ 10	> 1.0	-	S 2.5 - 7.5 cm	I
	< 10	≤ 1.0	-	B(utg) 1 m + S(mr) 2.5 - 5 cm	I
	≥ 30	-	-	B(utg) 1 m	I
23	-	-	≥ 15 m	B(tg) 1 - 1.5 m + S(mr) 10 - 15 cm	I . II . IV VII
	-	-	< 15 m	B(utg) 1 - 1.5 m + S(mr) 10 - 15 cm	I

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnic De Catalunya (U.P.C).

Gráfico 08: Clasificación de Bartón para los casos estudiados.

24*	-	-	≥ 30 m	B(tg) 1 - 1.5 m + S(mr) 15 - 30 cm	I . V . VI
See note XII	-	-	< 30 m	B(tg) 1 - 1.5 m + S(mr) 10 - 15 cm	I . II . IV
25	> 10	> 0.5	-	B(utg) 1 m + mr or clm	I
	≤ 10	> 0.5	-	B(utg) 1 m + S (mr) 5 cm	I
	-	≤ 0.5	-	B(tg) 1 m + S(mr) 5 cm	I
26	-	-	-	B(tg) 1 m + S(mr) 5 - 7.5 cm	VIII . X . XI
	-	-	-	B(utg) 1 m + S 2.5 - 5 cm	I . IX
27	-	-	≥ 12 m	B(tg) 1 m + S(mr) 7.5 - 10 cm	I . IX
	-	-	< 12 m	B(tg) 1 m + S(mr) 5 - 7.5 cm	I . IX
	-	-	> 12 m	CCA 20 - 40 cm + B(tg) 1 m	VIII . X . XI
	-	-	< 12	S(mr) 10 - 20 cm + B(tg) 1 m	VIII . X . XI
28*	-	-	≥ 30 m	B(tg) 1 m + S(mr) 30 - 40 cm	I . IV . V IX
	-	-	(≥ 30 . <30 m)	B(tg) 1 m + S(mr) 20 - 30 cm	I . II . IV IX
	See note XII	-	< 20 m	B(tg) 1 m + S(mr) 15 - 20 cm	I . II . IX
	-	-	-	CCA(sr) 30 - 100 cm + B(tg) 1 m	IV . VIII . X . XI
29*	> 5	> 0.25	-	B(utg) 1 m + S 2 - 3 cm	-
	≤ 5	> 0.25	-	B(utg) 1 m + S(mr) 5 cm	-
	-	≤ 0.25	-	B(tg) 1 m + S(mr) 5 cm	-

Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

Gráfico 08: Clasificación de Bartón para los casos estudiados.

Support category	RQD/Jn	Jr/Ja	SPAN/ESR	Type of support	Notes
30	≥ 5	-	-	B(tg) 1 m + S 2.5 - 5 cm	IX
	< 5	-	-	S(mr) 5 - 7.5 cm	IX
	-	-	-	B(tg) 1 m + S(mr) 5 - 7.5 cm	VIII . X. XI
31	> 4	-	-	B(tg) 1 m + S(mr) 5 - 12.5 cm	IX
	$\leq 4 . \geq 1.5$	-	-	S(mr) 7.5 - 25 cm	IX
	< 1.5	-	-	CCA 20 - 40 cm + B(tg) 1 m	IX, XI
32 See note XIII	-	-	≥ 20 m	B(tg) 1 m + S(mr) 40 - 60 cm	II . IV IX . XI
	-	-	< 20 m	B(tg) 1 m + S(mr) 20 - 40 cm	III . IV . XI IX
	-	-	-	CCA 40 - 120 cm + B(tg) 1 m	IV . VIII X . XI
33	≥ 2	-	-	B(tg) 1 m + S(mr) 2.5 - 5 cm	IX
	< 2	-	-	S(mr) 5 - 10 cm	IX
	-	-	-	S(mr) 7.5 - 15 cm	VIII . X.
34	≥ 2	≥ 0.25	-	B(tg) 1 m + S(mr) 5 - 7.5 cm	IX
	< 2	≥ 0.25	-	S(mr) 7.5 - 15 cm	IX
	-	< 0.25	-	S(mr) 15 - 25 cm CCA(sr) 20 - 60 cm + B(tg) 1 m	IX VIII . X. XI
35 See note XIII	-	-	≥ 15 m	B(tg) 1 m + S(mr) 30 - 100 cm	II . IX . XI
	-	-	≥ 15 m	CCA(sr) 60 - 200 cm + B(tg) 1 m	VIII . X XI . II
	-	-	< 15 m	B(tg) 1 m + S(mr) 20 - 75 cm	IX . III XI
	-	-	< 15 m	CCA(sr) 40 - 150 cm + B(tg) 1 m	VIII . X . XI . III
36*	-	-	-	S(mr) 10 - 20 cm	IX
	-	-	-	S(mr) 10 - 20 cm + B(tg) 0.5 - 1.0 m	VIII . X. XI

Gráfico 08: Clasificación de Bartón para los casos estudiados.

37	-	-	-	S(mr) 20 - 60 cm	IX
	-	-	-	S(mr) 20 - 60 cm	VIII . X .
				+ B(tg) 0.5 - 1.0 m	XI
38 See note XIII	-	-	≥ 10 m	CCA(sr) 100 - 300 cm	IX
	-	-	≥ 10 m	CCA(sr) 100 - 300 cm	VIII . X
	-	-	< 10 m	+ B(tg) 1 m	II . XI
	-	-	< 10 m	S(mr) 70 - 200 cm	IX
	-	-	< 10 m	S(mr) 70 - 200 cm + B(tg) 1 m	VIII . X . III . XI
* Authors' estimates of support. Insuficient case records available for reliable estimation of support requirements.					
Key to support Tables:					
sb = spot bolting					
B = systematic bolting					
(utg) = untensioned, grouted					
(tg) = tendioned, (expanding shel: type for competent rock masses, grouted post-tensioned in very poor quality rock masses: see Note XI)					
S = shotcrete					
(mr) = mesh reinforeed					
clm = chain link mesh					
CCA = cast concrete arch					
(sr) = steet reinforeed					

Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politécnica De Catalunya (U.P.C).

Los sistemas RMR y Q se han aplicado, desde su publicación, a centenares de proyectos bajo condiciones variadas de litologías, calidad de roca, tamaño de excavación, profundidad, etc, y sus autores han defendido su bondad y universalidad en numerosos artículos.

En la tabla de la grafico 09, se comparan los factores que aparecen en ambas clasificaciones. El sistema Q parece algo más completo aunque no se dan criterios claros sobre la importancia de la

orientación y buzamiento de las discontinuidades (como se hace en los sistemas RSR y RMR).

La aplicación de diversos sistemas a un mismo caso permite, por otra parte, calificar el grado de conservadurismo relativo de cada método. Parece que el sistema RMR es algo más conservador que el Q.

Por otra parte, es lógico intentar una correlación entre los índices Q y RMR. Se han encontrado relaciones del tipo:

- $RMR = 9 \cdot \ln(Q) + 44 = 20.7 \cdot \log(Q) + 44$ (Bieniawski, 1976)
- $RMR = 13.5 \cdot \log(Q) + 43$ (Rutledge, 1978)
- $RMR = 12.5 \cdot \log(Q) + 55.2$ (Moreno Tallón, 1981)

Gráfico 09: Comparación de los distintos factores que aparecen en las clasificaciones de Bieniawski (RMR) y Barton (Q)

FACTORES INCORPORADOS POR LAS CLASIFICACIONES CSIR Y NGI		
FACTOR	CSIR (Bieniawski)	NGI (Barton)
RESISTENCIA ROCA MATRIZ	SI (Compresión) (Point Load o Compr. Simpl)	SI (compr. Y tracc.) (a través de coxinetes con nivel de tensiones)
RQD	SI	SI
ESPACIAMIENTO JUNTAS	SI	NO
CONDICION JUNTAS Rugosidad Relleno / alteraciòn	SI (Globalmente)	
AGUA Caudal Presiòn Condiciones Generales	SI SI SI	SI SI NO
ORIENTACION JUNTAS	SI (Criterios segùn: tùneles/ciment./Taludes)	NO (pero busca propiedades de las más desfavorables)
NUMERO DE FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES	NO	SI
ZONAS ESPECIFICAS DE FALLAS O DÈBILES	NO	SI
NIVEL DE TENSIONES	NO	SI
EXPANSIBILIDAD ROCA	NO	SI (Culitativamente)

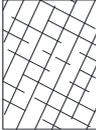
Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos De Barcelona (E.T.S.E.C.C.P.B) – Universidad Politècnica De Catalunya (U.P.C).

4.12. ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA GSI DE HOEK Y MARINOS (2000)

Se presenta en el cuadro siguiente. En el criterio original se consideran 6 categorías de masas rocosas, pero nosotros consideraremos 5 categorías, para compatibilizar este criterio con el criterio RMR y las guías de clasificación antes presentadas. El índice de resistencia geológica GSI considera dos parámetros. La condición de la estructura de la masa rocosa y la condición superficial de la misma.

Caracterización geotécnica del macizo rocoso según el grado de fracturamiento y resistencia. (Se toma en cuenta la condición de discontinuidades)

Grafico 10: Tabla geomecánica del GSI

<p>CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN GSI MODIFICADO</p> <p>Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal, medidas in situ con una wincha. La mala voladura afecta esta condición. La resistencia se determina golpeando o indentando la roca con una picota. Se toma en cuenta la rugosidad, alteración de paredes y relleno de las discontinuidades</p>		<p>CONDICIONES SUPERFICIALES</p>				
<p>ESTRUCTURA</p>		<p>MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc > 250 MPa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA)</p>	<p>BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)</p>	<p>REGULAR (RESISTENTE Y LEVENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)</p>	<p>MALA (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)</p>	<p>MUY MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (Rc < 25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)</p>
 <p>LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90%) (2 A 6 FRACT. POR METRO) (RQD = 115 - 3.3 Jn.)</p>	LF/MB	LF/B	LF/R	LF/M	LF/MM	
 <p>MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75%) (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p>	F/MB	F/B	F/R	F/M	F/MM	
 <p>MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50%) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p>	MF/MB	MF/B	MF/R	MF/M	MF/MM	
 <p>INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25%) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p>	IF/MB	IF/B	IF/R	IF/M	IF/MM	
 <p>TRITURADA O BRECHADA. LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD)</p>	T/MB	T/B	T/R	T/M	T/MM	

Fuente: Manual de Geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea. Sociedad nacional de minería, petróleo y energía.

4.12.1. Condición de estructura de la masa rocosa

Considera el grado de fracturamiento o la cantidad de fracturas (discontinuidades) por metro lineal, según esto, las cinco categorías consideradas se definen así:

- Masiva o levemente fracturada (LF)
- Moderadamente Fracturada (F)
- Muy fracturada (MF)
- Intensamente fracturada (IF)
- Triturada o brechada (T)

4.12.2. Condición superficial de la masa rocosa

Involucra a la resistencia de la roca intacta y a las propiedades de las discontinuidades: resistencia, apertura, rugosidad, relleno y la meteorización o alteración, según esto las cinco categorías consideradas se definen así.

- Masa rocosa muy buena (MB)
- Masa rocosa buena (B)
- Masa rocosa regular(R)
- Masa rocosa mala (M) o pobre(P)
- Masa rocosa muy mala (MM) o muy pobre (MP)

Cabe señalar que entre los diferentes criterios de clasificación geomecánica existen relaciones matemáticas para su correlación.

El RMR de Bieniawski (1989) está relacionado al Q (Índice de calidad de la masa rocosa) de Barton (1974), por la expresión:

$$\mathbf{RMR = 9 \ln Q + 44.}$$

Por otro lado, el RMR de Bieniawski (1989) esta correlacionado al GSI de Hoek y Marinos (2000), por la expresión:

$$\mathbf{GSI = RMR - 5.}$$

Esta expresión se usa para el caso de que el RMR sea mayor a 23 y considerando condiciones secas.

CAPITULO V

5. ELABORACIÓN DE LAS TABLAS GEOMECANICAS GSI MODIFICADO PARA LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELI VERSIÓN 001

Cualquier excavación practicada en un medio rocoso, produce un desequilibrio en el mismo, al extraer los materiales, se produce inevitablemente la eliminación del soporte natural de la masa rocosa circundante, dando lugar a la alteración de las condiciones de equilibrio, los efectos producidos se deben conocer con el fin de restituir el equilibrio y asegurar la estabilidad.

