

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA DE MINAS



Tesis

**GEOMECÁNICA Y SU IMPLICANCIA EN LA INVESTIGACIÓN DE
DESPRENDIMIENTO DE ROCAS EN EL CX 1870 EMPRESA MINERA
HOCHSCHILD MINING COMPAÑÍA MINERA ARES U.O. PALLANCATA**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: Antolin Ancalla Monge.

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL:

DE INGENIERO DE MINAS

ASESOR: Ing. Rómulo Dueñas Vargas

CUSCO - PERU

2019

DEDICATORIA

A mi padre, Octavio Ancalla Q. por su apoyo
incondicional, por su cariño y por sus consejos,
por sentir mis logros como suyos,
y a mi madre Cesária Monge H.
que desde el cielo me da fuerzas para continuar.

A mis dos hijos Sebastian Ancalla Mendoza
Y Amira Kataleya Ancalla Mendoza
Y a mi esposa Sonilda Mendoza Félix

A mis hermanos Cayo, Amanda, techy,
Braulio y filomena, Que siempre me apoyaron.

Este trabajo va dedicado a todos aquellos que me quieren.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo lo dedico a mis padres después de Dios quienes me siguen apoyando incansablemente con la gran esperanza de verme realizado como Profesional.

A la Empresa Especializada IESA S.A. y al grupo HOCHSCHILD MINING – COMPAÑÍA MINERA SUYAMARCA U.O. PALLANCATA agradezco por abrirme las puertas y permitir enriquecerme de conocimiento, experiencia en el campo de la minería y por haberme permitido estar en sus filas, dando un especial agradecimiento a los operadores y trabajadores que nos brindaron apoyo en sus respectivos equipos para la toma de datos y así a los supervisores por su apoyo constante, quienes contribuyeron en parte a nuestra formación como futuros Profesionales de la minería y permitirnos conocer de cerca como se vienen desarrollando las operaciones en Mina, la maquinaria y equipos que se utilizan, y aprender a trabajar en equipo ,así también los aspectos de seguridad con los cuales se opera en cada una de sus áreas a los todos los Ingenieros de todas las guardias de quienes aprendí de la gran experiencia que poseen del cual me voy enteramente satisfecho con las ganas de emplearlo en un futuro cercano en alguna otra mina del Perú o del mundo.

Y por último y no menos importante agradezco a mi alma mater Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a mis Docentes, de la Carrera Profesional de Ingeniería de Minas, por el apoyo constante y sus enseñanzas dentro de nuestras aulas. A quienes dedicó en todo momento su atención en el transcurso de mi formación Profesional.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE TABLA.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCION	xiii
CAPITULO I.....	1
PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. General	2
1.2.2. Especifico	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. General.	3
1.3.2. Específicos.	3
1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.....	3
1.5. ALCANCES.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	5
2.2. MARCO CONTEXTUAL	7
2.2.1. Generalidades del ámbito de estudio.....	7
2.2.2. Ubicación y accesibilidad.....	8
2.2.3. Acceso	9
2.2.4. Clima y Vegetación.....	10
2.2.5. Morfología.....	10
2.2.6. Recursos Renovables y no Renovables.....	10
2.2.7. Recursos Minerales	11
2.2.8. Infraestructura De Producción.....	12
2.2.9. Geología Local	13
2.2.10. Geología Regional.....	16

2.2.11. Geología Estructural.....	19
2.3. BASES TEÓRICAS.....	25
2.3.1. Clasificación de las rocas en Ingeniería	25
2.3.2. Condiciones de Fracturas	26
2.3.3. Estructura del macizo rocoso	26
2.3.4. Propiedades geomecánicas importantes de las discontinuidades	28
2.3.5. Índice de la calidad de roca – RQD.....	31
2.3.6. Clasificación del macizo rocoso RMR (Bieniawski, 1974)	33
2.3.7. Clasificación Geomecánica de Barton “Q” (índice de calidad)	37
2.3.8. El Índice de Resistencia Geológica GSI de (HOEK & MARINOS, 1998)	41
2.3.9. Seguridad y salud ocupacional en minería (Bird, 1921 - 2007).....	46
2.3.10. Investigación de incidentes, incidentes peligrosos, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales D.S. N° 023-2017 EM	48
2.3.11. Proceso de investigación	51
2.3.12. Clasificación de accidentes en minería	56
2.4. MARCO CONCEPTUAL.....	59
2.4.1. Ciclo de las rocas.....	59
2.4.2. Rocas Igneas.....	60
2.4.3. Rocas metamórficas	60
2.4.4. Rocas sedimentarias	61
2.4.5. Macizo Rocosos	63
2.4.6. Mecánica de rocas	63
2.4.7. Geomecánica	64
2.4.7.1. Mapeo geomecánica.....	64
2.4.8. Compresión uniaxial	65
2.4.9. Carga puntual	66
2.5. HIPOTESIS	68
2.5.1. General	68
2.5.2. Especifico	68
2.6. VARIABLES E INDICADORES	69
CAPITULO III	70
METODOLOGIA	70
3.1 AMBITO DE ESTUDIO	70
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	70
3.2.1. Tipo de investigación	70

3.2.2. nivel de investigación.....	70
3.3. POBLACION Y MUESTRA	71
3.3.1. Poblacion.....	71
3.3.2. Muestra.....	71
3.4. TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS	71
3.4.1 Instrumento de recolección de datos para la perforacion diamantina (exploración operativa mina).....	71
3.4.1.1. instrumento para la recolección de datos para la investigación de incidentes	72
3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS	73
3.5.1. Procedimiento de recoleccion de datos para la perforación diamantina	73
3.5.2. Procedimiento para la recolección de datos para la investigación de incidentes.	73
3.6. Técnicas de análisis de datos.....	76
3.6.1. Técnicas de análisis de datos para la investigación del incidente de alto potencial CX 1870 U.O. Pallancata.....	77
3.6.2. Manifestación sobre el incidente de alto potencial suscitado en CX1870	79
3.6.3. Flash report.....	80
3.6.4. El responsable de la investigación deberá convocar al equipo de investigación del accidente / incidente de acuerdo al cuadro de responsabilidades.....	81
para este incidente de alto potencial por desprendimiento de rocas, se va a realizar la investigación juntamente con las áreas involucradas.	81
3.6.5. Indice de designacion de calidad de la roca (Rock Quality Designation).....	86
3.6.6. Criterio RMR (valoración del macizo rocoso) de bieniawski (1989)	89
3.6.7. Clasificacion geomecánica Q de Barton	94
3.6.8. Clasificación geomecánica GSI índice de resistencia geológica.....	102
3.6.9. Investigación final del accidente / incidente de acuerdo a la metodología de la causalidad del accidente / incidente técnica de análisis sistemático de causas (TASC) SIG - DGG05-05-00.....	106
CAPÍTULO IV	123
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	123
4.1. RESULTADOS	123
4.1.1. Resultados de geomecánica y su implicancia en la investigación de desprendimiento de rocas en el CX 1870 empresa minera Hochschild Mining compañía minera Ares u.o. Pallancata.	123
4.1.2. obtención de causas de la investigación del incidente de alto potencial por desprendimiento de rocas.	125
4.2. DISCUSIONES	127
4.2.1. Contraste de resultados con referentes al marco teórico	127

4.2.2. Comentario de la demostración de la hipótesis	127
4.2.3. Aportes de la investigación	127
CONCLUSIONES	128
RECOMENDACIONES	129
Referencias Bibliografía.....	130
ANEXOS.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plano de ubicación, proyecto Pallancata.....	8
Figura 2: Geología Local del Proyecto Pallancata	15
Figura 3: Andesitas afaníticas y porfiríticas	17
Figura 4: Afloramientos blanquecinos	17
Figura 5: Flujos de lavas andesíticas y sills de alto nivel.....	18
Figura 6: Formación de domos.....	18
Figura 7: Alteración Argílica	19
Figura 8: Veta Pallancata	20
Figura 9: Ciclo de las rocas	25
Figura 10: Roca intacta en interior mina.....	27
Figura 11: Masa rocosa en interior mina.....	27
Figura 12: Orientación de las familias de juntas	28
Figura 13: Espaciado de una discontinuidad	28
Figura 14: Persistencia de la discontinuidad	29
Figura 15: Rugosidad del macizo rocoso	29
Figura 16: Apertura con relleno y sin relleno.....	30
Figura 17: Meteorización de la masa rocosa	30
Figura 18: Forma correcta para medir el RQD	31
Figura 19: Medición de los testigos en gabinete.....	32
Figura 21: Índice de resistencia de carga puntual	35
Figura 20: Resistencia a la compresión de la roca intacta.....	35
Figura 22: rumbo de la excavación	36
Figura 23: Rumbo paralelo al eje de la excavación	37
Figura 24: Pirámide de Bird	50
Figura 25: Modelo de causalidad	50
Figura 26: Pasos para una investigación de seguridad	53
Figura 27: Modelo de causalidad en retroceso	55
Figura 28: Jerarquía de control de seguridad	58
Figura 29: Ciclo de las rocas	59
Figura 30: Diorita, roca ígnea intrusiva de composición intermedia y textura fanerítica	60
Figura 31: Mármol	61
Figura 32: Las rocas sedimentarias en Hong Kong Geo Parque	62
Figura 33: macizo rocoso	63
Figura 34: Construcción de túnel	64
Figura 35: Mapeo Geomecánico	65
Figura 36: Compresión uniaxial.....	65
Figura 37: Carga puntual.....	66
Figura 38: Peligro.....	67
Figura 39: Flujograma para la investigación del incidente/ accidente	77
Figura 40: Imagen tomada después del incidente CX 1870.....	78
Figura 41: Descripción del desprendimiento de roca.....	78
Figura 42: Plano de ubicación del incidente	80
Figura 43: comportamiento del RQD en el CX 1870.....	84
Figura 44: comportamiento del RQD en el CX 1870.....	85
Figura 45: comportamiento del RQD en zona de derrumbe CX 1870.....	85

Figura 46: Flujograma del índice de designación de calidad de roca	86
Figura 47: Flujograma para la valoración del macizo rocoso	89
Figura 48: Flujograma para la clasificación geomecánica Q de Barton.....	94
Figura 49: Estándar de cruceo 4.5 * 4.5.....	100
Figura 50: Relación de sostenimiento de la excavación.....	100
Figura 51: Flujograma de índice de resistencia geología	102
Figura 52: Presentación de Power Point del incidente de alto potencial.....	110
Figura 53: Antes del incidente de alto potencial en el CX 1870.....	111
Figura 54: Momento cuando ocurrió el incidente de alto potencial.....	111
Figura 55: Plano Geomecánico CX 1870.....	112
Figura 56: Plano de ubicación donde se desprendió la roca.....	112
Figura 57: Plano Geomecánico para el respectivo estudio del desprendimiento de roca	113
Figura 58: Plano Geomecánico actualizado después del incidente	113
Figura 59: Cuadro estadístico para el estudio de la zona de desprendimiento de roca	114
Figura 60: Estudio de la zona de desprendimiento de rocas, vista en planta corona hacia el hastial izquierdo.....	114
Figura 61: Resultado de la valoración del macizo rocoso.....	115
Figura 62: Excavación del CX 1870 con FS: 1.80	116
Figura 63: Análisis Por Métodos Numéricos (PHASE 2) para el CX 1870.....	117
Figura 64: Análisis Por Métodos Numéricos (PHASE 2) con perno para el CX 1870.....	117
Figura 65: Dirección de falla en Z volquete.....	118
Figura 66: Desprendimiento de rocas CX 1870	118
Figura 67: Excavación favorable en el CX 1870	119
Figura 68: Excavación atravesando la cuña biplanares en el CX 1870.....	119
Figura 69: Excavación realizada en el Z volquete, paralela a la falla con dirección NE	120
Figura 70: Clasificación del incidente de alto potencial CX 1870.....	120
Figura 71: Causas inmediatas.....	121
Figura 72: Causas Básicas	121
Figura 73: Causas Básicas	122
Figura 74: Plan de acción	122
Figura 75: Modelo de causalidad o efecto domino	126

INDICE DE TABLA

Tabla 1: Ruta de Arequipa-Nazca-Puquio-Pallancata.....	9
Tabla 2: Ruta de Cuzco-Abancay-Pallancata.....	9
Tabla 3: Estratigrafía de pallancata.....	22
Tabla 4: Forma correcta de realizar la medición de los testigos.....	32
Tabla 5: Calificación de RQD según (Deere & Deere, 1988).....	33
Tabla 6: Parámetros de clasificación y sus valores.....	34
Tabla 7: Ajuste de la valoración por orientación de las discontinuidades.....	36
Tabla 8: Pautas para la clasificación de las condiciones de las discontinuidades.....	36
Tabla 9: Descripción de RQD y numero de fallas de juntas.....	38
Tabla 10: Número de rugosidad de las juntas.....	38
Tabla 11: Numero de alteración de las juntas.....	39
Tabla 12: Factor de reducción de esfuerzos.....	40
Tabla 13: Criterio GSI modificado cualitativo.....	42
Tabla 14: Criterio GSI modificado cuantitativo.....	43
Tabla 15: Relación de sostenimiento de la excavación.....	44
Tabla 16: Cuadro de sostenimiento.....	45
Tabla 17: Tiempo de auto sostenimiento.....	45
Tabla 18: Elementos de DNV.....	46
Tabla 19: Preparación para la investigación de incidentes.....	51
Tabla 20: Clasificaciones de accidentes en minería.....	56
Tabla 21: Tipos de accidentes.....	56
Tabla 22: Tipos de incidentes, en sub-sector minería.....	57
Tabla 23: Variables e indicadores.....	69
Tabla 24: Cuadro para la recolección de datos.....	71
Tabla 25: Formato para la investigación.....	72
Tabla 26: Reporte preliminar de accidentes/ incidentes de alto potencial.....	81
Tabla 27: Exploración operativa mina calculada.....	81
Tabla 28: Calculo de RQD software Geotable.....	88
Tabla 29: Recomendación de fortificación para el sostenimiento según Deere.....	88
Tabla 30: Valoración para las discontinuidades.....	90
Tabla 31: Valoración del macizo rocoso.....	91
Tabla 32: Interpretación de los valores de RMR, (Bieniawski, 1974).....	91
Tabla 33: Calculo para la valoración del macizo rocoso software Geotable.....	92
Tabla 34: Orientación de la excavación vs buzamiento de la falla.....	92
Tabla 35: Recomendación para el RMR determinado.....	93
Tabla 36: Cartilla geomecánica para determinar el tiempo de autosostenimiento usado en mina.....	93
Tabla 37: Número de fallas de Jn.....	96
Tabla 38: Número de rugosidad de las juntas.....	96
Tabla 39: Número de alteraciones de las juntas.....	97
Tabla 40: Reducción de agua en las juntas.....	97
Tabla 41: Factor de reducción de esfuerzo.....	98
Tabla 42: Valoración del índice de Q de Barton.....	99
Tabla 43: Dimensión equivalente.....	99
Tabla 44: Calculando de valoración del macizo rocoso Q utilizando el software geotable.....	101
Tabla 45: Reforzamiento de sostenimiento.....	101

Tabla 46: GSI modificado para labores de desarrollo de sección 3.5 – 5mt.....	103
Tabla 47: GSI modificado para labores de desarrollo de sección > 5mt.....	104
Tabla 48: Relación entre la clasificación del macizo rocoso y el grado de estabilidad	105
Tabla 49: Registro para la evaluación de la investigación de accidentes / incidentes en Excel ..	106
Tabla 50: Recomendaciones y medidas correctivas.....	110
Tabla 51: Valoración del macizo rocoso según Bieniawski	115
Tabla 52: Sugerencias para el reforzamiento	116
Tabla 53: Sostenimiento y avance a partir RQD según Deere	124
Tabla 54: Sostenimiento y avance a partir RMR según Bieniawski	124
Tabla 55: Sostenimiento en excavaciones subterráneas a partir de Q según Barton	125
Tabla 56: Sostenimiento en excavaciones subterráneas a partir de GSI Hoek y Marinos	125

RESUMEN

Uno de los trabajos más arriesgados del mundo, requiere de una gran responsabilidad de la empresa minera, por lo cual, el compromiso del recurso más importante de la empresa minera es la seguridad.