Toda estructura de ingeniería desarrollada en rocas, requiere para su adecuado diseño y ejecución, de la utilización y aplicación directa de los principios, metodologías y aplicaciones diversas de la mecánica de rocas, desde la fase de investigación preliminar, análisis, diseño, ejecución y operación de la obra. El conocimiento de la roca será lo primero que tendremos que realizar, hasta que seamos conscientes de

que podemos diferenciar las diferentes calidades de rocas que hay en nuestra labor.

Su conocimiento permitirá escoger el tamaño de la labor, la voladura más adecuada, el tiempo y tipo de soporte a colocar y sobre todo si estamos en una zona con condición segura o no. Cada unidad minera tiene diferentes tipos de rocas que a su vez están en diferentes condiciones, ya que cada yacimiento ha tenido su propia formación y evolución hasta llegar a la situación actual en que la explotamos, por lo tanto es necesario estudiarlas y conocerlas.

5.1. ANTECEDENTES DEL SOSTENIMIENTO EN LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELI.

En la Compañía Minera Caravelí no se tenía conocimiento alguno de conceptos Geomecánicos y tampoco cual es la importancia de ella. Las labores eran demasiado anchos y altos, pues trataban de sacar la mayor cantidad de mineral haciendo el mínimo uso del sostenimiento.

Los estándares de trabajo encontrados en la minera Caravelí fueron pocos. También se encontró en las labores de explotación unos soporte conocido como pircas releje, y pequeños pilares en algunos casos. Que ayudaban a estabilizar el terreno temporalmente.

El sostenimiento era principalmente con madera (Redondos de 4, 5, 6, 7, 8 pulgadas de diámetro y 8 pies de longitud) colocado a criterio de cada trabajador y sobre todo dependiendo del apuro de la extracción del mineral. Los redondos de 4, 5 pies se utilizaban en chimeneas como puntales de avance, los redondos de 6, 7 y 8 pulgadas de diámetro se utilizaban en la construcción de tolvas y tolvas camino de las diferentes labores, así como sostenimiento con puntales de madera en los tajeos, también se usaban para el sostenimiento con cuadros de tres elementos y sostenimiento con cuadros cojos. Los puntales de madera en los tajeos están acompañados por una placa de madera de 2" x 8" x 3' para asegurar su completo funcionamiento.

Todo trabajo de madera (construcción de cuadros de tres elementos, cuadros cojos, tolvas, tolvas camino, puntales de madera, etc.) Es realizado por personal especializado conocidos como enmaderadores y sus respectivos ayudantes. No había control en la voladura, no se controlaba la potencia del explosivo pues se usaba explosivos con mayor poder rompedor, para evitar según ellos los tiros soplados, pero lo que más se conseguía era dañar las cajas techo y caja piso.

5.2. TIPO DE ROCA PREDOMINANTE EN LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELI

Antes que nada se tiene que mencionar que las rocas predominantes en la mina Caravelí son las granodioritas y las dioritas, pero en la mayoría de los casos las rocas están muy alteradas principalmente por causa de la humedad y la presión del macizo rocoso.

5.3. PARÁMETROS QUE SE TOMARÓN EN CUENTA PARA LA ELABORACIÓN

Todos los procesos geológicos dan a los macizos rocosos características y propiedades que los diferencian unos de otros y que controlan su comportamiento cuando son excavadas. Las características o parámetros más significativos de su comportamiento son **las condiciones de fracturamiento** (condiciones de estructura) **y las condiciones de resistencia** (condición superficial).

5.3.1. Condiciones de fracturamiento.

Se miden utilizando un flexometro o una cinta métrica y se determina midiendo a lo largo de un metro, cuantas fracturas se presentan en la roca, para observarse mejor la pared rocosa de la labor debe estar bien lavada. No se consideran

las fracturas por disparo, ni las fracturas muy pequeñas, menores de 1.0m de longitud. De acuerdo al número de fracturas por metro lineal las rocas se clasifican en:

Cuadro 10: Clasificación de la roca según su número de fracturas

Masiva	menos de dos fracturas por metro
Levemente fracturada	2 a 5 fracturas por metro
Moderadamente fracturada	6 a 12 fracturas por metro
Muy fracturada	12 a 20 fracturas por metro
Intensamente fracturada	más de 20 fracturas por metro
Triturada	solamente se obtienen fragmentos

Fuente: Manual de Geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea. Sociedad nacional de minería, petróleo y energía.

5.3.2. Condiciones de resistencia.

Consideran dos aspectos, la resistencia al romperse o indentarse con la picota y las condiciones de las paredes de las fracturas (si están abiertas, si son rugosas, lisas o estriadas, si tienen o no relleno de panizo). De acuerdo a como se rompen o se indenta con la picota se clasifican en:

Cuadro 11: Clasificación de la roca según su resistencia

Muy buena o extremadamente Dura	Solo se astilla con golpes de picota
buena o muy dura	Se rompe con más de tres golpes
regular o dura	Se rompe con uno a tres golpes de picota
pobre o blanda	Se indenta superficialmente con la punta de la picota
muy pobre o muy blanda	Se indenta profundamente con la punta de la picota

Fuente: Manual de Geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea. Sociedad nacional de minería, petróleo y energía.

De acuerdo a las condiciones de las paredes se clasifican en:

Cuadro 12: Clasificación de la roca según su resistencia

muy buena	Si está cerrada, es rugosa y fresca
Buena	Si esta levemente abierta, moderadamente rugosa y tiene oxidación.
Regular	Si esta moderadamente abierta, es lisa y presenta oxidación
Pobre	Si esta moderadamente abierta, lisa y presenta relleno de limo o panizo.
muy pobre	Si esta muy abierta (mayor de 5cm) es estriada y rellena de panizo.

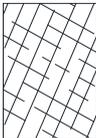
Fuente: Manual de Geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea. Sociedad nacional de minería, petróleo y energía.

5.4. RECONOCIMIENTO DE LAS CALIDADES DE ROCA EN MINA CHINO II DE LA COMPAÑÍA MINERA CARAVELÍ.

Los datos fueron tomados en las diferentes labores de preparación explotación y desarrollo de la principal unidad de la compañía Chino II, se tuvo en cuenta parámetros de análisis como son la condición de fracturamiento y resistencia. Para esta

evaluación se utiliza la tabla uno de caracterización geomecánica GSI original.

Grafico 11: Tabla Geomecánica GSI

<p>CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN GSI MODIFICADO</p> <p>Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal, medidas in situ con una wincha. La mala voladura afecta esta condición. La resistencia se determina golpeando o indentando la roca con una picota. Se toma en cuenta la rugosidad, alteración de paredes y relleno de las discontinuidades</p>		<p>CONDICIONES SUPERFICIALES</p> <p>MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc > 250 MPa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA)</p> <p>BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>MALA (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)</p> <p>MUY MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (Rc < 25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)</p>				
<p>ESTRUCTURA</p>						
	<p>LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90%) (2 A 6 FRACT. POR METRO) (RQD = 115 - 3.3 Jn.)</p>	LF/MB	LF/B	LF/R	LF/M	LF/MM
	<p>MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75%) (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p>	F/MB	F/B	F/R	F/M	F/MM
	<p>MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50%) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p>	MF/MB	MF/B	MF/R	MF/M	MF/MM
	<p>INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25%) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p>	IF/MB	IF/B	IF/R	IF/M	IF/MM
	<p>TRITURADA O BRECHADA. LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD)</p>	T/MB	T/B	T/R	T/M	T/MM

Fuente: Curso de Geomecánica básica y elementos de sostenimiento. Compañía Minera Caraveli. (Mario Chambe Cohaila)

Cuadro 13: Calidad de roca de las labores de explotación (Microcontratistas) según la clasificación Geomecánica GSI.

Microcontratistas	Nivel	Estructura	Resistencia		Calificación GSI
		Promedio de fracturas	Indenta (picota)	Prom. de golpes (picota)	
Abel Salcedo Osco	1760	7	Superficialmente		F/P
Adan Llamoca Charcahuana	2130	15	Profundamente		MF/MP
Alberto Solorzano Paucar	1730	17		2	MF/R
Alexander Tintaya Lavado	1610	10	Superficialmente		F/P
Alipio Alferez Torres	1760	13	Superficialmente		MF/P
Antonio Condori Pantigoso	1700	7		1	F/R
Arturo Quispe Cari	2000	16	Superficialmente		MF/P
Aurelio Astacie Ayme	1760	9	Superficialmente		F/P
Carlos Galvan Romero	1920	5		4	LF/B
Dario Chumbile Cantoral	2070	13	Profundamente		MF/MP
Enrique Tejada Morales	2040	10	Profundamente		F/MP
Esteban Llamoca Quispe	1790	10		2	F/R
Flavio Ancasi Salhua	2000	15	Superficialmente		MF/P
Gregorio Cruz Salhua	1850	8	Profundamente		F/MP
Hernan Anampa Benitez	1700	7	Profundamente		F/MP
Hilarion Atauge Valverde	1640	7	Superficialmente		F/P
Hugo Anco gonzalez	1830	11		2	F/R

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 14: Calidad de roca de las labores de explotación (Microcontratistas) según la clasificación Geomecánica GSI.

Microcontratistas	Nivel	Estructura	Resistencia		Calificación GSI
		Promedio de fracturas	Indentación (picota)	Prom. de golpes (picota)	
Isidoro Escriba Espinoza	1610	8		2	F/R
Issac Chara Huilca	2040	18	Superficialmente		MF/P
Jorge Cuarite Aytite	1610	14		1	MF/R
Juan Salas Bejarano	2000	11	Profundamente		F/MP
Julio Cabrera Peña	1960	16	Profundamente		MF/MP
Lazaro Espinoza Ortiz	1760	27	Profundamente		IF/MP
Leonardo Alvarez Narvaez	1790	4		4	LF/B
Iuis Cusi Carhuavilca	2000	7		1	F/R
Magno Vásquez Jara	1700	13		1	MF/R
Mariano Príncipe Paredes	1790	10		3	F/B
Miguel Escriba Espinoza	1580	9		1	F/R
Narcizo Holguino Huallpa	1890	8	Superficialmente		F/P
Orlando Santi Lavado	1670	8	Superficialmente		F/P
Pedro Choque Flores	1920	10		2	F/R
Porfirio Alferez Torres	1790	8	Profundamente		F/MP
Pedro Calderon Cabrera	1850	19	Superficialmente		MF/P
Redirz Alvarez Tira	1920	16		2	MF/R

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 15: Calidad de roca de las labores de explotación (Microcontratistas) según la clasificación Geomecánica GSI.

Microcontratistas	Nivel	Estructura	Resistencia		Calificación GSI
		Promedio de fracturas	Indenta (picota)	Prom. de golpes (picota)	
Remigio Huamanzana Quilcaro	1670	16	Superficialmente		MF/P
Richard Apac Jauregui	1920	16	Superficialmente		MF/P
Roger Sumire Sinca	1730	8		4	F/B
Romulo Alcahuaman Huamani	1700	16		2	MF/R
Rosalino Valero Muñoz	1670	13	Superficialmente		MF/P
Ruben Casso Dias	1640	18	Superficialmente		MF/P
Roberto Challa Urbina	1920	9		1	F/R
Ruben Olarte Salazar	1640	16	Superficialmente		MF/P
Sabino Santi Lavado	1670	18	Profundamente		MF/MP
Santiago Veronico Ponce	1760	9	Superficialmente		F/P
Santos Janampa Surco	1920	8		2	F/R
Sebastian Coronel Apaza	2000	8	Superficialmente		F/P
Timoteo Huamani Flores	1850	19	Superficialmente		MF/P
Victor Neyra Ceron	1730	9		1	F/R
Victor Callenova Soto	1960	15	Superficialmente		MF/P
Wilfredo de la Cruz Huayllani	1700	7	Superficialmente		F/P
Yen Delgado Uscamaita	1640	18	Superficialmente		MF/P

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

La tabla original del GSI caracteriza el macizo rocoso en 25 tipos diferentes de calidad de roca, a continuación se muestra un cuadro de dichas calidades de roca y el número de tajos en la mina Chino II según los cuadros anteriores.

Cuadro 16: Distribución de la calidad de roca y tajos en Chino II.

Calidad de roca	Nº. tajos	Calidad de roca	Nº. tajos
LF/MB	0	IF/R	0
F/MB	0	T/R	0
MF/MB	0	LF/P	0
IF/MB	0	F/P	9
T/MB	0	MF/P	13
LF/B	2	IF/P	0
F/B	2	T/P	0
MF/B	0	LF/MP	0
IF/B	0	F/MP	5
T/B	0	MF/MP	4
LF/R	0	IF/MP	1
F/R	10	T/MP	0
MF/R	5		

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

En el **Cuadro 16** podemos observar que en la mina Chino II, no encontramos los 25 tipos de calidad de roca que tiene La Clasificación Geomecánica GSI. Se observa que solo tenemos en promedio nueve calidades de roca encontrados en nuestro análisis.