Para lograr encontrar las causas de un incidente de alto potencial, necesitamos investigar, analizar los eventos que sucedieron antes del incidente y después del incidente para tener un panorama de las fallas en el sistema que ocurrieron.

Teniendo como un incidente de alto potencial por desprendimiento de rocas, se realizará análisis en la parte de la geomecánica, por tener una relación directa, así mismo necesitaremos datos del mapeo geológico de sondajes de las perforaciones diamantinas, que se realizaron con un fin de exploración de la veta CHARO en el CX 1870 de la boca mina de Ranichico, también se complementaran con el mapeo geomecánico, para obtener resultados convincentes y acertadas para dicho análisis de la clasificación del macizo rocoso (RMR, GSI y Q).

Cabe mencionar que el RQD, que se obtiene de los sondajes, varían en todo el tramo de la labor y así mismo la valoración de la roca serán distintas.

Con los resultados obtenidos en el “análisis geomecánico del índice de designación de calidad rocosa RQD según Deere”, el “análisis geomecánico de la valoración del macizo rocoso RMR según Bieniawski ” y el “análisis geomecánico del Q de Barton”, se concluyó que los datos obtenidos para el análisis Geomecánico de la cámara de carguío del CX 1870, es una labor muy inestable, según Deere es mala, por estar en el rango de 25 – 50 RQD, según Bieniawski es una roca muy mala, por estar en un rango de valoración < 21 RMR, según el Q de Barton la roca es de calidad extremadamente mala por estar en un rango de $0.01 \leq Q < 0.1$, y según el índice de resistencia geológica GSI adaptado para la mina pallancata de Hoek y Marinos es una labor, que **no es recomendable** realizar la excavación, por estar en una zona paralela a la cámara de carguío z volquete, donde existe fallas biplanares, formando cuña de una buena longitud y de un ancho considerable.

Teniendo como consecuencia el colapso con un colapso del maciso rocoso de una longitud de 3 x 4 x 18 mt, teniendo un daño considerable al proceso de construcción del CX 1870 y cierre definitivo de la labor.

ABSTRACT

One of the riskiest jobs in the world, requires a great responsibility of the mining company, therefore, the commitment of the most important resource of the mining company is safety.

In order to find the causes of a high potential incident, we need to investigate, analyze the events that happened before the incident and after the incident to get an overview of the system failures that occurred.

Having as an incident of high potential due to rockfall, analysis will be carried out in the geomechanics part, because it has a direct relationship, we will also need data from the geological mapping of drill holes of the diamond drillings, which were carried out for the purpose of exploration of the CHARO vein in the CX 1870 of the Ranichico mine mouth, they will also be complemented with the geomechanical mapping, to obtain convincing and accurate results for said analysis of the classification of the rock mass (RMR, GSI and Q).

It is worth mentioning that the RQD, which is obtained from the boreholes, varies throughout the section of the work and also the valuation of the rock will be different.

With the results obtained in the “geomechanical analysis of the RQD rock quality designation index according to Deere”, the “geomechanical analysis of the RMR rock mass assessment according to Bieniawski” and the “Barton Q geomechanical analysis”, it was concluded that the data obtained for the Geomechanical analysis of the loading chamber of the CX 1870, is a very unstable work, according to Deere is bad, for being in the range of 25 - 50 RQD, according to Bieniawski is a very bad rock, for being in a range of assessment <21 RMR, according to Barton's Q the rock is of extremely poor quality because it is in a range of $0.01 < Q < 0.1$, and according to the GSI geological resistance index adapted for the Hoek and Marinos leverage mine it is a task, that it is not advisable to carry out the excavation, because it is in an area parallel to the loading chamber z tipper, where there are biplane faults, forming a wedge of a good length and a considerable width.

Having as a consequence the collapse with a collapse of the rocky mace of a length of 3 x 4 x 18 mt, having considerable damage to the construction process of the CX 1870 and definitive closure of the work.

INTRODUCCION

Si bien es cierto que la minería en el Perú y el mundo, es la principal fuente de ingreso económico, así como es la principal actividad en el Perú, también tiene mucha responsabilidad en sus operaciones.

Por lo tanto, el yacimiento de la mina Pallancata, es epitermal de baja sulfuración que contiene como principal la plata (Ag) acompañado con el oro (Au), siendo la mina polimetálica, por tratarse de un yacimiento que se presenta en vetas subverticales, la empresa minera está obligado a realizar las profundizaciones, para seguir la explotación de sus metales preciosos.

Cuando se realiza las perforaciones diamantinas, ya se sabe qué tipo de roca vamos a encontrar, pero las perforaciones se realizan en diferentes puntos espaciados entre sí, realmente no conocemos el comportamiento de las rocas en toda la operación, por eso se tiene que analizar diariamente el tipo de sostenimiento que vamos a plantear en el CX 1870 para alcanzar la veta, que se encuentra con presencia de fracturas formando cuñas de gran magnitud, no pudiéndose identificar por el tamaño de espaciamiento de fractura y por tener un espaciamiento muy pronunciado.

Por lo tanto, a consecuencia de contar con incidentes de alto potencial de caída de roca, es necesario realizar una investigación profunda en él área, para encontrar las causas y tomar medidas de correctivas, para minimizar este tipo de incidentes.

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La explotación de yacimientos, por el método de explotación subterránea, en el país y el mundo, son actividades de alto riesgo, siendo el principal causante de accidentes mortales la **caída de roca**. Por lo tanto, el titular minero está comprometido a dar condiciones de trabajo a su personal, cumpliendo con los estándares de explotación, otorgadas por el reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería 023-2017- EM. Por lo tanto, realizar una mejora continua en la determinación del macizo rocoso.

La mina Pallancata, es un yacimiento que presenta vetas subverticales, obligando la explotación de sus minerales, cada vez más profundos, teniendo como consecuencia en la excavación, la presión de carga que ejerce en la labor, también los esfuerzos van acompañados por condiciones de la roca, estén fracturadas, con presencia de fallas, discontinuidades, persistencia, espaciamiento, aperturas, etc., Siendo factores que intervienen en la decisión del avance y sostenimiento de la mina.

La mina Pallancata por la política que tiene, el sostenimiento que realiza es el metro avanzado y metro sostenido, con un estándar mínimo de malla electrosoldada y perno en todas las labores.

Así mismo el área de geomecánica envía planos para realizar el tipo de sostenimiento, con las pruebas que se analiza en torno a las perforaciones diamantinas de prospección, que está realizado por la empresa contratista Geodrill.

Las caídas de rocas que presentamos en el avance, del CX 1870, son materias de investigación para conocer las causas, que intervienen dicho evento, también se tendrá que determinar las acciones correctivas para minimizar los incidentes y accidentes por desprendimiento de rocas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. General

¿Cuál es la relación que hay entre la geomecánica, el desprendimiento de rocas y los incidentes y accidentes que se produce en el CX 1870 de la empresa minera HOCHSCHILD MINING compañía minera Ares U.O. Pallancata?

1.2.2. Especifico

a) ¿Se evaluará el sostenimiento del CX 1870 con la geomecánica a partir de la perforación diamantina, y el mapeo geomecánico?

b) ¿Se minimizará los incidentes con un adecuado análisis geomecánica a consecuencia del desprendimiento de rocas en el CX 1870?

- c) ¿Como influye en la decisión de avance del proyecto a partir de la evaluación geomecánica del CX 1870?

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. General.

Determinar la relación que hay entre la geomecánica, el desprendimiento de rocas y los incidentes y accidentes que se produce en el CX 1870 de la empresa minera HOCHSCHILD MINING compañía minera Ares U.O. Pallancata

1.3.2. Específicos.

a) Determinar el sostenimiento del CX 1870 con la geomecánica a partir de la perforación diamantina, y el mapeo geomecánico.

b) Determinar los incidentes con un adecuado análisis geomecánica a consecuencia del desprendimiento de rocas en el CX 1870

c) Determinar en la decisión de avance del proyecto a partir de la evaluación geomecánica del CX 1870

1.4. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.

La empresa contratista minera IESA. S.A. realiza trabajos en la U.O. Pallancata de la empresa minera HOCHSCHILD MINING, siendo su trabajo principal, realizar labores de desarrollo, realizando el sostenimiento según a la información que viene desde las oficinas de la compañía

minera, que toman como referencia a la información que se tiene como resultado de las perforaciones diamantinas, realizadas por la empresa contratista GEODRILL, Sin contar los factores que se realiza como la voladura y la presencia de fallas en la ejecución del crucero.

Para el cual, no se cuenta con un estudio diario de geomecánica y capacitación, teniendo como consecuencia, incidentes de alto potencial de desprendimientos de rocas en el CX 1870.

1.5. ALCANCES.

Este trabajo de investigación consiste en determinar las causas que intervinieron en el desprendimiento de roca, siendo el pilar fundamental para la investigación del incidente de alto potencial el análisis de geomecánica, con la finalidad de encontrar las causas básicas, para minimizar los incidentes por desprendimiento de rocas, se realizara el análisis en el tema de geomecánica, para así encontrar los problemas en el sistema integrada de gestión y hacer los respectivos levantamientos para cada uno de las necesidades del sistema, determinadas por el comité de seguridad y salud ocupacional en minería.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Existe estudios que realizaron para determinar y evaluar la roca y analizar el sostenimiento, en labores subterráneas.

- TESIS 1: “LAGEOMECAENICA EN EL SOSTENIMIENTO EN LA MINA RICOTONA LAMBRAMA 2016”

AUTOR: Blas Placido Ccorahua Sequeiros

AÑO: 2016 – UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC

OBJETIVO PRINCIPAL: Determinación los parámetros Geomecánicas RMR de Bieniawski y RQD para la selección del sistema de sostenimiento.

CONCLUSION GENERAL: Con la aplicación de la geomecánica se determinó el sistema de sostenimiento adecuado en lamina Ricotona de Lambrama, haciendo los análisis necesarios de los parámetros geomecánicas de RMR y RQD los cuales determinaron sostenimiento con cuadros y puntales de madera. Las características del macizo rocoso son las que determinaron el sostenimiento con cuadros de madera, además este tipo de sostenimiento se realizaran en los lugares específicos de la labor minera donde la labor es más inestable. Los elementos de

sostenimiento garantizaran la estabilidad de la labor Ricotona por un periodo de tiempo necesario para la extracción del mineral

➤ TESIS 2: “GEOMECANICA EN EL MINADO SUBTERRANEO CASO MINA CONDESTABLE”

AUTOR: Néstor David Córdova Rojas

AÑO: 2008 – UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

OBJETIVO: Asegurar condiciones adecuadas de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado de la Zona Prioridad 1, apoyando así al diseño, planeamiento y operación de la misma, lo cual contribuirá a mejorar los estándares de seguridad y eficiencia de la operación minera.

CONCLUSION: La ingeniería de minas moderna ha adoptado a la geomecánica como una herramienta tecnológica importante para lograr mejores condiciones de seguridad y eficiencia en las operaciones mineras. Las actividades geomecánicas que se realizan en una mina subterránea requieren ser conducidas en un medio ambiente organizacional que permita la integración de conceptos, información y actividad analítica de parte del personal involucrado con la explotación de la mina, siguiendo los aspectos fundamentales presentados

TESIS 3: “DISEÑO Y SOSTENIMIENTO DEL BYPASS 942 (NIVEL 3340) PARA OPTIMIZAR LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES EN LA MINA”

AUTOR: Edwin Calcina Bedoya

AÑO: 2018 – UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

OBJETIVO: Diseñar y sostener el bypass 942, mediante la caracterización geomecánica y el análisis de estabilidad en el nivel 3340 de la mina Chipmo.

CONCLUSION: De acuerdo a la caracterización geomecánica determinamos que la roca, en el bypass 942, es una roca mala de tipo IV que requiere sostenimiento con pernos, shotcrete y marcos ligeros de acero.

2.2. MARCO CONTEXTUAL

2.2.1. Generalidades del ámbito de estudio

El 13 de diciembre del 2005, Internacional Mineral Corp. (IMC) y Compañía Minera Ares SAC (Ares); firman una carta de intención para formar un Joint Venture sobre el Proyecto Pallancata; propiedad de IMC. Ares, fue elegida entre otras 4 compañías, previamente seleccionadas por IMC. Anterior a la firma del contrato del Joint Venture, Ares disponía de 60 días de tiempo a partir de la fecha de emisión de los permisos Medio Ambientales otorgados por el MEM; para iniciar el Due Dilligence, consistente en ejecutar 2,500 m. de perforación diamantina relagueo y remuestreo a cuarto de cores, de los principales sondajes ejecutados por IMC, principalmente en el sector denominado Brecha Oeste; ya que el mayor volumen y potencial de Recursos se ubican en este sector.

El 18 de enero del 2006 y previo al permiso de perforación que debería otorgar el MEM; Ares inicia el relagueo y remuestreo a cuarto de cores, de 5255.53 m. distribuidos en 18 sondajes diamantinos, perforados anteriormente por IMC en la Brecha Oeste. Los datos del relagueo geológico - geotécnico y el remuestreo geoquímica, han sido ingresados al GEMM, previo control de QAQC, para posterior Modelamiento de los recursos. Es importante informar, que Ares muestreo los mismos intervalos de muestreo de IMC, con fines de comparación.

Las muestras provenientes del remuestreo de los testigos de perforación, fueron enviadas a 2 Laboratorios externos, SGS y ALS Chemex, con los respectivos controles de blancos, estándares, duplicados. El procedimiento de QAQC realizado y que se adjunta en este informe, muestra una buena correlación entre los valores reportados por IMC y los obtenidos por Ares durante la etapa del remuestreo: 96% para el oro y 93% para la plata.

A partir del mes de octubre de 2006 se inició la segunda etapa de perforación diamantina del Infill Drilling, la parte de exploraciones a cargo de IMC con la ejecución de 18 sondajes que consiste en ejecutar 7,300.0 m programados.

Al mes de diciembre el programa de exploraciones llegó a perforar 6938.40 m que representa el 95.05% del programa inicial, la perforación se centró en las secciones 850, 750 y 650 al NW entre las Zonas; Huararani con la ejecución de 09 sondajes. Pallancata Oeste con la ejecución de 06 sondajes y Mariana en las secciones 3150 y 6250 con la ejecución de 03 sondajes. (IMC , 2008)

2.2.2. Ubicación y accesibilidad

El Proyecto Pallancata, se ubica en el Distrito de Coronel Castañeda, Provincia de Parinacochas, Departamento de Ayacucho; aproximadamente 520 Km. al Sur este de Lima y 180 Km. al SW del Cusco. La Operación Minera más cercana, dista 15 Km. Al NE y es la Mina Selene-Explorador, de Compañía Minera Ares.

- Departamento : Ayacucho
- Provincia : Parinacochas
- Distrito : Coronel Castañeda
- Altitud : 4400 – 4800 msnm

Se accede al Proyecto, vía Lima-Nazca-Puquio-Izcahuaca a través de 770 km. de carretera asfaltada y de allí 45 km. de trocha carrozable hasta la Propiedad y cusco- Abancay-izcahuaca (ver tabla 1 y 2).



Figura 1: Plano de ubicación, proyecto Pallancata

Fuente: MINING SUPPLIERS

2.2.3. Acceso

Tabla 1: Ruta de Arequipa-Nazca-Puquio-Pallancata

<u>TRAMO</u>	<u>DISTANCIA</u> (Km.)	<u>Hrs.</u>	<u>ESTADO DE VIA</u>
Cuzco-Abancay	200	5,0	Asfaltado
Abancay-Izcahuaca	190	4,0	Asfaltado
Izcahuaca-Pallancata	50	2,0	Trocha carrozable
	440km.		11hrs.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Ruta de Cuzco-Abancay-Pallancata

<u>TRAMO</u>	<u>DISTANCIA</u> (Km.)	<u>Hrs.</u>	<u>ESTADO DE VIA</u>
Arequipa-Nazca	570	9,0	Asfaltado
Nazca – Puquio	160	3,0	Asfaltado
Puquio-Iscahuaca	152	4,0	Asfaltado
Iscahuaca-Pallancata	50	2,0	Trocha carrozable
	932km.		18hrs.

Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Clima y Vegetación

2.2.4.1. Clima

Las condiciones climáticas que se presentan en el área del proyecto están identificadas como clima de Puna o Páramo correspondientes a los sectores altitudinales de la región de la sierra comprendidos entre 4,000 y 5,000 m.s.n.m. caracterizándose por presentar precipitaciones promedio de 700 mm anuales y temperaturas promedio anuales que varían entre 6°C. Los veranos son siempre lluviosos y nubosos y los inviernos (junio - agosto) son rigurosos y secos.

La temperatura promedio de la zona es 8°C, la humedad 72%, la precipitación 910 mm/año a una latitud norte 14°22' latitud sur 73°81' este. Dentro del entorno de la unidad se encuentra las siguientes comunidades campesinas y ganaderas: Pallancata, Aniso, Santa Rosa, Saycata. (Gamarra, 2008)

2.2.4.2. Vegetación

La flora de la zona es diversa, habiéndose registrado un total de cuarenta especies vegetales dentro de treinta y cuatro géneros y diecinueve familias. Las especies que sobre salen por su uso y como indicadores de alguna característica típica en la vegetación del lugar son: el ichu, tola, yareta y algunos arbustos de queñua. (Gamarra, 2008)

2.2.5. Morfología

El área del proyecto pertenece, según la Clasificación Natural de los Suelos del Perú, a la zona Alto Andina “Región Paramosólica”, el cual se caracteriza por presentar un suelo muy húmedo y rocas predominantes de origen volcánico. Estos tipos de suelos se caracterizan por su escasa vegetación, terrenos elevados y poco profundos, con un horizonte superficial conspicuo, pobre en materias orgánicas y ácidas.

La superficie es escarpada con variaciones grandes de altitud que en algunos casos alcanza hasta 4800m.s.n.m. Su geomorfología es típica de un modelado glaciar, con quebradas profundas de fuerte acción erosiva, son notables las evidencias de acción glaciar como estrías de abrasión de rocas de valle en “U”, morrenas de todo tipo y campos de nieve. (Gamarra, 2008)

2.2.6. Recursos Renovables y no Renovables

La ciudad más cercana a la zona del proyecto es Chalhuanca, sobre la carretera principal a unas dos horas, desde Izcahuaca (80km). Chalhuanca es el centro de aprovisionamiento de víveres y materiales.

Se han firmado un convenio con la comunidad campesina de Pallancata un Convenio de Cooperación.

También se adjunta un informe sobre la situación ambiental en el área de trabajo del proyecto Pallancata que firman los representantes de la comunidad de Pallancata.

2.2.6.1. Recursos Hídricos

Existen recursos hídricos aprovechables principalmente del río Palca y Huinchuyo, además de lagunas circundantes. El drenaje es preponderantemente dendrítico y pertenece a la cuenca hidrográfica amazónica.

2.2.6.2. Flora

La flora de la zona es diversa, habiéndose registrado un total de cuarenta especies vegetales dentro de treinta y cuatro géneros y diecinueve familias. Las especies que sobre salen por su uso y como indicadoras de alguna característica típica en la vegetación del lugar son: el ichu, tola, yareta y algunos arbustos de queñua.

2.2.6.3. Fauna

Básicamente el asentamiento poblado del campamento minero de la Compañía Minera Suyamarca S.A.C. tiene como principales representantes del género animal a las vizcachas, ratones y diferentes roedores propios de la zona, también es notoria la presencia de aves como: águilas, tórtolas, cernícalos, algunos camélidos como llamas, alpacas y vicuñas, ganado vacuno.

2.2.7. Recursos Minerales

El Proyecto Pallancata en su segunda etapa, trata de la explotación de un yacimiento constituido de cuarzo blanquecino, asociado a la sílice gris, con diseminación de sulfuros y sulfosales de plata; escasa cantidad de pirita y débil presencia de óxidos de hierro.

En la Unidad Operativa (U.O.) Pallancata, se tiene planificado explotar durante la vida, las siguientes vetas:

- ✓ Pallancata Oeste (explotación)
- ✓ Santa Bárbara (explotación)
- ✓ Ranichico (explotación)
- ✓ Santa rosa (explotación)
- ✓ Pallancata Central (explotación)
- ✓ Pallancata este (explotación)
- ✓ Mariana (exploración)

- ✓ San Javier y Virgen del Carmen (explotación).

2.2.8. Infraestructura De Producción

La U.O Pallancata cuenta con los siguientes:

- oficinas
- Vivienda
- almacenes
- Talleres
- Depósito de combustible
- Polvorines
- Rampas de accesos a la mina.

2.2.8.1. Oficinas

Se encuentra en la zona próxima al depósito de Mineral, cuya infraestructura está construida con material prefabricado, consta de oficinas administrativas de la mina, así como oficinas de superintendencia y gerencia de operaciones.

2.2.8.2. Vivienda y Servicio para los Trabajadores

Las viviendas en la unidad operativa están en bloques como son: vivienda para gerencia, empleados y para las damas, un bloque separado.

También se cuenta con infraestructuras como son: canchas deportivas, gimnasio, sala de cómputo y juegos, sala de videos, comedor, policlínico, mercantil, y lavandería.

2.2.8.3. Almacenes

Los almacenes están alejados del campamento, estando junto los talleres de mantenimiento.

También se cuenta con el laboratorio de mecánica de rocas core shack, ahí se llevan los testigos que se extraen de la perforación diamantina.

2.2.8.4. Taller De Mantenimiento Mecánico y Eléctrico Equipos Mina

Los talleres de mantenimiento de equipos están ubicados a lado de la estación de energía eléctrica, los talleres están equipados con áreas hermetizadas para evitar derrame de hidrocarburos, además cuentan con kit antiderrame y trampas de grasa.

2.2.8.5. Depósitos de Combustible Y Grifos

Los depósitos de combustible están ubicados en superficie, cuenta con dos tanques y un sistema de contención que supera el volumen de los tanques en 10 % y cuenta con sistema anti incendio de acuerdo al estándar NFPA, solo se cuenta con diésel (petróleo).

2.2.8.6. Polvorines

El polvorín principal se encuentra en un lugar adecuado (subterráneo) que fue construido exclusivamente para almacenar explosivos y accesorios, está al lado de la vía de acceso a la rampa Santa Rosa.

También se cuenta con polvorines auxiliares que se encuentra en interior mina en cada rampa de la unidad operativa.

2.2.8.7. Rampas

La U.O. Pallancata tiene las siguientes rampas y niveles:

- Rampa Don Enrique ;(Consta de 6 niveles de Nv -100 a Nv -1600)
- Rampa Espiral; (Consta de 9 niveles del Nv – 00 a Nv +900)
- Rampa Santa Ángela; (Consta de 6 niveles de Nv -100 a Nv -1600)
- Rampa Ranichico; (Consta de 5 niveles de Nv -100 a Nv -1500)
- Rampa Santa Rosa; (Consta de 2 niveles de Nv - 00 a Nv -4220)
- Rampa Orión; (Consta de 8 niveles de Nv 00 a Nv -800)
- Rampa Santa Bárbara; (Consta de 1niveles de Nv -00 a Nv -100)

2.2.9. Geología Local

Las rocas volcánicas del Terciario Medio que pertenecen a las formaciones de Aniso y Saycata, dominan la geología local del área de Pallancata.

Localmente en el proyecto Pallancata predominan brechas de flujo, lavas andesíticas y dacíticas, con alternancia de sedimentos clásticos lacustres todos intruidos por cuerpos y domos de dacitas y pórfidos dacíticos

En área afloran rocas volcánicas Terciarias de la Formación Aniso; constituidas por intercalaciones de tobas lapillíticas dacíticas andesíticas y que incorporan lentes delgadas de lavas andesíticas violáceas, las cuales son cortadas por un cuerpo subvolcánico de composición andesítica y que aparentemente controla la mineralización en la Veta Pallancata. Este subvolcánico ha sido determinado con las perforaciones diamantinas y es claramente notorio en la cota 4200.

La veta Pallancata está asociada a una gran falla sinuosa de rumbo E – ESE, que corta a la veta a veces en forma paralela y otras ligeramente en diagonal, sin embargo, el rumbo promedio es siempre subparalelo a la veta y su buzamiento subvertical, aunque la dirección del mismo también varía. Esta falla está flanqueada por varias fallas menores subparalelas pero menos continuas.

La falla Pallancata, tuvo una historia muy activa, antes, durante y después de la mineralización, esto queda evidenciado en los testigos de sondeos en los que se pueden apreciar amplios intervalos con brechas tectónicas que incluyen fragmentos de roca (volcánicos) y veta (cuarzo y calcedonia con piritita) en una matriz muy fina, esta misma brecha, se encuentra alterada por una silicificación intensa y a continuación pasa a otra brecha tectónica con fragmentos de esta antigua brecha silicificada, pero además, con fragmentos del encajante (volcánicos) y de la veta mineralizada (cuarzo con sulfuros de plata) en una matriz de harina de falla.

Las evidencias cinemáticas de esta falla indican que es de tipo sinistral, una de ellas es la morfología de la veta pallancata con una apariencia “en rosario”, con zonas de gran potencia que alcanzan hasta 30 m de espesor (dilacionales) y otras donde se adelgaza (estrechamientos) hasta tener solo un metro de espesor. Además en profundidad se han reconocido fracturas extensionales oblicuas a la veta formando vetas simoidales secundarias, cuya orientación confirma esta interpretación. Otro rasgo importante para afirmar que el movimiento en esta zona es de tipo sinistral, son las venillas menores sin-tectónicas que tienen una morfología en “cola de caballo”, indicando también un movimiento sinistral. (Gamarra, 2008)

Debido al tiempo limitado para este estudio, no fue posible realizar una correlación de la falla Pallancata con otros rasgos estructurales regionales, sin embargo los grandes cambios deposicionales en la vecindad de la veta Pallancata (lentes de lava que se acuñan hacia la zona de la veta, rodeados por tobas formando slumps) han conducido a interpretada como un graben complejo que controló la deposición de estas unidades volcánicas. Otra interpretación que se le asigna es la de un posible margen de caldera (Warren & P, 2005),

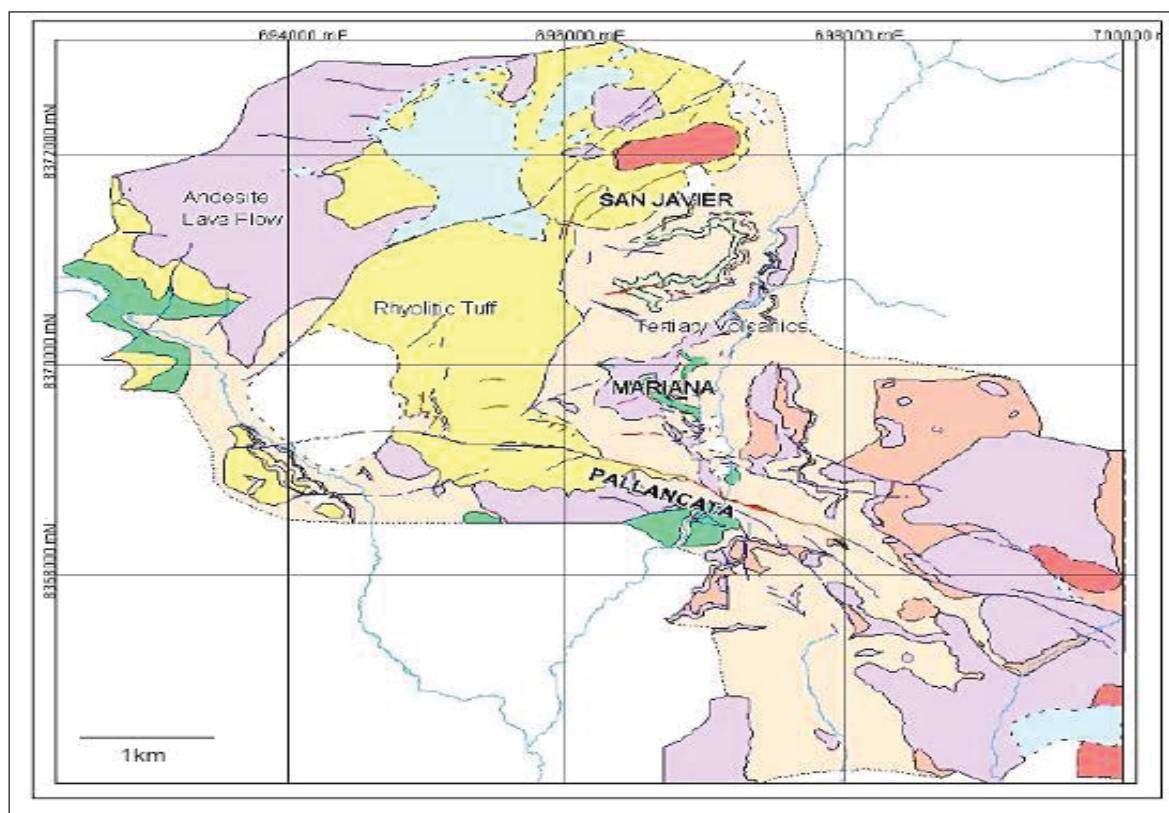


Figura 2: Geología Local del Proyecto Pallancata

Fuente: departamento de geología

Localmente en el proyecto Pallancata predominan breccias, tufos, brechas de flujo, lavas andesíticas y dacíticas, con alternancia de sedimentos clásticos lacustres todos intruidos por cuerpos y domos de dacitas y pórfidos dacíticos

Distintos ramales de vetas con anchos variables entre 0,20 a 0,70 m y zonas de breccias, con relleno de cuarzo blanco y gris afloran en diversas partes del área. La mineralización está constituida por variable proporción de sulfosales de plata, con muy poca pirita asociada a alteración cuarzo - adularia - sericita - clorita. La veta principal, es un afloramiento prominente de cuarzo blanco masivo de más de 1,0 metro de ancho y 1,2 km. de longitud, localizado dentro de una zona de falla y cizallamiento de rumbo.