Lo que si se nota es que la calidad de roca Muy fracturada / Pobre (MF/P) es la que más abunda en nuestros tajos de explotación de nuestra mina, son 13 tajos que tiene como promedio dicha calidad de roca. Para poder tener una mejor visualización del **Cuadro N° 16** podemos resumirlo de la siguiente manera.

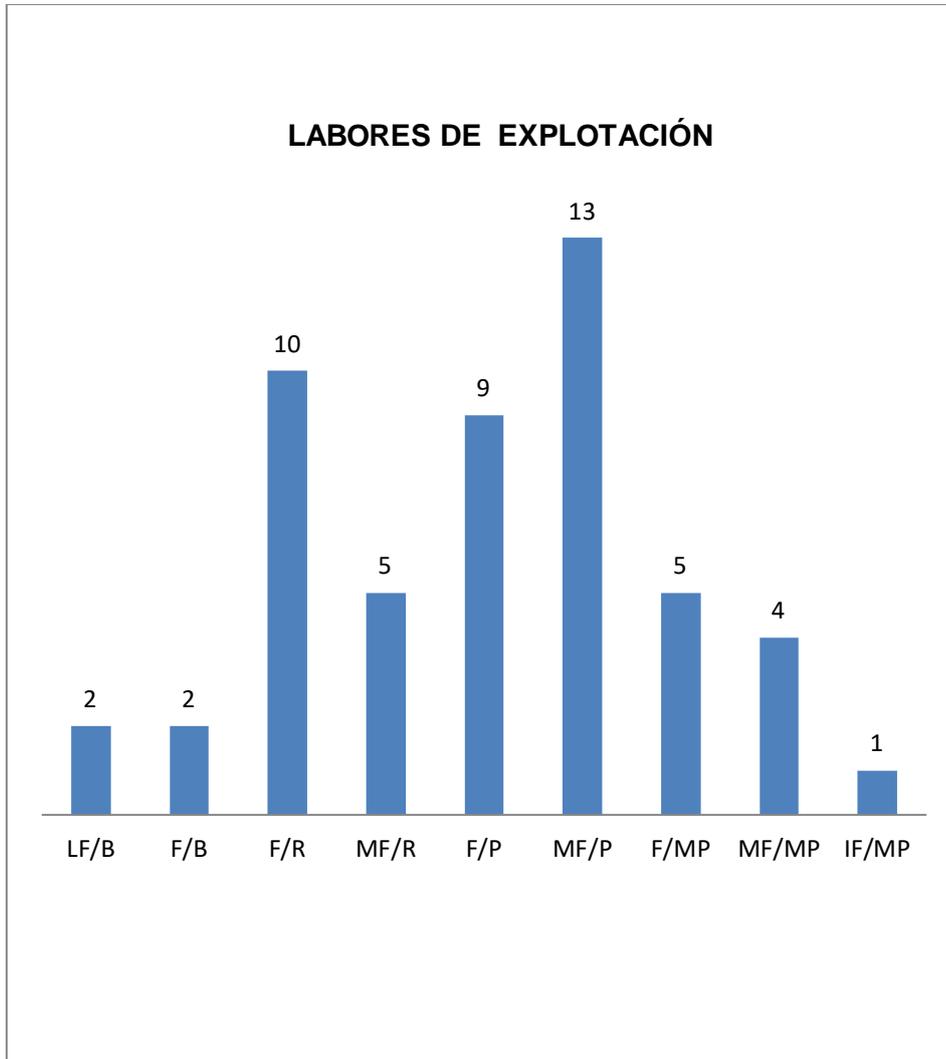
Cuadro 17: Número de tajos y calidad de roca en Chino II.

Calidad de roca	Nº. tajos
LF/B	2
F/B	2
F/R	10
MF/R	5
F/P	9
MF/P	13
F/MP	5
MF/MP	4
IF/MP	1
TOTAL DE LABORES	51

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Gráficamente podemos observar la distribución entre las calidades de roca que predominan tanto en las labores de explotación.

Grafico 12: Calidad de roca VS el número de tajeos



Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 18: Calidad de roca de las labores de exploración y desarrollo según la clasificación Geomecánica GSI.

Contrata	Nivel	Sección (m)	Estructura	Resistencia		Calificación GSI
			Promedio de fracturas	Indenta (picota)	Prom. de golpes(picota)	
OIM	1730	1.20 X 1.80	8		3	F/B
OIM	1730	0.90 X 1.80	7		1	F/R
OIM	1730	0.90 X 1.80	7	Superficialmente		F/P
OIM	1700	0.90 X 1.80	8		2	F/R
OIM	1670	1.20 X 1.80	10		4	F/B
OIM	1550	1.20 X 1.80	9		2	F/R
OIM	1550	0.90 X 1.80	7		3	F/B
OIM	1550	0.90 X 1.80	8		3	F/B
OIM	1520	1.50 X 2.10	18		2	MF/R
OIM	1480	2.10 X 2.10	7		2	F/R
OIM	1330	3.5 X 3.8	18	Profundamente		MF/MP
EDINSA	1940	1.20 X 1.80	7	Profundamente		F/MP
EDINSA	2040	0.90 X 1.80	9	Superficialmente		F/P
EDINSA	1960	0.90 X 1.80	14		2	MF/R
EDINSA	1960	0.90 X 1.80	7		1	F/R
EDINSA	1960	0.90 X 1.80	8	Superficialmente		F/P
EDINSA	1960	1.20 X 1.80	8		3	F/B
EDINSA	1920	1.20 X 1.80	10	Superficialmente		F/P
EDINSA	1890	1.20 X 1.80	16		2	MF/R
EDINSA	1850	1.20 X 1.80	16	Superficialmente		MF/P
EDINSA	1760	1.20 X 1.80	7		2	F/R
EDINSA	1760	1.20 X 1.80	16		2	MF/R

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

En resumen las labores de desarrollo y explotación las calidades de roca que predominan lo mostramos en el siguiente cuadro.

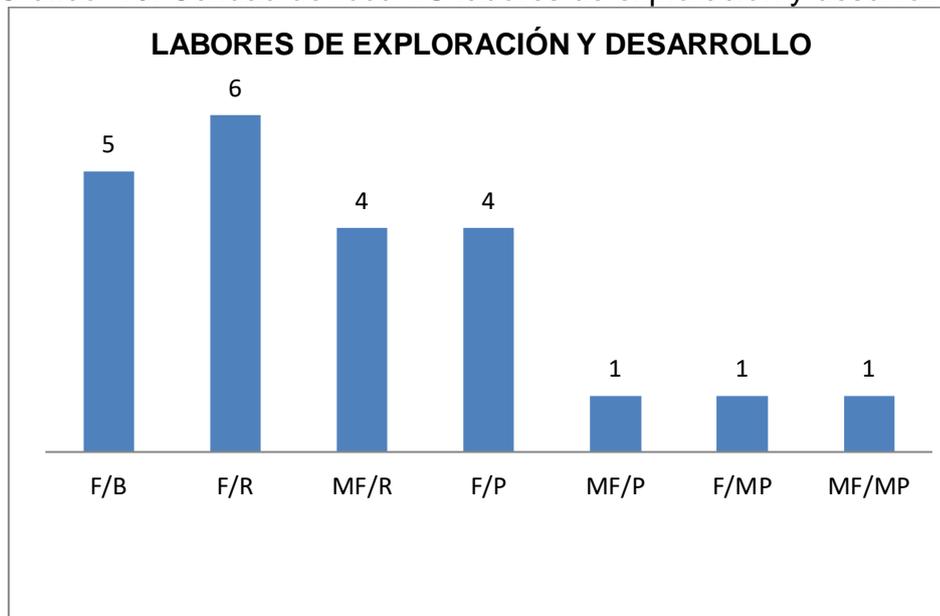
Cuadro 19: Número de tajos y su calidad de roca en Chino II.

Calidad de roca	Nro. tajos
F/B	5
F/R	6
MF/R	4
F/P	4
MF/P	1
F/MP	1
MF/MP	1
TOTAL DE LABORES	22

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Gráficamente podemos observar la distribución entre las calidades de roca que predominan en las labores de exploración y desarrollo.

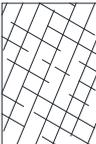
Grafico 13: Calidad de roca VS labores de exploración y desarrollo.



Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

De los cuadros anteriores se deduce que en nuestra mina Chino II tenemos una cantidad de calidades de roca menor al de la tabla general del GSI, por esa razón eliminaremos la columna calificada como muy buena de la condición superficial, y la fila calificada como triturada o brechada de la condición de estructura, que al interceptarse nos dan calidades de roca que no encontramos en nuestra mina, de esta manera obtenemos una tabla más reducida y adecuada a las calidades de roca de la Compañía Minera Caravelí, entonces la tabla quedaría de la siguiente forma.

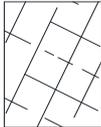
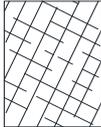
Grafico 14: Tabla del GSI original antes de ser recortada

<p>CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN GSI MODIFICADO</p> <p>Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal, medidas in situ con una wincha. La mala voladura afecta esta condición. La resistencia se determina golpeando o indentando la roca con una picota. Se toma en cuenta la rugosidad, alteración de paredes y relleno de las discontinuidades</p>		<p>CONDICIONES SUPERFICIALES</p>					
<p>ESTRUCTURA</p>		<p>MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE; FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS, (Rc > 250 MPa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA)</p>	<p>BUENA (MUY RESISTENTE; LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA, (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)</p>	<p>REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)</p>	<p>MALA (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)</p>	<p>MUY MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (Rc < 25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)</p>	
 <p>LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90%) (2 A 6 FRACT. POR METRO) (RQD = 115 - 3.3 Jn.)</p>	LF/MB	LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP		
 <p>MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75%) (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p>	F/MB	F/B	F/R	F/P	F/MP		
 <p>MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50%) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p>	MF/MB	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP		
 <p>INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25%) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p>	IF/MB	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP		
 <p>TRITURADA O BRECHADA. LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD)</p>	T/MB	T/B	T/R	T/P	T/MP		

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

De esta tabla del **Grafico 14** se eliminara la columna y la fila sombreada de color rojo y de esta forma generaremos la tabla del **Grafico 15**, que es más sencilla, por tener ahora solo 16 calidades de roca, y de así reducimos la tabla a una tabla más pequeña y fácil de maniobrar.

Grafico 15: Tabla del GSI después de ser recortada

CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN GSI MODIFICADO		CONDICIONES SUPERFICIALES			
<p>Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal, medidas in situ con una wincha. La mala voladura afecta esta condición. La resistencia se determina golpeando o indentando la roca con una picota. Se toma en cuenta la rugosidad, alteración de paredes y relleno de las discontinuidades</p>					
ESTRUCTURA		BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (Rc: 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)	REGULAR (RESISTENTE Y LEVENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc: 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	MALA (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc: 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)	MUY MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (Rc: < 25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)
 <p>LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD 75 - 90%) (2 A 6 FRACT. POR METRO) (ROD = 115 - 3.3 Jn.)</p>	LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP	
 <p>MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (ROD 50 - 75%) (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p>	F/B	F/R	F/P	F/MP	
 <p>MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (ROD 25 - 50%) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p>	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP	
 <p>INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (ROD 0 - 25%) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p>	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP	

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

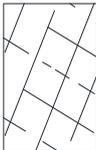
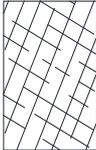
Esta nueva tabla generada a partir de la general será la que utilizaremos para la CIA Minera Caravelí, ahora nos faltaría analizar el tipo de sostenimiento y autosoporte que se aplica de acuerdo a las dimensiones de nuestras labores.

5.5. DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO Y TIEMPO DE AUTOSOPORTE DE LAS EXCAVACIONES MINERAS DE LA COMPAÑIA MINERA CARAVELI CON LAS TABLAS ORIGINALES DEL GSI.

Las tablas originales del GSI se basa en del diseño de sostenimiento de túneles y las experiencias obtenidas en las minas subterráneas del Perú, incluyendo además el uso de la madera.

La tabla correlaciona los índices de clasificación Geomecánicos (GSI, RMR y Q) y la dimensión equivalente (**DE**). De acuerdo a la descripción del campo primeramente se identifica en la tabla GSI la descripción cualitativa y la valoración cuantitativa en la tabla RMR equivalente.