Un cuerpo de Breccia (Breccia "E") ubicado en el extremo Noroeste de la veta Pallancata que tiene 170 m de largo x 50 m de ancho contiene un enjambre de vetillas de cuarzo (stockwork), destacándose una veta de cuarzo masivo de 1,5 m de ancho.

2.2.10. Geología Regional

La Geología regional consiste de un basamento de rocas sedimentarias del Jurásico y Cretáceo cortado por una antigua superficie de erosión sobre la cual se depositó una potente secuencia de volcánicos, de amplia distribución en el Sur del país. Este volcanismo estuvo acompañado de la intrusión de diversos cuerpos subvolcánicos tipo andesíticos y dacíticos.

Regionalmente, el proyecto se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental, los que abarcan rocas volcánicas y secuencias sedimentarias, desde el Jurásico hasta el Cuaternario. Es un sistema epitermal de baja sulfuración caracterizado por vetas de cuarzo con contenidos de oro y plata. (Gamarra, 2008)

- Es un sistema epitermal de baja sulfuración caracterizado por vetas de cuarzo con contenidos de plata y oro.
- La geología regional del área comprende el volcánico terciario del Mioceno Medio y secuencias sedimentarias desde el Jurásico hasta el Cuaternario.
- Las rocas volcánicas del Terciario medio que pertenecen a las formaciones de Anizo y Saycata están dominando la geología local en esta área de Pallancata.
- El área fue mapeada en noviembre del 2004 por el Dr. (Warren & P, 2005) a escala 1:5000. A esta escala fue necesario subdividir las formaciones Anizo y Saycata
 - Pre-Hatun
 - Hatun
 - Post-Hatun
 - Intrusivos

2.2.10.1. Pre - Hatun

Dominada por volcanoclásticos redepositados, intercaltados con flujos de lavas y sills de alto nivel, de andesitas afaníticas y porfiríticas. (Gamarra, 2008)



Figura 3: Andesitas afaníticas y porfiríticas

Fuente: Jorge E. Gamarra

2.2.10.2. Toba - Hatun

Muy caracterizada por afloramientos blancuecinos masivos, rica en pómez, con abundante cristales de cuarzo y biotitas euhedrales, a veces alteradas a clorita o en zonas cercanas a las vetas a muscovita. (Gamarra, 2008)



Figura 4: Afloramientos blancuecinos

Fuente: Jorge E. Gamarra

Es el resultado de una gran erupción ignimbrítica.

Yace discordantemente a la secuencia Pre-Hatun y rellena paleo-superficies de valles y montañas.

2.2.10.3. Post - Hatun

Flujos de lavas andesíticas y sills de alto nivel, representan a la formación Saycata, afaníticas a débilmente porfiríticas frecuentemente con una foliación de flujo fuerte. (Gamarra, 2008)



Figura 5: Flujos de lavas andesíticas y sills de alto nivel

Fuente: Jorge E. Gamarra

2.2.10.4. Intrusivos

Hay 3 intrusiones post-mineral: San Javier, Cerro Suyamarca y Sarnahui. Estos intrusivos son stocks de riolita, con contactos verticales, los cuales se emplazaron en superficie para formar domos. (Gamarra, 2008)



Figura 6: Formación de domos

Fuente: Jorge E. Gamarra

- En profundidad, debajo de la estructura de Pallancata, hay un gran cuerpo de andesita porfírica caracterizada por feldespatos euhedrales, anfíboles y biotitas.
- La naturaleza de este cuerpo no es entendida totalmente, pero lo más probable es que sea un lacolito con dedos dispersos.

2.2.10.5. Alteración

- La estructura principal se encuentra identificada por un halo de fuerte silicificación
- La alteración argílica avanzada ocurre en un gran cuerpo al oeste de la Zona de San Javier (Cerro Ranichico).
- Esta alteración mide aproximadamente 2 kilómetros cuadrados con un espesor entre 50 y 75 metros, forma peñas grandes, cavernas teñidas con jarosita, alunita y limonita.



Figura 7: Alteración Argílica
Fuente: Jorge E. Gamarra

2.2.11. Geología Estructural

En la Zona existen dos principales sistemas estructurales que muestran una orientación Noroeste-Sureste, similar al esquema estructural de la Veta Pallancata; aunque también existe un control estructural de rumbo Noreste-Suroeste y que correlaciona con la orientación de las Vetas Mariana

- Virgen del Carmen, Rina, Mercedes, Aunque el sistema estructural Noreste es menor, parece haberse formado como consecuencia de una apertura tensional a partir de los sistemas Noroeste. Los volcánicos pertenecientes al Terciario medio fueron depositados en un ambiente tectónico muy activo. La mineralización pertenece a un sistema de baja sulfuración con contenidos de Ag y Au, en un sistema complejo de vetas, brechas y zonas silicificadas. La mineralización, principalmente de Ag, está relacionada con zonas de veta brecha con textura de reemplazamiento de carbonatos, lixiviación parcial y bandeamiento. (Gamarra, 2008)

La plata ocurre como Argentita y Plata rojas:

- -Crecen en espacios dentro de los minerales transparentes.
- -Reemplazan parcialmente a escaleritas y calcopiritas.
- -El oro ocurre como electrum u oro nativo:
- -El electrum se forma después de la argentita.
- -El oro libre ocurre dentro de la pirita y goetita relleno de microfracturas y poros.

Los volcánicos pertenecientes al Terciario medio fueron depositados en un ambiente tectónico muy activo.



Figura 8: Veta Pallancata

Fuente: Departamento de geología

La Veta Pallancata muestra una fuerte inestabilidad, la estructura estuvo probablemente en una gran zona de colapso, donde las vetas diagonales y vetilleo tipo stockwork formaron parte de las tensionales.

2.2.11.1. Estratigrafía

La mina Pallancata se ubica en la zona noreste del cuadrángulo de Pacapausa (30-p), cuyo mapa geológico a escala 1/100 000 (DAVILA, 1991) la sitúa en rocas volcánico sedimentarias de la formación Aniso, que se compone de intercalaciones de areniscas tobáceas grises a verdosas, con areniscas conglomeráticas. Sin embargo, en el cuadrángulo de Chulca (30-q) (PALACIOS, 1994), describe hacia la zona noroeste de la hoja un amplio afloramiento de la formación Alpbamba, compuesto de rocas piroclásticas riolíticas a dacíticas. Por esta razón no se distingue un contacto claro entre estas dos formaciones.

En la cartografía geológica de superficie a escala 1/10 000 realizada, se distinguen distintos rasgos texturales y composicionales que corresponderían, además de las formaciones Aniso y Alpbamba, a otras unidades geológicas. Cabe señalar que la clasificación que se presenta a continuación ha sido elaborada de acuerdo con observaciones de campo y estudios de muestras de mano, debido al corto tiempo disponible para la elaboración de este estudio y además por estar fuera de los objetivos principales, no se tomaron muestras para estudios petrográficos. Las unidades de origen volcánico fueron divididas en tres miembros (inferior, medio y superior) tomando como referencia a una toba ignimbrítica de composición riolítica que constituye un buen marcador estratigráfico.

2.2.11.2. Basamento Cretácico

A pesar de que no aflora en el área de la mina, se pueden observar comúnmente clastos de pizarras negras y areniscas como componentes de algunas tobas. Se observan bien en afloramientos, aunque se aprecian mejor en testigos de sondeos. Estos fragmentos pueden provenir de rocas del basamento cretácico, ya sea arrancados de cuellos volcánicos o arrastrados durante el transporte (Warren & P, 2005). Estas rocas sedimentarias del basamento cretácico, afloran a 5 km al sur de la veta Pallancata, donde (DAVILA, 1991) describe a la Formación Ferrobamba, conformada por calizas gris-negruczas, masivas y calizas areniscosas gris clara a amarillentas.

2.2.11.3. Unidad Inferior

Esta secuencia es difícil de generalizar debido a sus grandes cambios laterales, sin embargo es posible diferenciar a la base una secuencia de rocas volcanoclásticas en estratos gruesos, a veces masivos, de tobas lapillíticas de grano grueso muy ricas en pómez, de composición dacítica a riolítica, las mismas que gradan hacia el techo a tobas lapillíticas de grano medio-fino hasta llegar a tobas de cristales, repitiéndose esta secuencia de forma cíclica. Esta litología se alterna con

lutitas tobáceas de color rojo a verde, con un claro componente sedimentario indicando su deposición en ambientes lagunares o subacuados. (DAVILA, 1991)

2.2.11.4. Unidad Media

Esta unidad la compone una toba de cenizas de composición dacítica a riolítica, resultado de una gran erupción ignimbrítica debida a una gran caldera o fisura (Warren & P, 2005). Esta toba forma grandes afloramientos de color blanco y generalmente es masivo y no estratificado, en algunas zonas se puede observar una moderada “foliación” de soldadura reflejada en pómez alineados (fiamme). Los fragmentos de pómez y la ceniza son abundantes en esta toba, además es común encontrar cristales rotos de cuarzo bipiramidal y cristales euhedrales de biotita.

2.2.11.5. Unidad Superior

Esta unidad se compone de coladas andesíticas de textura afanítica a débilmente porfirítica de 50 a 75 m en espesor. Presentan un fuerte bandeamiento de flujo son de color oscuro, se observan fenos de plagioclasa y hornablenda, además presentan débil magnetismo. Este miembro se correlaciona con los volcánicos Saycata descritos por el INGEMMET (DAVILA, 1991)

2.2.12. Unidades Intrusivas

Las unidades intrusivas principales encontradas en el área son de composición andesítica y riolítica, las cuales además de diferir en composición, parecen también diferir en el tiempo en que se emplazaron (DAVILA, 1991)

Tabla 3: Estratigrafía de pallancata

COLUMNA LITO - ESTRATIGRAFICA DE PALLANCATA					UNIDADES INTRUSIVAS
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD	DESCRIPCION	
CENOZOICA	TERCIARIO	RECIENTES	DEPOSITOS, ALUVIALES, FLUVIALES Y	BLOQUES, GRAVAS, ARENAS, INCONSOLIDADOS	ORBIDIANA RIOLITAS CON LADEAMIENTO DE FLUJO ANDESITAS PORFIRICAS, COLOR GRIS VERDOSO CON MODERADA ALTERACION PROPILITICA. SE PRESENTA COMO SILLS Y CUERPOS SUB - VOLCANICOS
		PLESTOCENO	MORRENAS	MORFOLOGIA DE LOMADAS, ALGO CONSOLIDADAS Y LEVEMENTE ESTRATIFICADAS	
			COLUVIALES		
		MIO - PLEOCENO	SAYCATA	FLUJOS, ANDESITICOS, AFANITICOS CON AUTOBRECHA LOCAL, DEL COLOR GRIS A GRIS OSCURO. LA MORFOLOGIA CONSTITUYE LOMADAS PRONUNCIADAS	
		MIOCENO MEDIO	ANIZO	TOBAS BLANCO MASIVO RICO EN POMEZ CON ABUNDANTES CRISTALES DE CUARZO (HATUM TUFI)	
		A SUPERIOR		UNIDAD DE NATURALEZA SEDIMENTARIA - VOLCANICA, INTERRELACIONES DE ARENSICAS TOBACEAS GRICES A VERDOSAS	
DEPOSITOS DE TOBAS DE COLOR VERDE Y ROJO RICOS EN ANFIBOLES (TUFO SOROCHE) TOBAS MACIVOS DE COLOR VERDE CLARO (TUFO PITUFO)					

Fuente: departamento de geología

2.2.12.1. Tipo de Yacimiento

El yacimiento de Pallancata, corresponde a un Sistema Epitermal de Baja Sulfuración de metales preciosos Ag-Au y guarda bastante similitud con los ensambles de mineralización de la Veta Explorador (Mina Selene). (Gamarra, 2008)

2.2.12.2. Rumbo y buzamiento de la veta o cuerpo

En la Zona existen dos principales sistemas estructurales que muestran una orientación Noroeste-Sureste, similar al esquema estructural de la Veta Pallancata; aunque también existe un control estructural de rumbo Noreste-Suroeste y que correlaciona con la orientación de las Vetas Mariana - Virgen del Carmen, Rina, Mercedes, Aunque el sistema estructural Noreste es menor (Gamarra, 2008)

2.2.12.3. Geomorfología

En el área del Proyecto Pallancata, las diferentes geoformas DESARROLLADAS POR LOS AGENTES DE METEORIZACIÓN, a través del tiempo, sobre el cuerpo rocoso han modelado el relieve que se sostiene en el presente.

Las diferentes Unidades diferenciadas tienen control litológico y posición geográfica, siendo la altitud uno de los más importantes en el desarrollo geomorfológico.

Topográficamente el área de estudio va desde los 4200 a los 5000 m.s.n.m., que se caracteriza por presentar colinas y la pendiente del terreno es moderada a fuerte. (Gamarra, 2008)

2.2.12.4. Unidades Geomorfológicas

Desde la Costa hasta la Sierra, se diferencian siete unidades geomorfológicas:

- Ribera Litoral
- Cordillera de la Costa
- Penillanura Costanera
- Valles
- Cordillera Occidental
- Planicie Alta (Puna)
- Nieves Perpetuas

Sin embargo, es necesario precisar que en Pallancata no se presentan todas estas unidades, por lo que sólo se hará la descripción de aquellas unidades que se han identificado en el área de influencia directa e indirecta del proyecto y que son: valles, cordillera occidental y planicie alta, con sus respectivas sub-unidades.

En Pallancata, las diferentes geoformas desarrolladas por la acción de los agentes de meteorización, a través del tiempo, sobre el cuerpo rocoso han modelado el relieve que presenta actualmente. Las diferentes unidades diferenciadas tienen control litológico y posición geográfica, siendo la altitud uno de los más importantes en el desarrollo geomorfológico. (Gamarra, 2008)

2.2.13.1. Clasificación En Unidades Taxonómicas

Esta clasificación se realiza según sus características físicas y el material madre que los origina. La unidad mínima de clasificación ha sido la Serie de Suelo, las cuales han sido definidas según su ubicación y los materiales madres que las conforman y las hacen similares.

Se han encontrado cuatro series de suelos en el área, cuya distribución en el área de influencia directa, es la siguiente:

➤ -Serie Huararani:	61,47 ha.	24,25%
➤ -Serie Chaquipucro:	60,56 ha.	23,86%
➤ -Serie Pallancata:	97,81 ha.	38,56%
➤ -Serie Mariana:	3,79 ha.	13,33%
Total	3,64 ha.	100,00%

2.3. BASES TEÓRICAS.

2.3.1. Clasificación de las rocas en Ingeniería

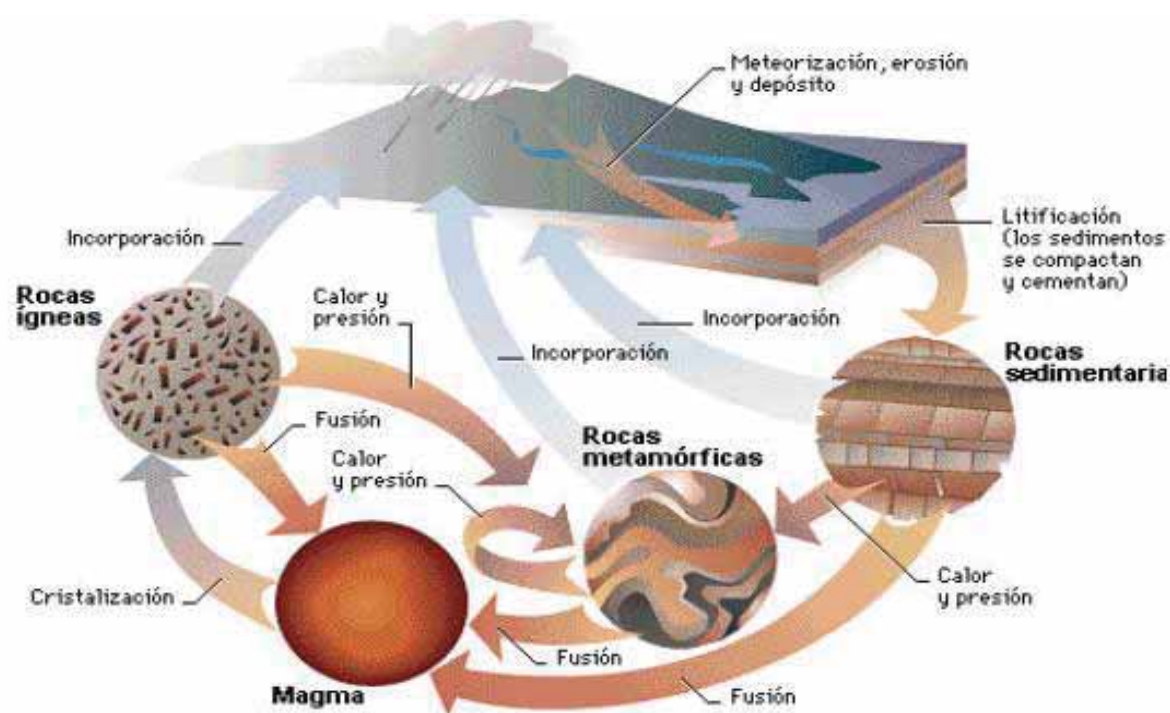


Figura 9: Ciclo de las rocas

Fuente: Enciclopedia

El orden de este ciclo no es rígido. Una roca ígnea, por ejemplo, puede transformarse en metamórfica por efecto del calor y la presión sin pasar por la fase sedimentaria. Asimismo, las rocas sedimentarias y metamórficas pueden convertirse en material que forma nuevas rocas sedimentarias.

El ciclo clásico de las rocas que se acaba de describir, se ha puesto recientemente en relación con la tectónica de placas. El ciclo comienza con la erosión de un continente. El material del continente se acumula en sus bordes y se puede compactar por litificación y transformarse en roca sedimentaria. Con el tiempo, el borde continental se transforma en borde de placa convergente (es decir, empujada contra otra placa). En esta línea, las rocas sedimentarias pueden transformarse por efecto de las altas presiones en cinturones de rocas metamórficas. Pero poco a poco los sedimentos que no han formado montañas se ven arrastrados por subducción hacia el fondo de la corteza. Allí sufren un metamorfismo aún mayor, hasta alcanzar grados de presión y temperatura tan elevados que se funden y se convierten en magma. (George H. , 1984)

2.3.2. Condiciones de Fracturas

En la condición de las superficies de fractura, se ha agrupado los siguientes parámetros: el relleno y la rugosidad.

2.3.2.1. Relleno de Fracturas

Las discontinuidades pueden ser cerradas, abiertas o contener un relleno. Los rellenos más importantes pueden ser: Clorita (lubricante con el agua), carbonatos (se deshacen en la vida de las obras), arcillas (la Montmorillonita y la Caolinita es particularmente importante), Zeolitas (intercambian agua molecular con el medio fácilmente), Yeso (particularmente peligroso), Grafito (lubricante), Serpentina (similar a la Clorita), etc., además de otros rellenos más inocuos como el Cuarzo, la Epidota, la Anhidrita etc. (I.S.R.M., 1984)

2.3.2.2. Rugosidad de las superficies

Aunque (Laubscher, 1990) divide los grados de rugosidad a pequeña escala en 3 clases, subdividida a su vez en otras 3 subclases, en este caso para cuantificar la valoración, solamente se requiere 5 tipos de rugosidad, con el siguiente rating:

Muy rugosa	99 - 100
Rugosa	87 - 98
Moderadamente rugosa	81 - 86

2.3.2.3. Fracturas Abiertas

En un sondaje es muy difícil o prácticamente imposible detectar las fracturas abiertas. A lo más se reconocerán vetillas lavadas, las cuales generalmente son discontinuas y de muy corta corrida.

En algunos casos se pueden inferir las fracturas abiertas debido a los óxidos de fierro que tiñen sus superficies, pero la oxidación solamente ocurre en un ambiente de aguas fluctuantes y tampoco permite conocer la amplitud de la abertura. (Torres, 2004)

2.3.3. Estructura del macizo rocoso

Cuando hablamos de la roca, nos referimos a un material diferente a otros usados en ingeniería, principalmente por la presencia de fracturas de un tipo u otro que originan discontinuidad dentro de la masa roca. (Torres, 2004)

Los siguientes términos nos dará una clara idea de la roca:

- Roca intacta, material que se encuentra sin presencia de discontinuidades



Figura 10: Roca intacta en interior mina
Fuente: Elaboración propia

- Masa rocosa insitu, contiene diferentes tipos de discontinuidades, diaclasas o juntas, fallas, aperturas, persistencia, rellenos y otros rasgos estructurales.



Figura 11: Masa rocosa en interior mina
Fuente: Elaboración propia

Esta estructura es la que define para el minado, excavaciones, sostenimiento y la voladura.

2.3.4. Propiedades geomecánicas importantes de las discontinuidades

2.3.4.1. Orientación

Es el azimut de la línea del buzamiento o máxima pendiente de la discontinuidad. Cuando se tienen discontinuidades orientación similar o dicho de otro modo paralelas se le denomina sistema o una familia. (Torres, 2004)

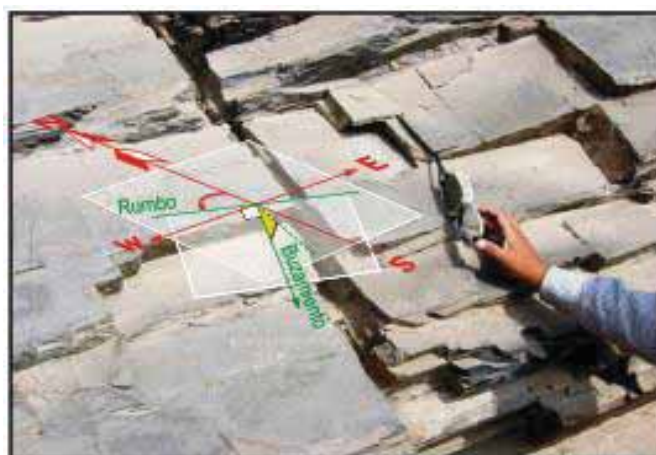


Figura 12: Orientación de las familias de juntas
Fuente: Manual conociendo la roca

2.3.4.2. Espaciamiento

es la distancia paralela, que hay entre discontinuidades, formando bloques, mientras más sea el espaciamiento mayor será el bloque. (Torres, 2004)



Figura 13: Espaciado de una discontinuidad
Fuente: Manual conociendo la roca

2.3.4.3. Persistencia

se indica a las extensiones o el tamaño de las discontinuidades, es un parámetro que influye en una masa rocosa. (Torres, 2004)

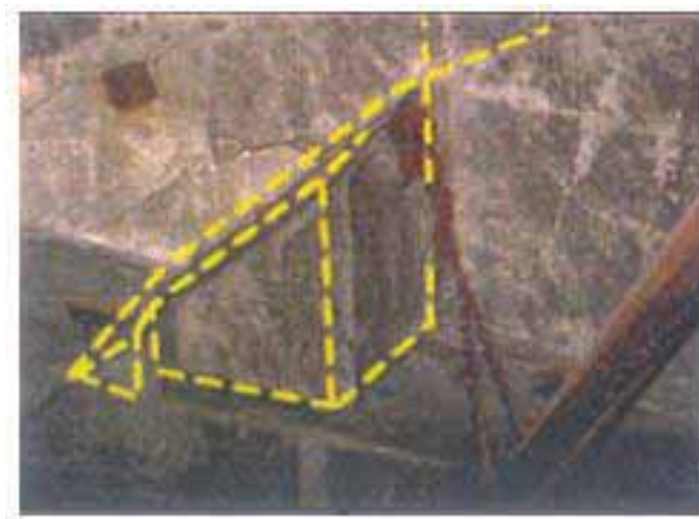


Figura 14: Persistencia de la discontinuidad

Fuente: Manual conociendo la roca

2.3.4.4. Rugosidad

esta propiedad tiene gran influencia en la resistencia al corte en discontinuidades sin desplazamiento y sin relleno. (Torres, 2004)

La importancia de la rugosidad se hace menor cuando:

- a) Se incrementa la abertura
- b) El espesor del relleno se incrementa
- c) Existe un desplazamiento previo

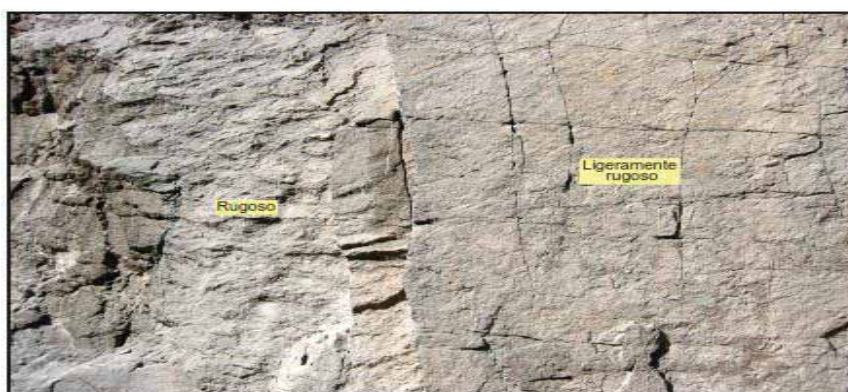


Figura 15: Rugosidad del macizo rocoso

Fuente: Manual conociendo la roca

Perfiles de rugosidad

2.3.4.5. Apertura

distancia entre las caras de una discontinuidad. Aberturas mayores cuando hay desplazamiento con fuerte aspereza. (Torres, 2004)

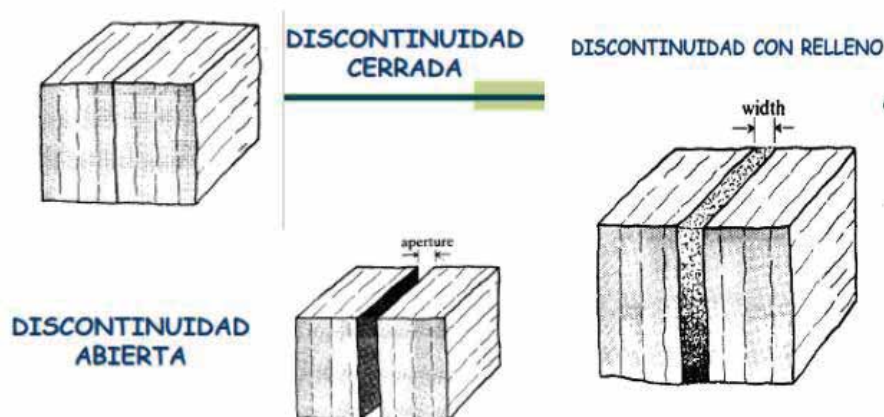


Figura 16: Apertura con relleno y sin relleno

Fuente: Manual conociendo la roca

2.3.4.6. Meteorización

es el grado de alteración de la fractura que dependerá de las condiciones climatológicas, morfológicas y la composición de la masa rocosa. (Torres, 2004) (Deere & Deere, 1988)



Figura 17: Meteorización de la masa rocosa

Fuente: Manual conociendo la roca

2.3.5. Índice de la calidad de roca – RQD

En un sondaje es muy difícil o prácticamente imposible detectar las fracturas abiertas. A lo más se reconocerán vetillas lavadas, las cuales generalmente son discontinuas y de muy corta corrida.

En algunos casos se pueden inferir las fracturas abiertas debido a los óxidos de hierro que tiñen sus superficies, pero la oxidación solamente ocurre en un ambiente de aguas fluctuantes y tampoco permite conocer la amplitud de la abertura.

1° Procedimiento

Se calcula midiendo y sumando el largo de todos los trozos de testigo mayores que 10 cm en el intervalo de testigo de 1.5 m, contando únicamente las discontinuidades naturales del testigo. En el caso que exista duda respecto al origen de la discontinuidad (natural o inducida) se toma el caso más conservador, es decir se considerará que la fractura es inducida (artificial). Las medidas se toman con respecto al eje del testigo, de las fracturas de algunos casos conflictivos. La sumatoria de estos trozos se expresarán en porcentaje del intervalo de 1.5 m.