Grafico 16: Estimación del RMR según el GSI.

CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN GSI MODIFICADO		CONDICIONES SUPERFICIALES				
<p>Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal, medidas in situ con una wincha. La mala voladura afecta esta condición. La resistencia se determina golpeando o indentando la roca con una picota. Se toma en cuenta la rugosidad, alteración de paredes y relleno de las discontinuidades</p>		MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc > 250 MPa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA)	BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (Rc: 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)	REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc: 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	MALA (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)	MUY MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (Rc < 25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)
ESTRUCTURA		95	85	75	65	55
 <p>LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90%) (2 A 6 FRACT. POR METRO) (RQD = 115 - 3.3 Jn.)</p>		90	80			
 <p>MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75%) (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p>			70	60		
 <p>MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50%) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p>				50	45	
 <p>INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25%) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p>					40	35
 <p>TRITURADA O BRECHADA. LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD)</p>						30
						25
						20
						15
						10
						0

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 20: Dimensión equivalente (DE)

DE = LUZ / ESR	
DE: dimensión equivalente	Luz: ancho o alto de labor
ESR=1.6 para labores permanentes	
ESR=3.0 para labores temporales	
ESR=2.0 para labores verticales	

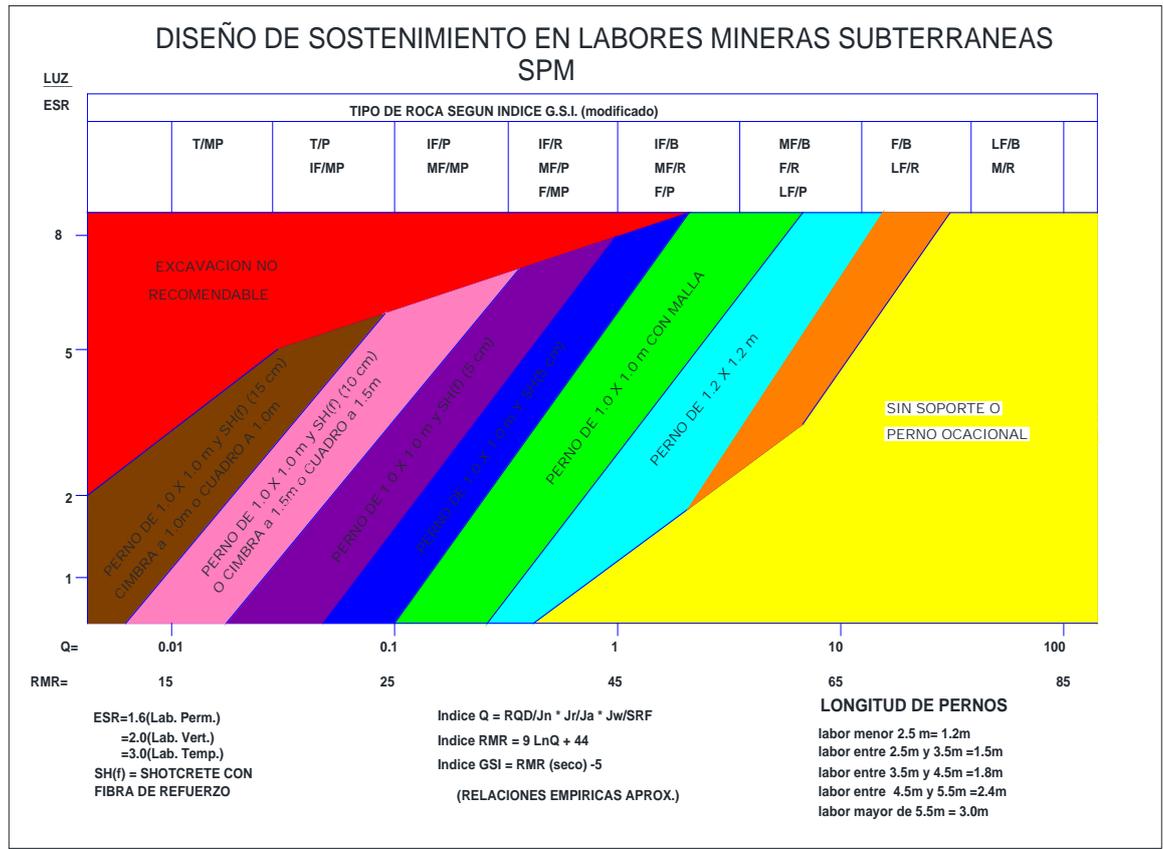
Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Las bandas de colores correspondientes están asociadas a diferentes tipos de soporte y serán acondicionadas de acuerdo a los elementos de sostenimiento que tenga nuestra mina y modificadas según los factores influyentes que se presentan en nuestras labores.

Las descripciones de las condiciones de la roca se hacen tomando en cuenta las paredes y techo en las labores, las cajas, falsas cajas y vetas en zonas mineralizadas, en cuerpos se consideran las aberturas entre los pilares.

La dimensión equivalente se obtendrá dividiendo el ancho de la labor entre la constante ESR asignada.

Grafico 17: Diseño de sostenimiento



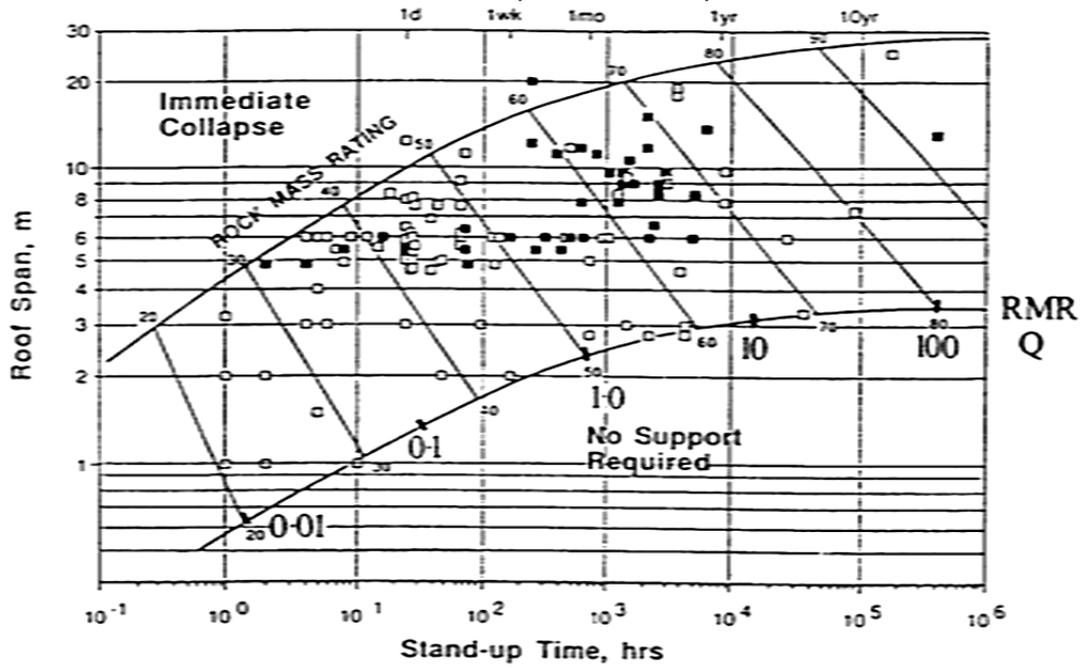
Fuente: Curso de Geomecánica básica y elementos de sostenimiento. Compañía Minera Caraveli. (Mario Chambe Cohaila).

Una vez definido el soporte en base a la tabla mostrada, se requiere de inmediato conocer el tiempo oportuno de su colocación, de manera que se pueda evitar el aflojamiento progresivo del macizo rocoso excavado y su desprendimiento posterior.

La tabla mostrada a continuación ayuda a obtener el tiempo de autosostento de la excavación propuesta por Bieniawski (1979). Se obtiene interceptando con una línea horizontal trazada a partir del ancho de la abertura hasta el valor del RMR determinada en la Tabla 2.

A partir de esta intercepción se traza una línea vertical hacia los bordes superior e inferior de la tabla donde se encuentra indicado el tiempo de autoapoye (borde superior, tiempo en días, semanas, meses y años. En el borde inferior tiempo el tiempo en horas).

Grafico 18: Tiempo de autoapoye



Fuente: Excavaciones Subterráneas en Roca, Hoek & Brown

Cuadro 21: sostenimiento y autoaporte de labores: 1.2m * 1.8m

LABORES PERMANENTES: 1.2m * 1.8m (Luz/ESR= 1)				
Roca	RMR según GSI	Sostenimiento	Color	Autoaporte
LF/B	75-85	Sin soporte o perno ocasional	Amarelo	> 10 años
F/B	65-75	Sin soporte o perno ocasional	Amarelo	> 10 años
MF/B	55-65	Sin soporte o perno ocasional	Amarelo	> 1 año
IF/B	45-55	Sin soporte o perno ocasional	Amarelo	2 meses
LF/R	65-75	Sin soporte o perno ocasional	Amarelo	> 10 años
F/R	55-65	Sin soporte o perno ocasional	Amarelo	> 1 año
MF/R	45-55	Sin soporte o perno ocasional	Amarelo	2 meses
IF/R	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m	Amarelo y Azul	1 semana
LF/P	-	Sin soporte o perno ocasional	Amarelo	
F/P	45-55	Sin soporte o perno ocasional	Amarelo	2 meses
MF/P	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m	Amarelo y Azul	1 semana
IF/P	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	Verde	8 horas
LF/MP	-	-		
F/MP	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m	Amarelo y Azul	1 semana
MF/MP	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	Verde	8 horas
IF/MP	15-25	Perno de 1.0 x 1.0m con malla y SH(f)(2 Pulg.)	Azul y Verde	Inmediato

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

La tabla GSI quedaria de la siguiente forma:

Cuadro 22: Tabla GSI modificado para labores: 1.2m * 1.8m

LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP
F/B	F/R	F/P	F/MP
MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 23: sostenimiento y autoaporte de labores: 0.9m * 1.8m

LABORES TEMPORALES: 0.9m * 1.8m (Luz/ESR= 0.5)				
Roca	RMR según GSI	Sostenimiento	Color	Autoaporte
LF/B	75-85	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 10 años
F/B	65-75	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 10 años
MF/B	55-65	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 1 año
IF/B	45-55	Sin soporte o perno ocasional	White	2 meses
LF/R	65-75	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 10 años
F/R	55-65	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 1 año
MF/R	45-55	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	2 meses
IF/R	35-45	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	1 semana
LF/P	-	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	
F/P	45-55	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	2 meses
MF/P	35-45	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	1 semana
IF/P	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	Green	8 horas
LF/MP	-	-	White	
F/MP	35-45	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	
MF/MP	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	Green	8 horas
IF/MP	15-25	Perno de 1.0 x 1.0m con SH(2 pulg.)	Blue/Purple	Inmediato

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

La tabla GSI quedaria de la siguiente forma:

Cuadro 24: Tabla GSI modificado para labores: 0.9m * 1.8m

LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP
F/B	F/R	F/P	F/MP
MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 25: Sostenimiento de labores temporales: (1-3) m

LABORES TEMPORALES ANCHOS 1-3m (Luz/ESR= 0.8)				
Roca	RMR según GSI	Sostenimiento	Color	Autosoporte
LF/B	75-85	Sin soporte o perno ocasional	■	> 10 años
F/B	65-75	Sin soporte o perno ocasional	■	> 10 años
MF/B	55-65	Sin soporte o perno ocasional	■	> 1 año
IF/B	45-55	Sin soporte o perno ocasional	■	2 meses
LF/R	65-75	Sin soporte o perno ocasional	■	> 10 años
F/R	55-65	Sin soporte o perno ocasional	■	> 1 año
MF/R	45-55	Sin soporte o perno ocasional	■	2 meses
IF/R	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m	■ ■	1 semana
LF/P	-	Sin soporte o perno ocasional	■	
F/P	45-55	Sin soporte o perno ocasional	■	2 meses
MF/P	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m	■ ■	1 semana
IF/P	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	■	8 horas
LF/MP	-	-	■	
F/MP	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m	■ ■	1 semana
MF/MP	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	■	8 horas
IF/MP	15-25	Perno de 1.0 x 1.0m con SH (2 pulg.)	■ ■	Inmediato