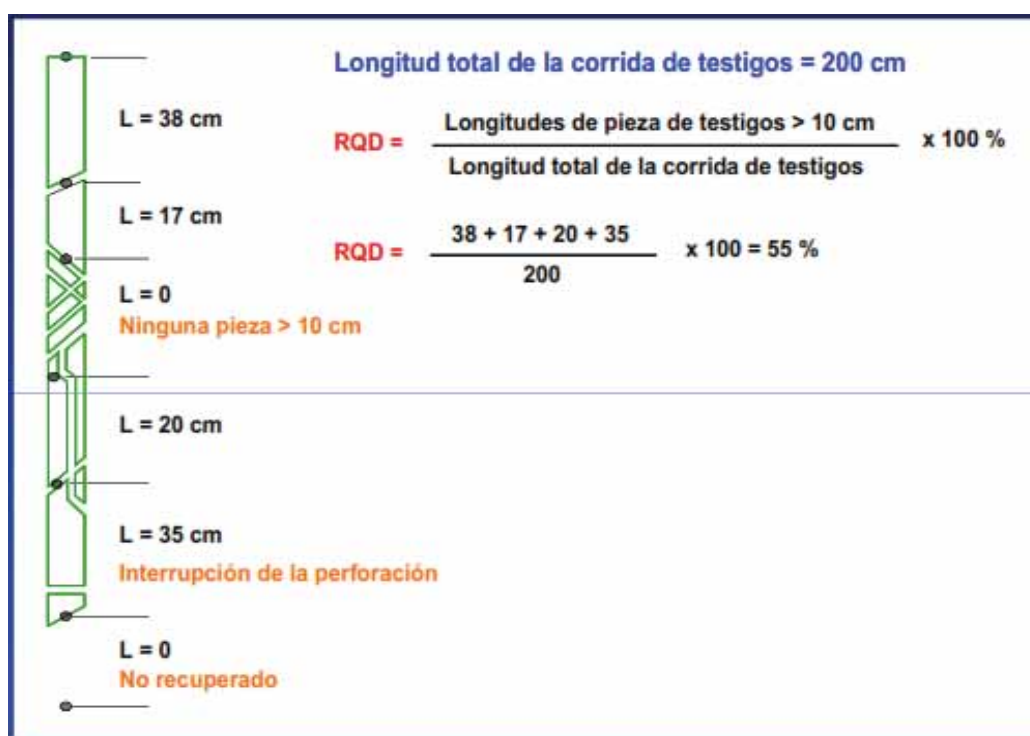


Figura 18: Forma correcta para medir el RQD

Fuente: Deere

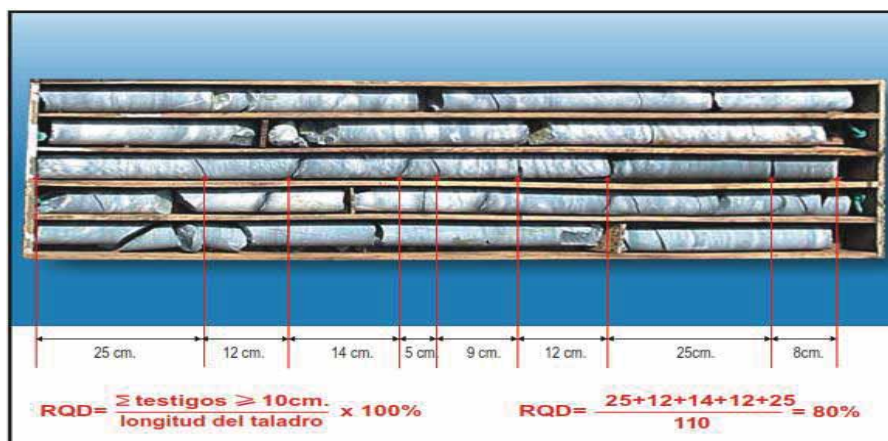
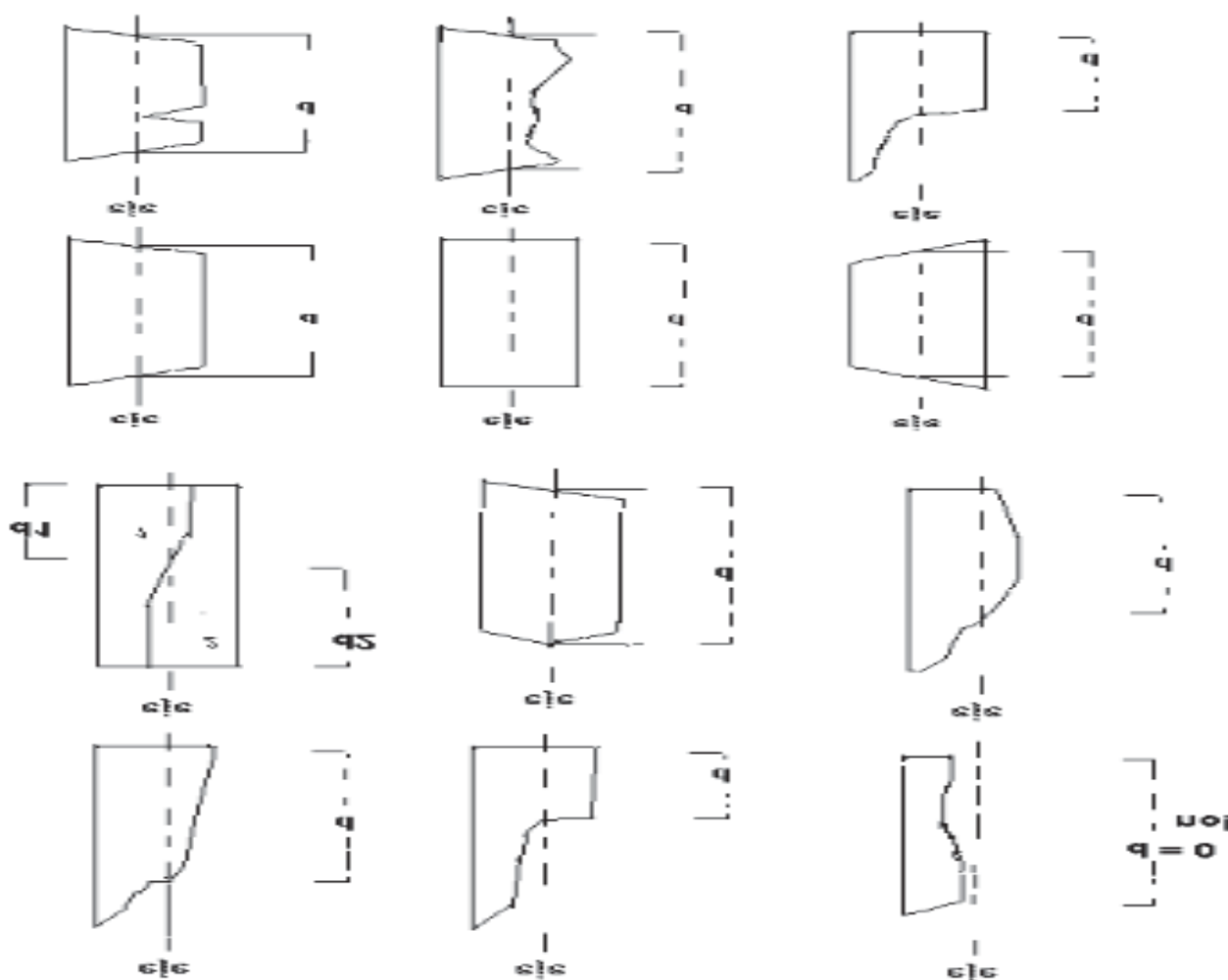


Figura 19: Medición de los testigos en gabinete

Fuente: Manual conociendo la roca

Tabla 4: Forma correcta de realizar la medición de los testigos



Fuente: Deere

2.3.5.1. Procedimiento de medición y cálculo del RQD (Deere & Deere, 1988)

2° Procedimiento

Comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras, por metro lineal, determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural (Detail line) en el área y/o zona predeterminada de la operación minera.

La fórmula matemática:

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

$$\text{donde } \lambda = \frac{\# \text{ discontinuidades}}{\text{metrolineal}}$$

Para λ en el rango de 6 a 16 discontin./ml

3° Procedimiento

Comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras, por metro cúbico, determinadas al realizar el levantamiento litológico-estructural (Detail line) en el área y/o zona predeterminada de la operación minera.

La fórmula matemática:

$$RQD = 115 - 3.3 (J_v)$$

Siendo:

J_v = Número de fisuras por metro cúbico.

Deere propuso la siguiente relación entre el valor numérico RQD y la Calidad de la roca desde el punto de vista en la Ingeniería:

Tabla 5: Calificación de RQD según (Deere & Deere, 1988)

RQD	Calidad de la roca
< 25%	Muy mala
25 - 50 %	Mala
50 - 75 %	Regular
75 - 90 %	Buena
90 - 100 %	Muy buena

Fuente: (Deere & Deere, 1988)

2.3.6. Clasificación del macizo rocoso RMR (Bieniawski, 1974)

Para poder usar esta tabla se deben conocer los siguientes parámetros:

- a. Esfuerzo de compresión (resistencia compresiva uniaxial del material rocoso)
- b. Designación de la calidad de la roca (RQD)
- c. Espaciamiento de discontinuidades
- d. Condiciones de las discontinuidades:
 - o Apertura
 - o Relleno
 - o Meteorización
 - o Persistencia
 - o Rugosidad
- e. Condiciones de agua subterránea.

Tabla 6: Parámetros de clasificación y sus valores

A. PARAMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS VALORACIONES							
Parámetro		Rango de valores					
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para este rango bajo, es preferible el ensayo de compresión uniaxial
		Resistencia compresiva uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 MPa 1 - 5 MPa < 1 MPa
	Valoración	15	12	7	4	2 1 0	
2	Calidad de testigo de perforación RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%	
	Valoración	20	17	13	8	3	
3	Espaciamiento de discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	60 - 200 mm	< 60 mm	
	Valoración	20	15	10	8	5	
4	Condición de las discontinuidades	Superficies muy rugosas no continuas Cerradas, sin apertura Paredes rocosas sanas	Superficies ligeram. rugosas Apertura < 1 mm Paredes ligeramente intemperizadas	Superficies ligeram. rugosas Apertura < 1 mm Paredes altamente intemperizadas	Espejo de falla o panizo < 5 mm de espesor Apertura de 1 - 5 mm Juntas continuas	Panizo suave > 5 mm de espesor o apertura > 5 mm Juntas continuas	
		Valoración	30	25	20	10	0
	5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud de túnel (l/m) Presión de agua / principal máximo	Ninguno	< 10	10 - 25	25 - 125
Condición general			0 Completamente seco	< 0.1 Húmedo	0.1 - 0.2 Mojado	0.2 - 0.5 Goteo	> 0.5 Flujo
Valoración		15	10	7	4	0	

Fuente: (Bieniawski, 1974)