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

La tabla GSI quedaria de la siguiente forma

Cuadro 26: Tabla GSI modificado para labores: (1-3) m

LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP
F/B	F/R	F/P	F/MP
MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 27: Sostenimiento de labores: 3.5m * 3.8m

LABORES PERMANENTES 3.5 * 3.8m (Luz/ESR= 2.3)				
Roca	RMR según GSI	Sostenimiento	Color	Autosoporte
LF/B	75-85	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 10 años
F/B	65-75	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 10 años
MF/B	55-65	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 1 año
IF/B	45-55	Perno de 1.20 x 1.20m	Blue	2 meses
LF/R	65-75	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 10 años
F/R	55-65	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	> 1 año
MF/R	45-55	Perno de 1.20 x 1.20m	Blue	2 meses
IF/R	35-45	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	Green	1 semana
LF/P	-	Sin soporte o perno ocasional	Yellow	
F/P	45-55	Perno de 1.20 x 1.20m	Blue	2 meses
MF/P	35-45	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	Green	1 semana
IF/P	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla y SH(f)(2 pulg.)	Blue/Purple	8 horas
LF/MP	-	-		
F/MP	35-45	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	Green	1 semana
MF/M P	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla y SH(f)(2 pulg.)	Blue/Purple	8 horas
IF/MP	15-25	Perno de 1.0 x 1.0m con malla y SH(f)(2 pulg.) o cimbra a 1.5m o cuadro de 1.5m.	Pink	Inmediato

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

La tabla GSI quedaria de la siguiente forma:

Cuadro 28: Tabla GSI modificado para labores: 3.5m * 3.8m

LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP
F/B	F/R	F/P	F/MP
MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 29: Sostenimiento de labores: 2.10m * 2.10m

LABORES PERMANENTES 2.10 * 2.10m (Luz/ESR= 1.3)				
Roca	RMR según GSI	Sostenimiento	Color	AutosopORTE
LF/B	75-85	Sin soporte o perno ocasional		> 10 años
F/B	65-75	Sin soporte o perno ocasional		> 10 años
MF/B	55-65	Sin soporte o perno ocasional		> 1 año
IF/B	45-55	Sin soporte o perno ocasional		2 meses
LF/R	65-75	Sin soporte o perno ocasional		> 10 años
F/R	55-65	Sin soporte o perno ocasional		> 1 año
MF/R	45-55	Sin soporte o perno ocasional		2 meses
IF/R	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m		1 semana
LF/P	-	Sin soporte o perno ocasional		
F/P	45-55	Sin soporte o perno ocasional		2 meses
MF/P	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m		1 semana
IF/P	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla		8 horas
LF/MP	-	-		
F/MP	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m		1 semana
MF/M P	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla		8 horas
IF/MP	15-25	Perno de 1.0 x 1.0m con malla y SH(f)(2 pulg.)		Inmediato

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

La tabla GSI quedaria de la siguiente forma:

Cuadro 30: Tabla GSI modificado, labores: 2.10m * 2.10m

LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP
F/B	F/R	F/P	F/MP
MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 31: Sostenimiento de labores: 1.50m * 2.10m

LABORES PERMANENTES 1.50 * 2.10m (Luz/ESR= 1.1)				
Roca	RMR según GSI	Sostenimiento	Color	Autosoporte
LF/B	75-85	Sin soporte o perno ocasional	■	> 10 años
F/B	65-75	Sin soporte o perno ocasional	■	> 10 años
MF/B	55-65	Sin soporte o perno ocasional	■	> 1 año
IF/B	45-55	Sin soporte o perno ocasional	■	2 meses
LF/R	65-75	Sin soporte o perno ocasional	■	> 10 años
F/R	55-65	Sin soporte o perno ocasional	■	> 1 año
MF/R	45-55	Sin soporte o perno ocasional	■	2 meses
IF/R	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m	■	1 semana
LF/P	-	Sin soporte o perno ocasional	■	
F/P	45-55	Sin soporte o perno ocasional	■	2 meses
MF/P	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m	■	1 semana
IF/P	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	■	8 horas
LF/MP	-	-	■	
F/MP	35-45	Perno de 1.20 x 1.20m	■	1 semana
MF/MP	25-35	Perno de 1.0 x 1.0m con malla	■	8 horas
IF/MP	15-25	Perno de 1.0 x 1.0m con malla y SH(f)(2 pulg.)	■	Inmediato

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

La tabla GSI quedaria de la siguiente forma

Cuadro 32: Tabla GSI modificado para labores: 1.50m * 2.10m

LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP
F/B	F/R	F/P	F/MP
MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

En todas las tablas anteriores se puede observar que cada cuadro tiene un color asignado, esos colores nos indican el sostenimiento a usar con dicha calidad de roca, los cuadros en blanco son calidades de roca que es muy difícil encontrar en las labores de nuestra mina. Los cuadros donde se tienen dos colores, nos indican aquellas labores donde se puede aplicar cualquiera de los sostenimientos asociados a dichos colores, según el criterio del trabajador.

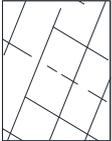
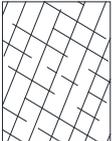
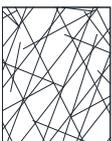
Lo primero que se hizo fue eliminar una columna y una fila de la tabla original porque son calidades de roca que no se presentan en nuestra mina, esto se hace para que las tablas sean más sencillas de comprender. Posteriormente se paso a analizar las calidades de las rocas así como su tiempo de auto soporte con las tablas Geomecánicas GSI originales.

Estas tablas están divididas en cuatro partes, la primera donde se tiene el sostenimiento asociado a un color específico, la segunda donde se detalla las condiciones de estructura, la tercera donde se detalla las condiciones de resistencia y la cuarta donde se encuentran las diferentes calidades de roca asociadas a su color característico de sostenimiento recomendado.

En base a los diferentes tipos de terreno que se presentan en nuestra mina, teniendo en cuenta que el principal material que se usa para el sostenimiento es la madera y con el propósito de poder

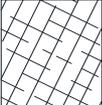
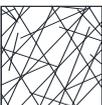
conocer la roca y controlar los diferentes problemas de inestabilidad del macizo rocoso se obtuvo las tablas Geomecánicas GSI modificado a la mina Caravelí versión 001. Las tablas generadas son sencillas de comprender, son tres y se muestran a continuación.

Grafico 19: Tabla Geomecánica GSI para labores de explotación

COMPAÑIA MINERA CARAVELI S.A.C. G.S.I. MODIFICADO Version: 001 MINA CHINO Y TAMBOJASA Labores Temporales anchos 1-3 m. (Explotación)					
CONDICION DE ESTRUCTURA		CONDICIONES DE RESISTENCIA			
 Sin soporte o perno ocasional o puntal de madera ocasional. Tiempo de instalación: 2 meses					
 Pernos split set o puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5 m. Tiempo de instalación: 20 hrs.					
 Pernos split set con malla electrosoldada y/o puntales de seguridad sistemático 1.0x1.0 m. Tiempo de instalación: 10 hrs.					
 Cuadro de madera de 1.20 de espaciamento. Tiempo de instalación: Inmediato					
		BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)	REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	POBRE (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES. MUY ALTERADA, RELLENO DE LIMO, PANIZO O BRECHA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)	MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA (MAS DE 5.0 CM) RELLENO DE ARCILLAS DE PANIZO. (Rc < 25 MPa) (SE DISREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)
 LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90) (2 A 6 FRACT. POR METRO)	LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP	
 MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50-75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)	F/B	F/R	F/P	F/MP	
 MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP	
 INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP	

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

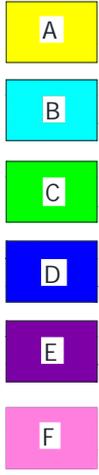
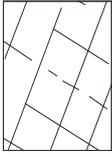
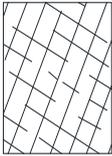
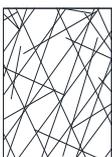
Grafico 20: Tabla geomecanica GSI para labores de exploración y desarrollo como galerías, cruceros, cortadas, subniveles, etc.

CONDICION DE ESTRUCTURA		CONDICIONES DE RESISTENCIA			
<p>COMPañIA MINERA CARAVELI S.A.C. G.S.I. MODIFICADO Version: 001 MINA CHINO Y TAMBOJASA Labores Permanentes 1.2 x 1.8 mt. Labores Temporales 0.9 x 1.8 mt.</p> <p>A Sin sostenimiento Tiempo de instalación: 2 meses</p> <p>B Cuadro de madera de 1.70 a 1.50 m de espaciamiento. Tiempo de instalación: 3 días.</p> <p>C Cuadro de madera de 0.80 a 1.20 m. de espaciamiento. Tiempo de instalación: Inmediato</p>		<p>BUENA (MUY RESISTENTE; LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>POBRE (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO DE LIMO, PANIZO O BRECHA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)</p> <p>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA (MAS DE 5.0 CM) RELLENO DE ARCILLAS DE PANIZO. (Rc < 25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)</p>			
	<p>LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90) (2 A 6 FRACT. POR METRO)</p>	LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP
	<p>MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50-75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p>	F/B	F/R	F/P	F/MP
	<p>MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p>	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
	<p>INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p>	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Esta Tabla se formo porque se encontró similitudes de sostenimiento en las tablas de los **Cuadros Nº 22, 24, 30 y 32** de los cuales se fusionaron para formar una sola tabla general. El sostenimiento que se usa generalmente es la madera, se considero que el color amarillo seria sin sostenimiento, el color morado se colocaría un cuadro de tres elementos espaciados a 1.70 m como máximo según el criterio del trabajador.

Grafico 21: Tabla geomecanica GSI para labores de desarrollo (Rampa)

COMPAÑIA MINERA CARAVELI S.A.C. G.S.I. MODIFICADO Version: 001 MINA CHINO Labores Permanentes 3.5 x 3.8 mt.		CONDICIONES DE RESISTENCIA BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA) REGULAR (RESISTENTE Y LEVENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA) POBRE (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO DE LIMO, PANIZO O BRECHA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE) MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA (MAS DE 5.0 CM) RELLENO DE ARCILLAS DE PANIZO. (Rc < 25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)			
CONDICION DE ESTRUCTURA					
 <p>A Sin soporte o perno ocasional Tiempo de instalación: 6 meses</p> <p>B Perno split set sistem. 1.2 x 1.2 mt. Tiempo de instalación: 2 semanas</p> <p>C Perno split set sistem. 1.0 x 1.0 mt. con Malla. Tiempo de instalación: 2 días</p> <p>D Perno split set 1.0 x 1.0 y shotcrete sin fibra de 5 cm. de espesor. Tiempo de instalación: 20 hrs.</p> <p>E Perno split set 1.0 x 1.0 y shotcrete con fibra de 5 cm. de espesor. Tiempo de instalación: 10 hrs.</p> <p>F Cimbra metálica de 0.80 a 1.50 m. de espaciamiento. Tiempo de instalación: Inmediato</p>					
 <p>LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90) (2 A 6 FRACT. POR METRO)</p>	LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP	
 <p>MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50-75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)</p>	F/B	F/R	F/P	F/MP	
 <p>MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)</p>	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP	
 <p>INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)</p>	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP	

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

5.6. FACTORES INFLUYENTES

Los factores influyentes son todas las características geológicas o condiciones provocadas por el hombre que desmejoran o agravan la calidad de un macizo rocoso. Son condiciones que no se pueden obviar a la hora de hacer la calificación del macizo rocoso de una excavación, es por eso que a continuación mencionamos dichas condiciones a tener en cuenta.

5.6.1. Influencia del agua

En rocas masivas y levemente fracturadas/ muy buenas a buenas la presencia de agua no tiene influencia significativa.

En rocas moderadamente a muy fracturadas/ regulares, la influencia se debe a la presión y efecto lubricante.

En rocas moderadamente a muy fracturadas/ pobres a muy pobres el efecto es inmediato por actuar como lubricante y lavado de material fino de relleno en fracturas, acelerando el aflojamiento. En rocas intensamente fracturadas /regulares pobres o muy pobres se produce el efecto anteriormente mencionado.

5.6.2. Influencia de esfuerzos

Se concentran en puentes, pilares y frentes de excavación al redistribuirse las presiones por el efecto de las aberturas. Se deben a profundidades, estructuras geológicas, diques y arcillas expansivas.

Se reconocen por ruidos, descostramiento o lajamientos en paredes y techo, ocurrencia de filtraciones y presencia de estriaciones en el macizo rocoso. Se pueden controlar con modificaciones en los diseños de minado, tamaño de aberturas y sistemas de soporte.

5.6.3. Influencia de la orientación de las discontinuidades

Son muy desfavorables, las discontinuidades verticales y sub verticales que se encuentren paralelas o sub paralelas a las paredes o cajas de la excavación.

Son muy desfavorables, las discontinuidades horizontales o sub horizontales. Este efecto se incrementa por tamaño de abertura, relleno de la discontinuidad y presencia de agua y presencia de esfuerzos.

5.6.4. Factores de la excavación

Tamaño de la abertura, intercepción de labores, dimensionamiento y espaciamiento de puentes y pilares. Diseño de malla de perforación, alineamiento de taladros, potencia de los explosivos, en especial en los taladros de contorno. Colocación de los soportes adecuados en el momento oportuno o su colocación después del tiempo de auto soporte de la roca. Voladuras cercanas a labores excavadas. Relajamiento progresivo de labores que no se han detectado ni controlado.

En cada Tabla Geomecánica modificada para la Compañía Minera Caravelí, se colocó en la parte posterior la metodología de aplicación de los factores influyentes, el cual es una excelente ayuda a la hora de evaluar el macizo rocoso para obtener una calidad de roca en condiciones totalmente cercanas a la realidad.

Grafico 22: Metodología de aplicación de los factores influyentes

APLICACIÓN SIN FACTORES INFLUYENTES

Para la aplicación de la presente tabla se determina in situ después de lavar las paredes y techo de la labor a evaluar, procediendo a medir la cantidad de fracturas por metro lineal (estructura) y la resistencia de la roca mediante golpes de picota con las que se rompe o se indenta, también la condición de las fracturas; abertura, relleno y alteración (condición superficial).

CORRECCIONES POR FACTORES INFLUYENTES

La presencia de agua, orientaciones desfavorables de las discontinuidades, ocurrencia de esfuerzos (encampane mayor de 800 m, labores cercanas entre sí, presencia y cercanía a fallas) y demoras en la instalación de sostenimiento que afecten a un determinado tipo de roca en una labor originara que el soporte asignado por su condición al momento de la excavación requiere ser reforzado para lo cual deberá ser instalado el siguiente soporte, tanto en elementos de soporte como tiempos de instalación, debiendo considerarse una sola corrección.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE CONTROL

Uso de voladura controlada principalmente en las bóvedas disminuyendo el espaciamiento de taladros cargados o incluyendo taladros de alivio, distribuir mejor la columna cargada, evitar concentraciones de vibraciones que originen microfracturas en paredes, techo y frente de labor.

Ejecución de la evaluación geomecánica de inmediato e instalación del sostenimiento de acuerdo al tipo y tiempo recomendado en la tabla.

Revisar y hacer cumplir en forma estricta con los estándares y procedimientos de instalación del sostenimiento.

Efectuar periódicamente pruebas de arranque de pernos instalados, limpieza y reparación de mallas rellenos con fragmentos de roca, reemplazar los pernos mal colocados o sueltos.

Capacitación permanente del personal de operaciones (Jefes de guardia, capataces, perforistas y ayudantes) en la aplicación de la tabla y colocación del sostenimiento.

FORMAS DE INSTALACION PROHIBIDAS

Iniciar la instalación del soporte sin haber desatado correctamente o asegurado el techo.
Perforar para pernos y no colocarlos inmediatamente después de perforar el taladro.

Colocar pernos en las fracturas o angulares respecto a la pared o en zonas que la picota se hunde profundamente.

Instalar un nuevo cuadro sin antes de haber terminado el último cuadro.
Instalar puntal de seguridad sin plantilla de madera.

EL DESPRENDIMIENTO DE ROCAS SE EVITA COLOCANDO EL SOPORTE EN EL MOMENTO OPORTUNO

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

CAPITULO VI

6. APLICACIÓN DE LA TABLA GEOMECANICA GSI MODIFICADO VERSION 001 AL TAJO 570 E/W DEL NIVEL 2040 DE LA CONPAÑIA MINERA CARAVELI

6.1. CARACTERÍSTICAS GEOMECANICAS

La Zonificación Geomecánica fue ejecutada mediante la metodología del GSI (Geological Strenght Index), es un método bastante práctico y de fácil entendimiento que evalúa dos parámetros, la estructura y la condición superficial del macizo rocoso. Al realizar la zonificación del tajeo se han identificado tres calidades de roca, Moderadamente Fracturada/Regular (F/R), Fracturada/ Muy pobre (F/MP) y Muy Fracturada /Muy Pobre (MF/MP).

La calidad de roca F/R (61 RMR) con un RQD que está en el rango de 50 a 75%, espaciamiento hasta 0.30m, con paredes rugosas ligeramente alterada y sin presencia de agua. Esta banda de

calidad de roca se encuentra constituyendo gran parte de la estructura mineralizada, la parte central y el lado Este en la caja techo de la veta. Según tabla geomecánica el sostenimiento para esta calidad de roca debe ser con puntales de seguridad ocasionales, con un tiempo de instalación de dos meses aproximadamente.

La calidad de roca F/MP (45 RMR) con un RQD que se encuentra en el rango de 50 a 75%, espaciamiento de fracturas hasta de 0.20m, con superficie muy pulida, paredes ligeramente rugosas, alterada con presencia de humedad. Esta calidad de roca se extiende como una banda paralela al piso de la estructura mineralizada en el lado oeste y central del tajo. El sostenimiento debe ser con puntales de seguridad espaciados a 1.50m.

La calidad de roca MF/MP (28 RMR) con un RQD menor a 35%, espaciamiento de fracturas menor a 0.06 m y muy alterada. Se presenta como dos bandas paralelas a la estructura mineralizada, una al piso de la misma básicamente constituyendo el hastial NW en lado Oeste y central del tajo, la otra banda de igual calidad de roca se encuentra al techo de la veta en el lado oeste presentándose como falsa caja la misma que constituye la zona de mayor inestabilidad y propensa a la caída de rocas. El sostenimiento debe ser con puntales de seguridad y plantilla de madera espaciadas a 1.0 m de manera inmediata.

Se tomaron como referencia 12 puntos, por cada mapeo que se realizo hasta el momento, tanto en la caja piso, caja techo y veta, en las cuales se analizo la calidad de la roca, utilizando las siguientes herramientas en el campo:

- Una flexometro de 3.0m de longitud.
- Una picota de geólogo.
- Las tablas Geomecánicas GSI, modificadas de acuerdo a las condiciones de la masa rocosa de la mina Caravelí.

El sostenimiento en los tajos será básicamente de puntales de madera para calidades de roca F/MP, MF/P, IF/R y en el peor de los casos cuando la calidad de roca sea IF/MP se tendrá que colocar cuadro de madera en el tajo, espaciados de acuerdo a las recomendaciones de la tabla de evaluación geomecánica GSI modificado de acuerdo a la minera Caravelí.

6.2. OBSERVACIONES

- Si al analizar la caja piso nos sale que necesita puntales de madera, se tiene que hacer es un buen desate antes durante y después de cada tarea.
- De 1 a 4 : datos tomados en la caja techo.
- De 5 a 8 ; datos tomados en la veta.
- De 9 a 12 ; datos tomados en la caja piso.

Se realizó el seguimiento continuo de dicha labor, se hizo un mapeo con el GSI cada mes, logrando concluir la explotación del tajo satisfactoriamente sin reporte de incidente en aproximadamente cinco meses de trabajo.

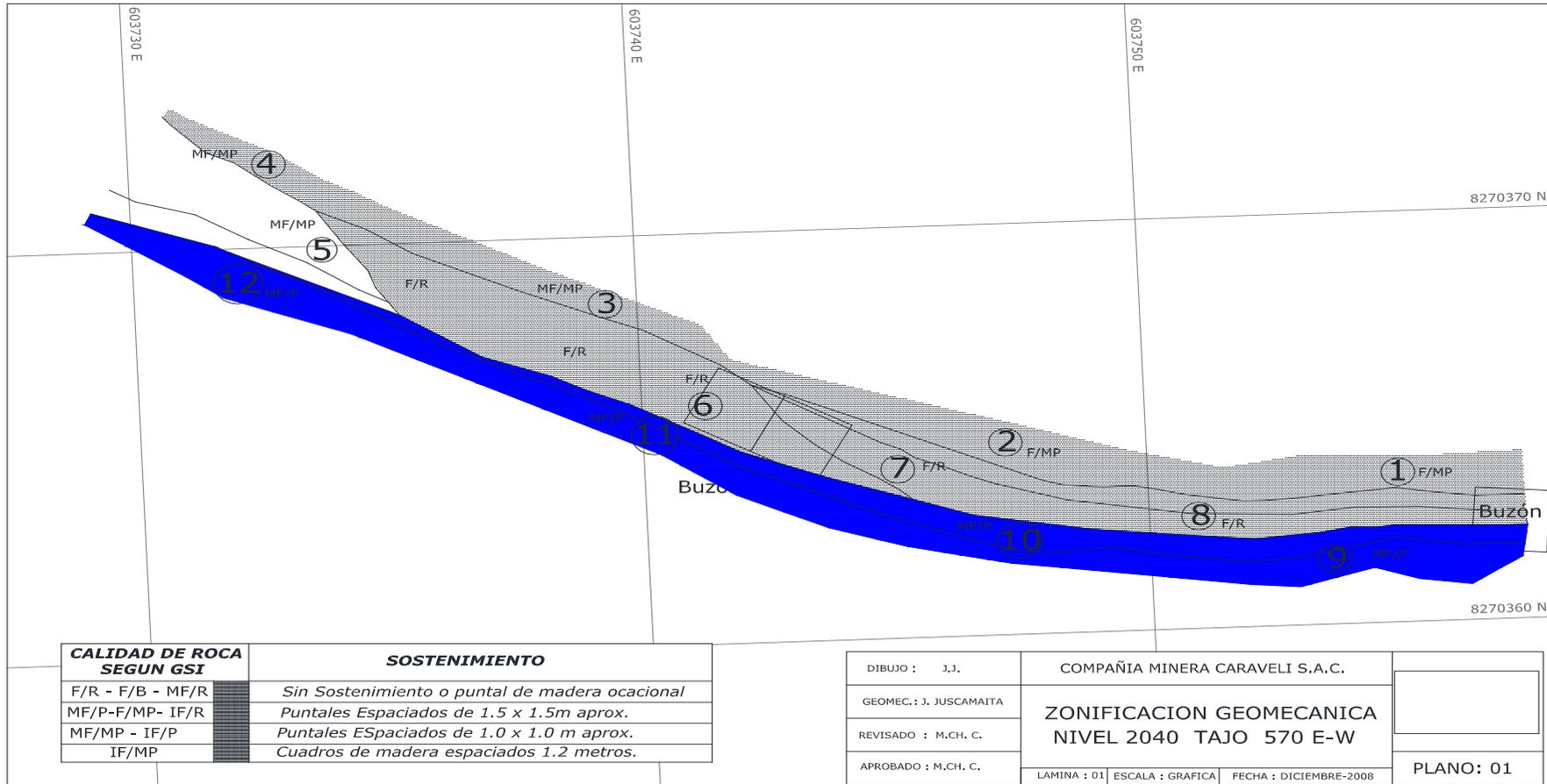
A continuación se presentan los diferentes cuadros de la toma de datos mes a mes con sus respectivos mapeos geomecánicos aplicando las nuevas tablas geomecánica GSI modificada versión 001 para labores de explotación (Grafico 12), para la evaluación del macizo rocoso del tajo 570 E/W del microcontratista Enrique Tejada, en donde notaremos como cambia de roca del tajo mediante se van haciendo los cortes de explotación del mineral.

Cuadro 33: Datos del primer mapeo geomecánico.