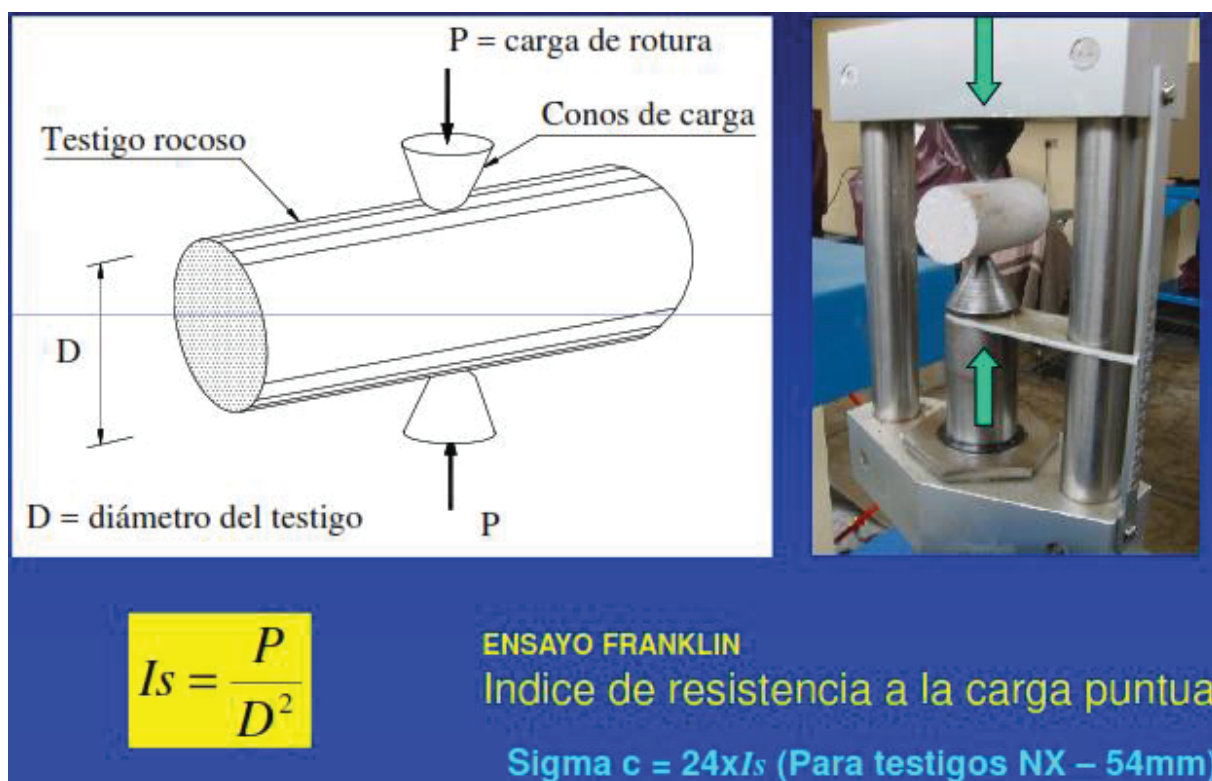


Figura 20: Índice de resistencia de carga puntual

Fuente: Mecanica de rocas UNI

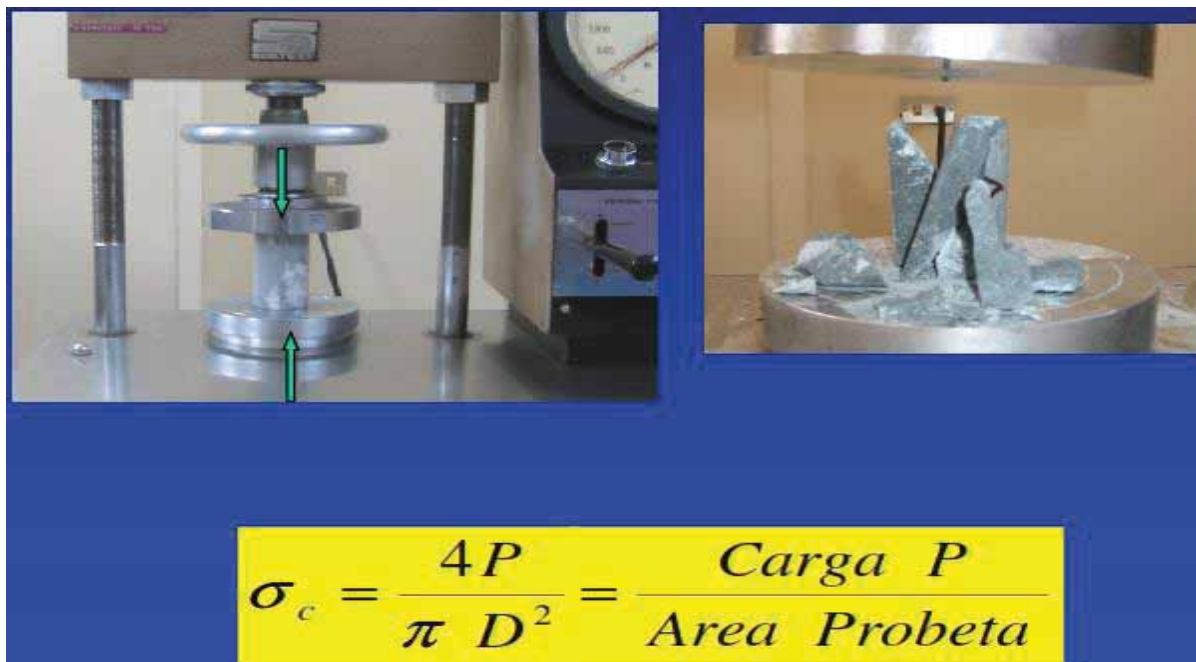


Figura 21: Resistencia a la compresión de la roca intacta

Fuente: Mecanica de rocas UNI

Tabla 7: Ajuste de la valoración por orientación de las discontinuidades

B. AJUSTE DE LA VALORACIÓN POR ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES (Ver F)						
Parámetro		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valoraciones	Túneles y minas	0	- 2	- 5	- 10	- 12
	Cimentaciones	0	- 2	- 7	- 15	- 25
	Taludes	0	- 2	- 25	- 50	
C. CLASE DE MASA ROCOSA DETERMINADAS POR LAS VALORACIONES TOTALES						
Valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21	
Número de clase	I	II	III	IV	V	
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala	
D. SIGNIFICADO DE LAS CLASES DE ROCAS						
Número de clase	I	II	III	IV	V	
Tiempo de auto sostenimiento	20 años span 15 m	1 año span 10 m	1 semana span 5 m	10 hrs span 2.5 m	30 minutos span 1 m	
Cohesión de la masa rocosa KPa	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100	
Ángulo de fricción de masa rocosa	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°	

Fuente: (Bieniawski, 1974)

Tabla 8: Pautas para la clasificación de las condiciones de las discontinuidades

E. PAUTAS PARA LA CLASIFICACION DE LAS CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES					
Longitud de discontinuidades (persistencia)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Valoración	6	4	2	1	0
Separación (apertura)	Cerrada	< 0.1 mm	0.1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeram. rugosa	Lisa	Espejo de falla
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno (panizo)	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5mm	Relleno suave < 5 mm	Relleno suave > 5 mm
Valoración	6	4	2	1	0
Intemperización	Sana	Ligera	Moderada	Muy intemperiz.	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
F. EFECTO DE LA ORIENTACION Y BUZAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES EN TUNELERIA					
Rumbo perpendicular al eje del túnel			Rumbo paralelo al eje del túnel		
Avance con el buzam. Buzam. 45 - 90°	Avance con el buzam. Buzam. 20 - 45°		Buzamiento 45 - 90°	Buzamiento 20 - 45°	
Muy favorable	Favorable		Muy desfavorable	Moderado	
Avance contra el buzam. Buzam. 45 - 90°	Avance contra el buzam. Buzam. 20 - 45°		Buzamiento 0 - 20° , independiente del rumbo		
Moderado	Desfavorable		Moderado		

Fuente: (Bieniawski, 1974)

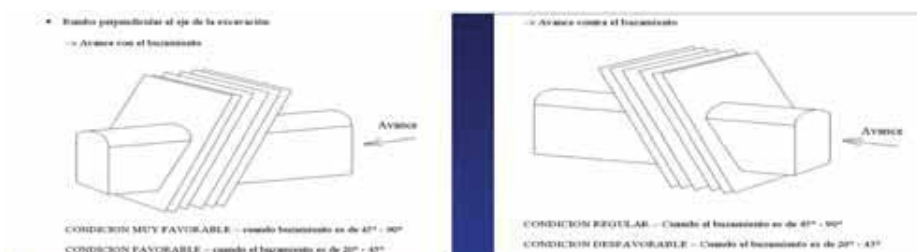


Figura 22: rumbo de la excavación

Fuente: (Bieniawski, 1974)

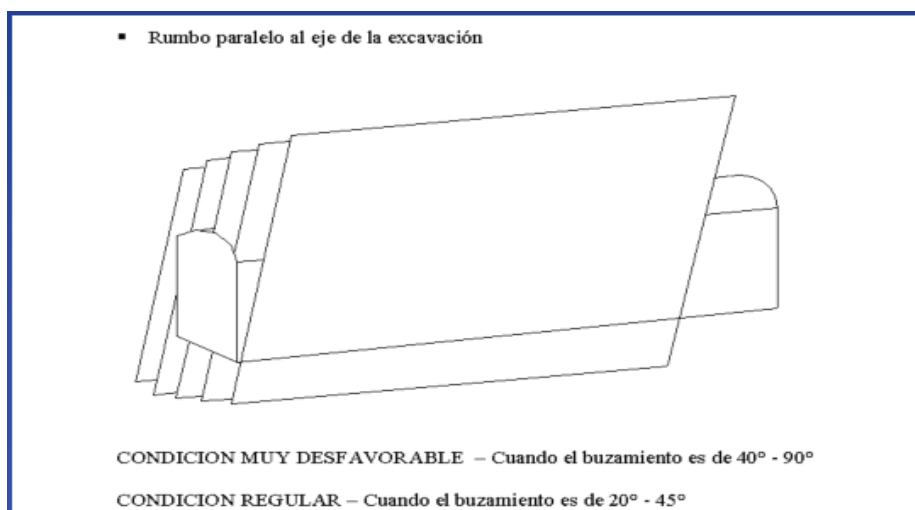


Figura 23: Rumbo paralelo al eje de la excavación

Fuente: (Bieniawski, 1974)

2.3.7. Clasificación Geomecánica de Barton “Q” (índice de calidad)

Esta clasificación geomecánica se basa en el índice de calidad “Q” (Barton & Loset, 1974) denominado también índice de Calidad tunelera, que da una estimación de la calidad del macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

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

Donde :

RQD : Rock Quality Designation, designación de la calidad rocosa.

J_n : Joint Set Number, Índice de diaclasado que tiene en cuenta el número de Familias.

J_r : Joint roughness number, índice de rugosidad de las juntas.

J_a : Joint alteration number, índice de alteración de las juntas.

J_w : Joint water reduction factor, factor de reducción por presencia de agua en las juntas.

SRF : Stress reduction factor, factor de reducción por esfuerzos. (Barton & Loset, 1974)

A continuación se definen y valoran cada uno de los factores que intervienen en la clasificación. La calidad tunelera de la roca Q puede ser considerada en este sistema como una función de solo tres parámetros, los cuales son crudas medidas de:

1. Tamaño de bloque. (RQD/Jn)
2. Resistencia de corte entre bloques (Jr/Ja)
3. Esfuerzo activo (Jw/SRF)

La tabla de la clasificación de los parámetros individuales usados para obtener el índice de calidad tunelera Q de una masa rocosa.

2.3.7.1. Clasificación de parámetros individuales usados en el índice de calidad tunelera Q (según Barton 1974)

Tabla 9: Descripción de RQD y número de fallas de juntas

DESCRIPCIÓN	VALOR	NOTAS
1. DESIGNACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ROCA	RQD	
A. Muy mala	0 - 25	1. Cuando se reporta o mide un RQD ≤ 10 (incluyendo 0) se usa un valor nominal de 10 para evaluar Q. 2. Intervalos de RQD de 5, es decir, 100, 95, 90, etc. son suficientemente precisos.
B. Mala	25 - 50	
C. Regular	50 - 75	
D. Buena	75 - 90	
E. Excelente	90 - 100	
2. NUMERO DE FALLAS DE JUNTAS	Jn	
A. Masivo, con ninguna o pocas juntas	0.5 - 1.0	1. Para intersecciones usar $(3.0 \times Jn)$ 2. Para portales usar $(2.0 \times Jn)$
B. Un sistema de juntas	2	
C. Un sistema de juntas más juntas aleatorias	3	
D. Dos sistemas de juntas	4	
E. Dos sistemas de juntas más juntas aleatorias	6	
F. Tres sistemas de juntas	9	
G. Tres sistemas de juntas más juntas aleatorias	12	
H. Cuatro o más sistemas de juntas, juntas aleatorias, fracturamiento severo tipo "cubos de azúcar", etc.	15	
I. Rocas trituradas, material terroso	20	

Fuente: (Barton & Loset, 1974)

Tabla 10: Número de rugosidad de las juntas

3. NUMERO DE RUGOSIDAD DE LAS JUNTAS	Jr	
a. Paredes rocosas en contacto		
b. Paredes rocosas en contacto antes de 10 cm de corte		
A. Juntas discontinuas	4	1. Adicionar 1.0 si el espaciamiento medio del sistema de juntas relevantes es mayor que 3 m. 2. $Jr = 0.5$ puede ser usado para juntas con espejos de falla que tienen alineaciones planares; se estipula que las alineaciones son orientadas para una resistencia mínima.
B. Rugosos e irregular, ondulado	3	
C. Liso ondulado	2	
D. Espejos de falla ondulado	1.5	
E. Rugoso e irregular planar	1.5	
F. Liso, planar	1.0	
G. Espejo de falla, planar	0.5	
c. Paredes rocosas sin contacto cuando se ha producido el corte		
H. Zona conteniendo minerales arcillosos, de espesor suficiente para prevenir el contacto de las paredes rocosas	1.0 (nominal)	
I. Zona arenosa, gravosa o triturada, de espesor suficiente para prevenir el contacto de las paredes rocosas.	1.0 (nominal)	

Fuente: (Barton & Loset, 1974)

Tabla 11: Numero de alteración de las juntas

4. NUMERO DE ALTERACIÓN DE LAS JUNTAS		Jn	Φ , aproximado	
<i>a. Paredes rocosas en contacto</i>				
A. Escaso recubrimiento, relleno, endurecido e impermeable.	0.75	-	1. Los valores de Φ o ángulos de fricción residual constituyen una guía aproximada a las propiedades mineralógicas de los productos de alteración si es que estuvieran presentes.	
B. Juntas con paredes no alteradas, solo con coloración superficial.	1.0	(25°-35°)		
C. Juntas con paredes ligeramente alteradas, capas de mineral no blandas, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla.	2.0	(25°-30°)		
D. Capas de limo o arcillas arenosas, pequeñas fracciones de arcilla (no blandos).	3.0	(20°-25°)		
E. Capas de materiales arcillosos blandos o de baja fricción es decir caolinita, mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. y pequeñas cantidades de arcillas turgentes (capas discontinuas, 1-2 mm o menos de espesor.	4.0	(8°-16°)		
<i>b. Paredes rocosas en contacto antes de 10 cm de corte</i>				
F. Partículas arenosas, libre de arcilla, roca desintegrada, etc.	4.0	(25°-30°)		
G. Relleno de mineral de arcilla fuertemente sobreconsolidada, no blando (continuo, < 5 mm de espesor)	6.0	(16°-24°)		
H. Relleno de mineral arcilloso de media a baja sobreconsolidación, blando (continuo, < 5 mm de espesor).	8.0	(12°-16°)		
J. Relleno de arcillas turgentes, es decir montmorillonita (continuo, < 5 mm). Los valores de Ja dependen del porcentaje del tamaño de las partículas de la arcilla turgente y del acceso al agua.	8.0-12.0	(6°-24°)		
<i>c. Paredes rocosas sin contacto cuando se ha producido el corte.</i>				
K. Zonas o blandas de roca desintegrada.	6.0			
L. o triturada y arcilla (ver G, H e I)	8.0			
M. Para condiciones arcillosas	8.0 - 12.0			
N. Zonas o bandas de limo o arcilla arenosa, fracciones pequeñas de arcilla, (no blandas)	5.0			
O. Zonas o bandas continuas de arcillas,	10.0 - 13.0			
P. y R.(ver G, H e I para condiciones arcillosas)	6.0 - 24.0			
5. REDUCCIÓN DE AGUA EN LAS JUNTAS		Jw	Presión aprox. del agua (Kgf/cm ²)	
A. Excavaciones secas o flujo pequeño, es decir <5 lt/min, localmente.	1.0	<1.0	1. Los factores del C al F son estimados crudos. EL Jw se incrementa sin son instaladas medidas de drenaje. 2. Los problemas especiales causados por la formación de hielos no son considerados .	
B. Flujo o presión media, lavado ocasional del relleno de las juntas.	0.66	1.0 - 2.5		
C. Grandes flujos o presión alta en roca competente con juntas sin relleno	0.5	2.5 - 10.0		
D. Grandes flujos o altas presiones.	0.33	2.5 - 10.0		
E. Flujo excepcionalmente alto o presiones en la voladura, decayendo con el tiempo.	0.2 - 0.1	>10		
F. Flujo excepcionalmente alto o presión continua sin disminución.	0.1 - 0.05	>10		
<i>b. Roca competente, problemas de esfuerzo en roca</i>				
H. Esfuerzos bajos, cerca de la superficie	σ_1/σ_2 > 200	σ_1/σ_2 > 13	2.5	2. Para campos de esfuerzos virgenes fuertemente anisotrópicos (si fueran medidos): cuando $5 \leq \sigma_1/\sigma_2 \leq 10$, reducir σ_c a $0.8\sigma_c$ y σ_t a $0.8\sigma_t$. Cuando $\sigma_1/\sigma_2 > 10$, reducir σ_c a $0.6\sigma_c$ y σ_t a $0.6\sigma_t$, donde: σ_c = resistencia compresiva uniaxial σ_t = resistencia a la tracción (carga puntual).
J. Esfuerzos medianos	200 - 10	13 - 0.66	1.0	
K. Esfuerzos altos, estructuras muy rígidas (usualmente favorables para la estabilidad, pueden ser favorables para la estabilidad de las paredes)	10 - 5	0.66 - 0.33	0.5 - 2.0	
L. Estallidos moderados (roca masiva)	5 - 2.5	0.33 - 0.16	5 - 10	
M. Estallidos severos (roca masiva)	< 2.5	< 0.16	10 - 20	
<i>c. Roca muy deformable, flujo plástico en roca incompetente bajo la influencia de altas presiones rocosas</i>				
N. Presiones rocosas moderadas.			5 - 10	3. Se disponen de pocos casos registrados, donde la profundidad de la corona, debajo de la superficie es menor que el ancho (span). Se sugiere para tales casos incrementar SRF de 2.5 a 5.
O. Presiones rocosas severas.			10 - 20	
<i>d. Rocas expansivas, actividad de expansión química dependiente de la presencia de agua</i>				
P. Presiones rocosas de expansión, moderadas.			5 - 10	
R. Presiones rocosas de expansión, severas.			10 - 20	

Fuente: (Barton & Loset, 1974)

Tabla 12: Factor de reducción de esfuerzos

6. FACTOR DE REDUCCIÓN DE ESFUERZOS	SRF
a. Zonas de debilidad que intersectan la excavación, las cuales pueden causar el aflojamiento del macizo rocoso cuando se excava el túnel.	
A. Ocurrencia múltiples de zonas de debilidad conteniendo arcillas o roca químicamente desintegrada, muy aflojada en los alrededores (a cualquier profundidad).	10.0
B. Zonas simples de debilidad conteniendo arcillas o roca químicamente desintegrada (profundidad de la excavación < 50 m).	5.0
C. Zonas simples de debilidad conteniendo arcillas o roca químicamente desintegrada (profundidad de la excavación > 50 m).	2.5
D. Zonas múltiples de corte en roca competente (libre de arcilla), aflojamiento de la roca en los alrededores (a cualquier profundidad).	7.5
E. Zonas simples de corte en roca competente (libre de arcillas), profundidad de la excavación < 50 m).	5.0
F. Zonas simples de corte en roca competente (libre de arcillas), profundidad de la excavación > 50 m).	2.5
G. Juntas abiertas y sueltas, roca severamente diaclasada o 'cubos de azúcar' (a cualquier profundidad).	5.0

1. Reducir estos valores de SRF en 25 - 50% si solo son influenciados por zonas de corte relevantes, pero no intersectan la excavación.