MAPEO GEOMECANICO DEL TAJO 570 E/W						
PUNTO	Condición de Estructura	Condición de Resistencia			Calidad de Roca Según el GSI	Sostenimiento Según la Tabla Geomecanica GSI Modificado de C.I.A Caravelí.
	Numero de fracturas por metro	Se indenta con la picota		Numero de golpes de picota con que se rompe la roca		
		Superficialmente	Profunda			
1	10		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
2	9		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
3	14		Si		MF/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.0x1.0m
4	15		Si		MF/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.0x1.0m
5	15		Si		MF/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.0x1.0m
6	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
7	10			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
8	9			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
9	14	Si			MF/P	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
10	13	Si			MF/P	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
11	16	Si			MF/P	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
12	13	Si			MF/P	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Grafica 23: Primer mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada



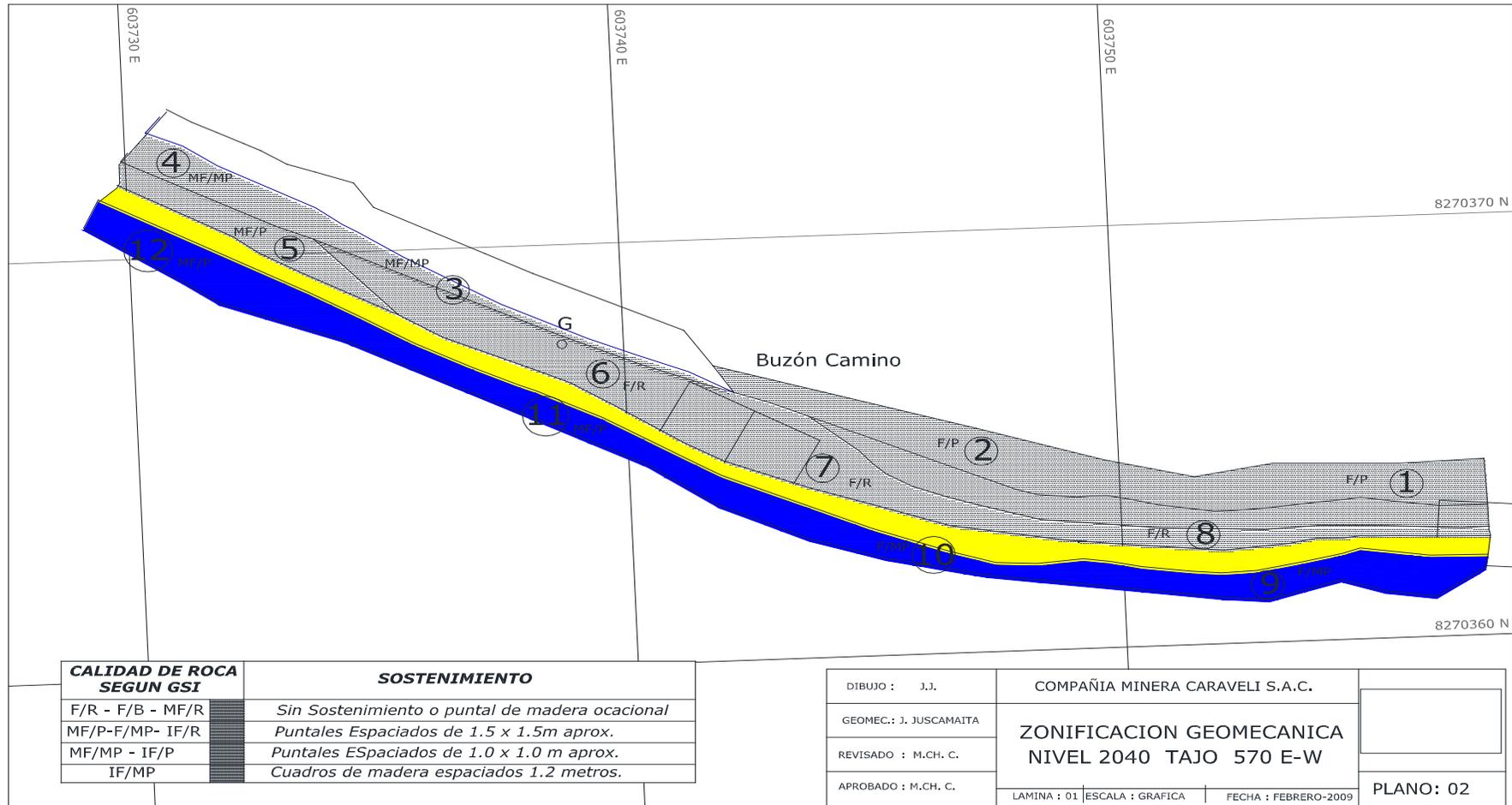
Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 34: Datos del segundo mapeo geomecánico.

MAPEO GEOMECANICO DEL TAJO 570 E/W						
PUNTO	Condición de Estructura	Condición de Resistencia			Calidad de Roca Según el GSI	Sostenimiento Según la Tabla Geomecanica GSI Modificado de C.I.A Caravelí.
	Numero de fracturas por metro	Se indenta con la picota		Numero de golpes de picota con que se rompe la roca		
		Superficialmente	Profunda			
1	8	Si			F/P	Sin soporte o puntal de madera ocasional
2	10	Si			F/P	Sin soporte o puntal de madera ocasional
3	16		Si		MF/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.0x1.0m
4	13		Si		MF/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.0x1.0m
5	13	Si			MF/P	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
6	9			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
7	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
8	9			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
9	9		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
10	10		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
11	8		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
12	8		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Grafica 24: Segundo mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada



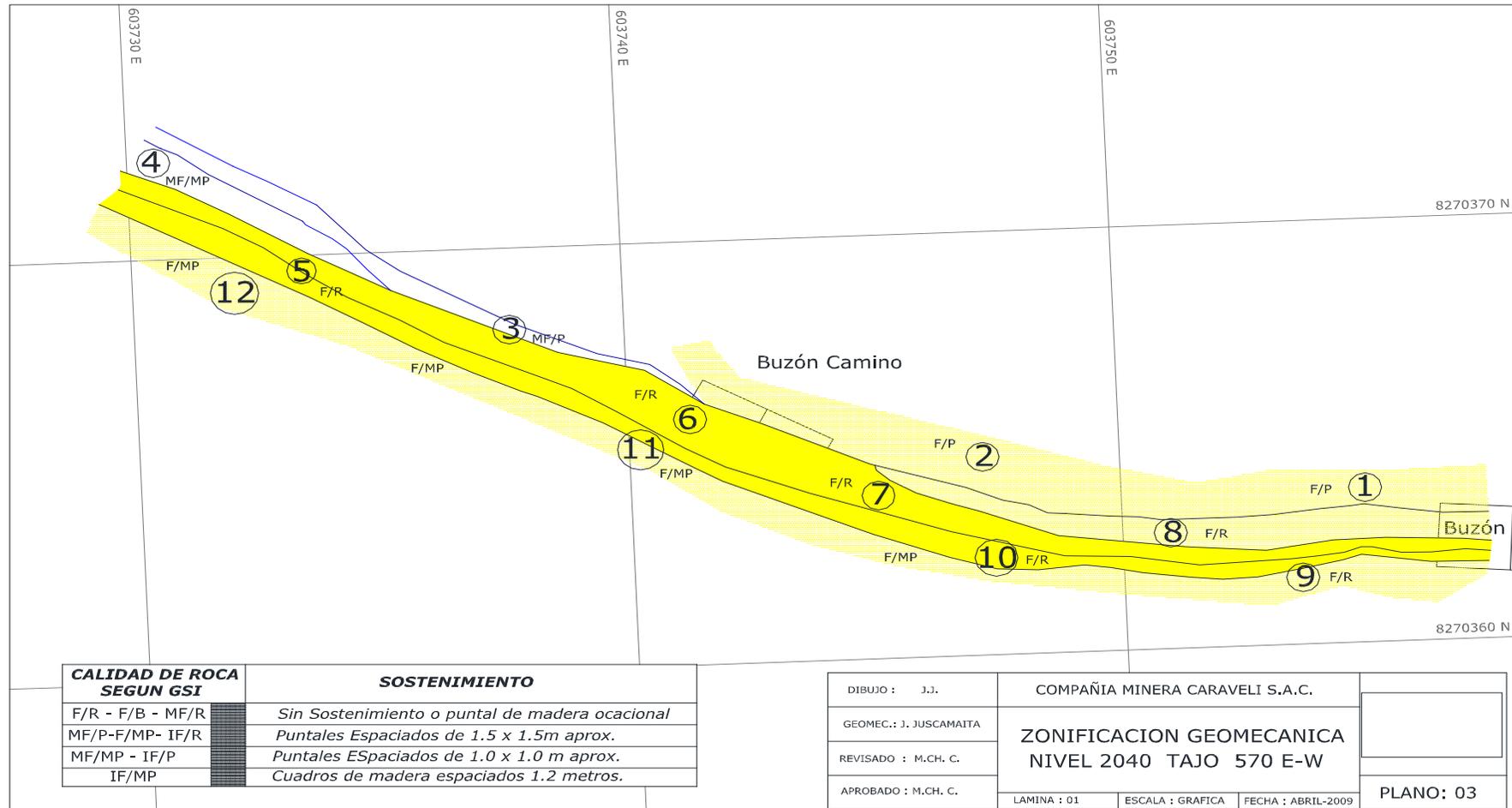
Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 35: Datos del tercer mapeo geomecánico.

MAPEO GEOMECANICO DEL TAJO 570 E/W						
PUNTO	Condición de Estructura	Condición de Resistencia			Calidad de Roca Según el GSI	Sostenimiento Según la Tabla Geomecanica GSI Modificado de C.I.A Caravelí.
	Numero de fracturas por metro	Se indenta con la picota		Numero de golpes de picota con que se rompe la roca		
		Superficialmente	Profunda			
1	8	Si			F/P	Sin soporte o puntal de madera ocasional
2	8	Si			F/P	Sin soporte o puntal de madera ocasional
3	13	Si			MF/P	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
4	15		Si		MF/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.0x1.0m
5	9			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
6	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
7	7			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
8	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
9	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
10	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
11	9		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
12	9		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Grafica 25: Tercer mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada



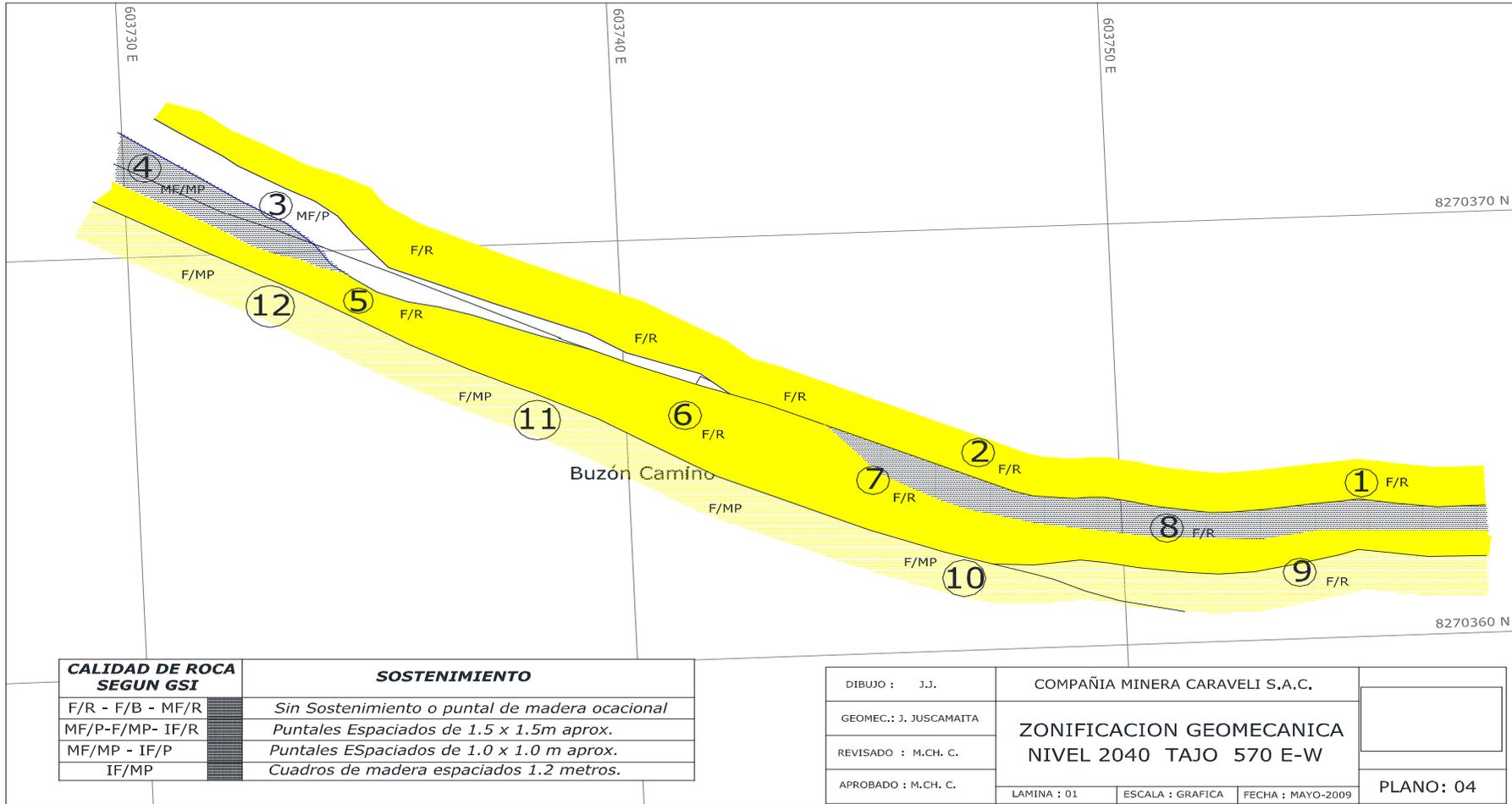
Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 36: Datos del cuarto mapeo geomecánico.

MAPEO GEOMECANICO DEL TAJO 570 E/W						
PUNTO	Condición de Estructura	Condición de Resistencia			Calidad de Roca Según el GSI	Sostenimiento Según la Tabla Geomecanica GSI Modificado de C.I.A Caravelí.
	Numero de fracturas por metro	Se indenta con la picota		Numero de golpes de picota con que se rompe la roca		
		Superficialmente	Profunda			
1	7			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
2	9			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
3	13	Si			MF/P	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
4	16		Si		MF/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.0x1.0m
5	7			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
6	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
7	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
8	9			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
9	7			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
10	8		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
11	7		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
12	8		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Grafica 26: Cuarto mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada



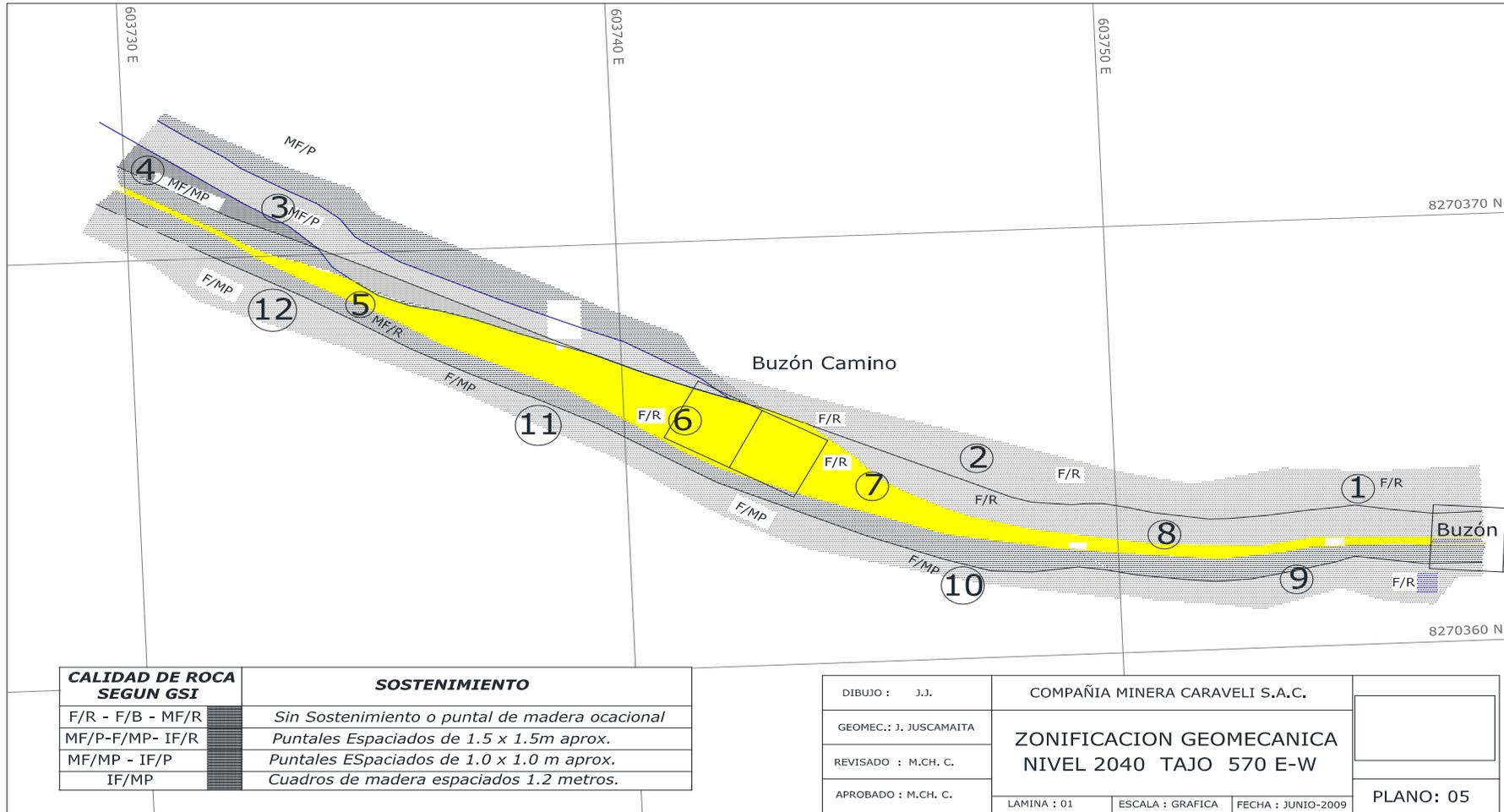
Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

Cuadro 37: Datos del quinto mapeo geomecánico.

MAPEO GEOMECANICO DEL TAJO 570 E/W						
PUNTO	Condición de Estructura	Condición de Resistencia			Calidad de Roca Según el GSI	Sostenimiento Según la Tabla Geomecánicos GSI Modificado de C.I.A Caravelí.
	Numero de fracturas por metro	Se indenta con la picota		Numero de golpes de picota con que se rompe la roca		
		Superficialmente	Profunda			
1	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
2	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
3	15	Si			MF/P	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
4	14		Si		MF/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.0x1.0m
5	8			1 a 2	MF/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
6	9			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
7	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
8	10			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
9	8			1 a 2	F/R	Sin soporte o puntal de madera ocasional
10	8		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
11	7		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m
12	9		Si		F/MP	Puntales de madera sistemáticos 1.5x1.5m

Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caravelí. Área de Geomecánica.

Grafica 27: Quinto mapeo gemecánico Tajo 570 E/W Enrique Tejada



Fuente: Archivo de la Compañía Minera Caraveli. Área de Geomecánica.

CONCLUSIONES

- Se llegó a alcanzar lo deseado concluyendo satisfactoriamente con la elaboración de la primera versión de las tablas Geomecánicas GSI modificado para la CIA minera Caravelí, formulado a partir de las tablas originales de dicha clasificación geomecánica, para lo cual se tuvo que hacer un trabajo preliminar en diversas labores tanto en tajos de explotación, labores de exploración y desarrollo de la compañía.
- Luego de ver las calidades de roca existentes en la mina y los problemas de sostenimiento existente en todas las labores se procede a formular una tabla más sencilla con los componentes necesarios para el completo entendimiento de las personas que trabajan la compañía, y que posteriormente luego de dar una buena capacitación y entrenamiento en el mismo lugar de trabajo y gracias al constante seguimiento que se hacía para que se cumpliera con el uso adecuado de las tablas Geomecánicas, se llega a obtener buenos resultados.

- Hay que mencionar que los trabajadores que conforman el grupo de Microcontratistas y trabajadores de las contratistas, en su mayoría no poseen estudios de secundaria completa y algunos incluso no llegaron a terminar su primaria por lo que fue más difícil hacer entender el uso correcto de dichas tablas Geomecánicas.
- Las limitaciones más resaltantes en el proceso de elaboración de las tablas Geomecánicas GSI y su respectiva aplicación fue la falta de apoyo por parte de la gerencia, las demoras en el envío de herramientas como elementos de sostenimiento, brújulas, picotas de geólogo, y entre otros accesorios, redondos de madera de todas las dimensiones, así como los elementos para el lanzamiento del shotcrete no eran abastecidos a tiempo, lo cual dificultaba todo tipo de implementación en el sistema de trabajo.
- Las mismas tablas Geomecánicas impresas y plastificadas para su difusión y repartición a cada trabajador de la mina demoraron en llegar a la mina. Todo eso retrasó la elaboración y por supuesto la difusión de las tablas Geomecánicas, pero igual se siguió con el trabajo con los recursos que se tenía y se cumplió con la meta que era elaborar y aplicar esta herramienta de trabajo que como son las tablas Geomecánicas GSI.
- La no aceptación de los trabajadores del uso y aplicación de las tablas Geomecánicas fue también un problema al inicio, la cual se superó con constantes charlas, capacitaciones y un seguimiento

estricto del llenado diario de las hojas de evaluación geomecánica, eso era complementado con incentivos del mejor uso de sostenimiento en una labor mensual, y su respectivo reconocimiento.

- Las tablas Geomecánicas generadas ayudaron para hacer un buen control del sostenimiento en las labores críticas en la CIA minera Caravelí, una de ellas el tajo 570 E/W donde ocurrió un accidente fatal el año 2008.
- El tajo 570 E/W se analizó desde un inicio y se concluyó su explotación de manera satisfactoria en aproximadamente 5 meses, sin incidente alguno de caída de rocas, gracias a la oportuna implementación de las tablas Geomecánicas GSI junto con su respectivas hojas de evaluación geomecánica implementada en cada labor.
- Conociendo la roca se empezó a hacer un mejor control del uso de explosivos, se empezó a controlar la voladura usando un explosivo adecuado para cada calidad de roca y de esta manera se disminuyó la sobre rotura de las cajas techo y piso de las labores de los Microcontratistas y las labores de las contratistas mineras disminuyendo de esta forma también la dilución del mineral.
- La realización de mapeos en los diferentes galerías, cruceros, cortadas, tajos, etc. es muy importante, aunque solo se contaba

con mi persona para hacer todo el trabajo, se avanzo de manera lenta lo cual no fue suficiente pues la zonificación de la mina en esos seis meses no se llevo a concluir, por lo que es necesario seguir con la conclusión de dichos trabajos en la Unidad Minera Chino II.

- Es necesario complementar el trabajo inicial realizado con otros tipos de clasificaciones, como son el RMR y el Q de Barton hacer las respectivas zonificaciones para poder tener un conocimiento necesario y real de todo el macizo rocoso de la CIA Minera Caravelí.
- Se puede concluir finalmente que los Microcontratistas, los trabajadores de las contratas y los mismos ingenieros se encuentran capacitados en el uso correcto y aplicación de las tablas de evaluación geomecanica GSI modificado versión 001, por lo que no se debe dejar de hacer el seguimiento respectivo con las capacitaciones constantes, el llenado de las hojas de evaluación geomecanica, que es la única forma que la nuestras labores mineras se encuentra en condiciones seguras para trabajar.

RECOMENDACIONES

- Se debe entender que estas Tablas Geomecánicas son una versión inicial. Se recomienda la mejora continua de la elaboración de las Tablas Geomecánicas GSI modificado para la CIA Minera Caravelí, y así obtener las siguientes versiones logrando de esta manera mejorar el sostenimiento de las labores mineras.
- Es necesario continuar con las campañas de desatado de roca en todos los accesos, galerías, rampas, tajeos, vías de escape, etc. Para evitar cualquier tipo de incidente no deseado.
- Se recomienda seguir con las campañas de desatado en toda la mina y cumplir con el cronograma de las mismas, que fue elaborado y aprobado junto con los residentes de las contratas mineras y jefes de grupo de los Microcontratistas de la mina.

- Se recomienda colocar un juego de barrerillas cada 200m en las galerías principales, para así facilitar el desatado de rocas en todo momento y en todo lugar.

BIBLIOGRAFIA

1. BRADY B. H. G. & BROWN E. T., *Rock mechanics For Underground Mining*, George Allen & Unwin Ltd, UK, Londres, 1985.
2. ING. CHAMBE COHAILA, MARIO, *Curso: Geomecánica Básica y elementos de sostenimiento*, Perú, Arequipa, 2008.
3. ING. CUEVA CABALLERO, CARLOS, *Mecánica de rocas*, Perú, Cerro de Pasco, Texto universitario de pre grado de Universidad Nacional Daniel A. Carrión, 1998.
4. SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA, PETRÓLEO Y ENERGÍA, *Manual de Geomecánica Aplicada a la prevención de Accidentes por Caída de Rocas en Minería Subterránea*, Perú, Lima, 2004.
5. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ANTIPLANO, *Métodos de Explotación Subterránea*, Perú, puno, 1998.

6. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE BARCELONA (E.T.S.E.C.C.P.B) – UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA (U.P.C), *El sostenimiento de túneles basado en las Clasificaciones Geomecánicas, España.*