Fuente: (Barton & Loset, 1974)

Cuando se estime la de la masa rososa (Q), se deberán seguir las siguientes pautas en adición a las notas alistadas en las tablas:

1. Cuando no se dispongan testigos procedentes de taladros, RQD puede ser estimado a partir del número de juntas por unidad de volumen, al cual se le adiciona el número de juntas por metro para cada familia de juntas. Una simple relación puede ser usada para convertir este número a RQD para el caso del macizos rocosos libres de arcilla; $RQD = 115 - 3.3 J_v$ (aproximadamente), donde J_v = número total de juntas por metro cubico m^3 ($RQD = 100$ para $J_v < 4.5$).
2. El parámetro J_n que presenta el número de familia de juntas, frecuentemente será afectado por la foliación, esquistosidad, estratificación, etc. Si estas "juntas" fueran muy pronunciadas, obiamente tendrían que ser consideradas como sistema (set). Sin embargo, si hubieran pocas juntas visibles o solo roturas ocasionales en los testigos debido a estos rasgos, serán mas apropiado considerar a ellas como "juntas aleatorias" cuando se evalúe el J_n .
3. Los parámetros J_r y J_a (que representan al corte) deberían ser relevantes para los sistemas de juntas significativamente mas debiles o discontinuas con relleno de arcilla, en determinadas zonas. Sin embargo, si el sistema de juntas con el valor mínimo de (J_r/J_a) esta favorablemente orientado, se puede usar sus mayores valores para evaluar e "Q". en efecto el valor J_r/J_a debe relacionarse a la superficie donde es mas probable que se inicie la falla.

4. Cuando el macizo rocoso contiene arcilla, se debe evaluar el SRF apropiado para las cargas de aflojamiento. En tales casos la resistencia de la roca intacta es de poco interés. Sin embargo, cuando el diaclasamiento es mínimo y no hay presencia de arcilla, la resistencia de la roca intacta puede llegar a ser ligazón mas débil, en este caso la estabilidad dependerá de la relación roca – esfuerzo/roca - resistencia. Un campo de esfuerzo fuertemente anisotrópico no favorece la estabilidad como se refirió genéricamente en la nota 2 de esta tabla (factor de reducción de esfuerzos).
5. Las resistencias de la roca intacta σ_c y σ_t deben de ser evaluadas para condiciones saturadas si es que esto es apropiado para el presente o futuro de las condiciones in-situ. Un estimado muy conservador de la resistencia debe de ser efectuado para aquellas rocas que se deterioran cuando están expuestas a la humedad o a condiciones saturadas.

2.3.8. El Índice de Resistencia Geológica GSI de (HOEK & MARINOS, 1998)

En el criterio original se consideran 6 categorías de masas rocosas, pero para el presente manual se han considerado 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.

la condición de la estructura de la masa rocosa la condición superficial de la misma.

1. Masiva o levemente fracturada (LF)
2. Moderadamente fracturada (F)
3. Muy fracturada (MF)
4. Intensamente fracturada (IF)
5. Triturada o brechada (T)

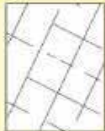




Para definir la estructura de la masa rocosa, se considera por un lado el grado de fracturamiento o la cantidad de fracturas (discontinuidades) por metro lineal.

Por otro lado, se considera la condición superficial de la masa rocosa, que 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 que se toman en cuenta se definen así:

1. Masa rocosa Muy Buena (MB)
2. Masa rocosa Buena (B)
3. Masa rocosa Regular (R)

4. Masa rocosa Pobre (P)
5. Masa rocosa Muy Pobre (MP)

Tabla 13: Criterio GSI modificado cualitativo

CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN GSI MODIFICADO Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal, medidas insitu con una wincha. La resistencia se determina golpeando o indentando la roca con una picota. Se toma en cuenta la rugosidad, alteración de las paredes y relleno de las discontinuidades.		CONDICIÓN SUPERFICIAL 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 oxidación, lig. abierta. (Rc 100 a 250 MPa) (se rompe con varios golpes de picota) REGULAR (resistente, levemente alterada) discontinuidades lisas, moderadamente alterada, ligeramente abierta. (Rc 50 a 100 MPa) (se rompe con uno o dos golpes de picota) POBRE (moderadamente resist. moderam. alter.) superficie pulida o con estricciones, muy alterada, relleno compacto o con fragmentos de roca. (Rc 25 a 50 MPa), (se indenta superficialmente) MUY POBRE (blanda, muy alterada) Superficie pulida y estriada, muy abierta, con relleno de arcillas blandas. (Rc < 25 MPa) (se disgrega o indenta superficialmente)					
ESTRUCTURA							
	LEVEMENTE FRACTURADA Tres a menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre sí (RQD 75 - 90%) (2 a 6 fractura por metro) (RQD = 115 - 3.3 Jn)	LF/MB	LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP	
	MODERADAMENTE FRACTURADA Muy bien trabada, no disturbada, bloques cúbicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. (RQD 50 - 75%) (6 a 12 fracturas por metro)	F/MB	F/B	F/R	F/P	F/MP	
	MUY FRACTURADA Moderadamente trabada, parcialmente disturbada, bloques angulosos formados por cuatro o más sistemas de discontinuidades. (RQD 25 - 50%) (12 a 20 fracturas por metro)	MF/MB	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%) (Más de 20 fracturas por metro)	IF/MB	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP	
	TRITURADA O BRECHADA Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos fácilmente disgregables, angulosos y redondeados. (Sin RQD)	T/MB	T/B	T/R	T/P	T/MP	

Fuente: (HOEK & MARINOS, 1998)

Como ejemplo de aplicación de este criterio, consideramos un a roca que puede indentarse profundamente al golpearlo con la punta de la picota, correspondiéndole una resistencia muy baja. Si sus fracturas están muy abiertas con relleno de arcilla blanda, su condición será muy pobre. Si

esta roca tuviera 10 fracturas/metro, su clasificación según el GSI será: moderadamente fracturada y muy pobre (MF/MP).

Cabe señalar que entre los diferentes criterios de clasificación geomecánica existen relaciones matemáticas para su correlación. Por ejemplo, el RMR de Bieniawski (1989) está correlacionado al Q (índice de calidad de la masa rocosa) de Barton (1974), por la expresión $RMR = 9 \ln Q + 44$. Por otro lado, el RMR de Bieniawski (1989) está correlacionado al GSI de (HOEK & MARINOS, 1998), por la expresión $GSI = RMR - 5$, para el caso $RMR > 23$ y considerado condiciones secas.

Tabla 14: Criterio GSI modificado cuantitativo

(GSI) MODIFICADO		CONDICIÓN SUPERFICIAL																		
<p>De los códigos de letra definidos que describen la estructura del macizo rocoso y la condición de las discontinuidades, seleccione el cuadro apropiado es esta tabla. Estime el valor típico del Índice Geológico de Resistencia GSI, de los contornos que muestra la tabla. No trate de obtener un mayor grado de precisión. Indicar un rango de valores para GSI, por ejemplo de 36 a 42, es más realista que indicar un único valor por ejemplo 38.</p>		MUY BUENA (extremadamente resistente, fresca superficie de las discontinuidades muy rugosas e inalteradas, cerradas, $R_c > 250$ MPa) (se astilla con golpes de picota)	BUENA (muy resistente, levemente alterada) discontinuidades rugosas, lev. alterada, manchas de oxidación, lig. abierta, R_c 100 a 250 MPa) (se rompe con varios golpes de picota)	REGULAR (resistente, levemente alterada) discontinuidades lisas, moderadamente alterada, ligeramente abierta, R_c 50 a 100 MPa) (se rompe con uno o dos golpes de picota)	POBRE (moderadamente resist. moderam. alter.) superficie pulida o con estrías, muy alterada, relleno compacto o con fragmentos de roca. R_c 25 a 50 MPa), (se indenta superficialmente)	MUY POBRE (blanda, muy alterada) Superficie pulida y estrada, muy abierta, con relleno de arcillas blandas. $R_c < 25$ MPa) (se disgrega o indenta superficialmente)														
ESTRUCTURA		95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
	LEVEMENTE FRACTURADA Tres a menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre sí (RQD 75 - 90%) (2 a 6 fracturas por metro) (RQD = $115 - 3.3 J_n$)																			
	MODERADAMENTE FRACTURADA Muy bien trabada, no disturbada, bloques cúbicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. (RQD 50 - 75%) (6 a 12 fracturas por metro)																			
	MUY FRACTURADA Moderadamente trabada, parcialmente disturbada, bloques angulosos formados por cuatro o más sistemas de discontinuidades. (RQD 25 - 50%) (12 a 20 fracturas por metro)																			
	INTENSAMENTE FRACTURADA Plegamiento y fallamiento con muchas discontinuidades interceptadas formando bloques angulosos o irregulares. (RQD 0 - 25%) (Más de 20 fracturas por metro)																			
	TRITURADA O BRECHADA Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos fácilmente disgregables, angulosos y redondeados. (Sin RQD)																			

Fuente: (HOEK & MARINOS, 1998)

2.3.8.1. Aberturas maximas de las excvaciones

- Maxima abertura (sin sostenimiento) = $2 (ESR) Q^{0.4}$
- RMR (sin sostenimiento) = $22 \ln DE + 25$
 $((RMR - 25)/22)$
- Ancho máximo sin sostenimiento = $ESR * \exp$
- ESR (relación de sostenimiento de la excavación)
- ESR esta relacionado con el uso para el cual la excavación es efectuada y con el grado de seguridad, como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 15:Relación de sostenimiento de la excavación

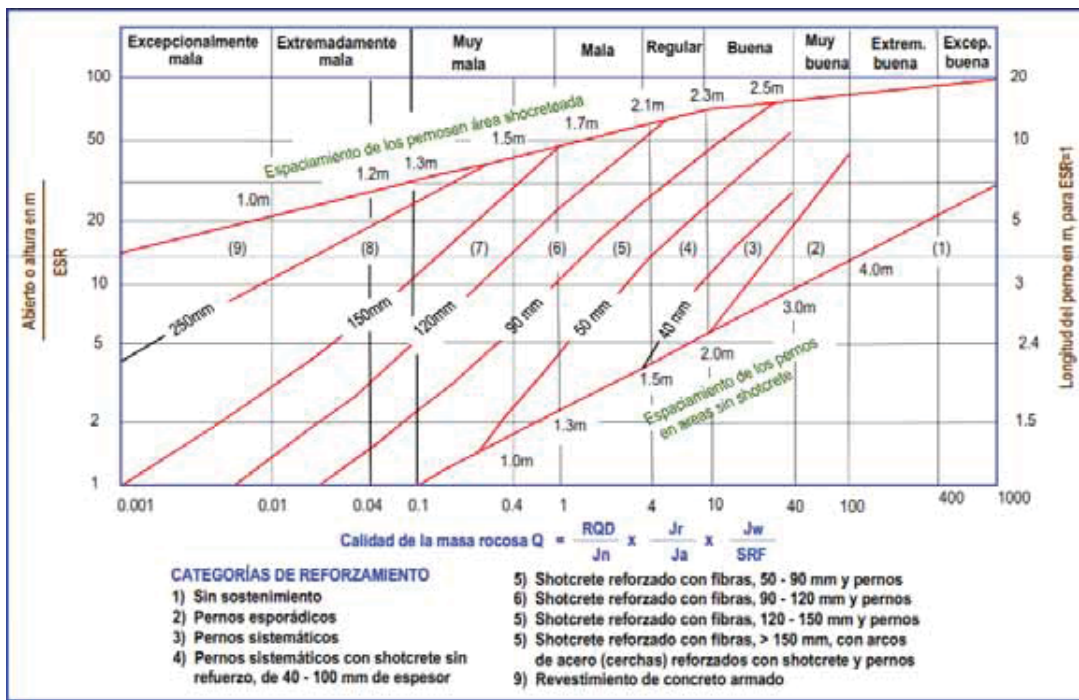
Categoría de la Excavación		ESR	N° de casos
A	Excavaciones mineras temporales	3 – 5	2
B	Piques verticales: Sección circular	2.5	
	Sección rectangular / cuadrada	2.0	
C	Aberturas mineras permanentes, túneles de agua para hidroeléctricas (excluyendo conductos forzados de alta presión), túneles piloto, galerías y socavones para grandes excavaciones.	1.6	83
D	Cámaras de almacenamiento, plantas de tratamiento de agua, túneles carreteros y ferrocarrileros menores, cámaras de equilibrio, túneles de acceso	1.3	25
E	Casas de fuerza, túneles carreteros y ferrocarrileros mayores, cámaras de defensa civil, portales, intersecciones.	1.0	73
F	Estaciones subterráneas de energía nuclear, estaciones de ferrocarril, fábricas	0.8	2

Definición de DE (Dimensión Equivalente):

$$DE = \frac{\text{Ancho o altura de la excavación}}{ESR}$$

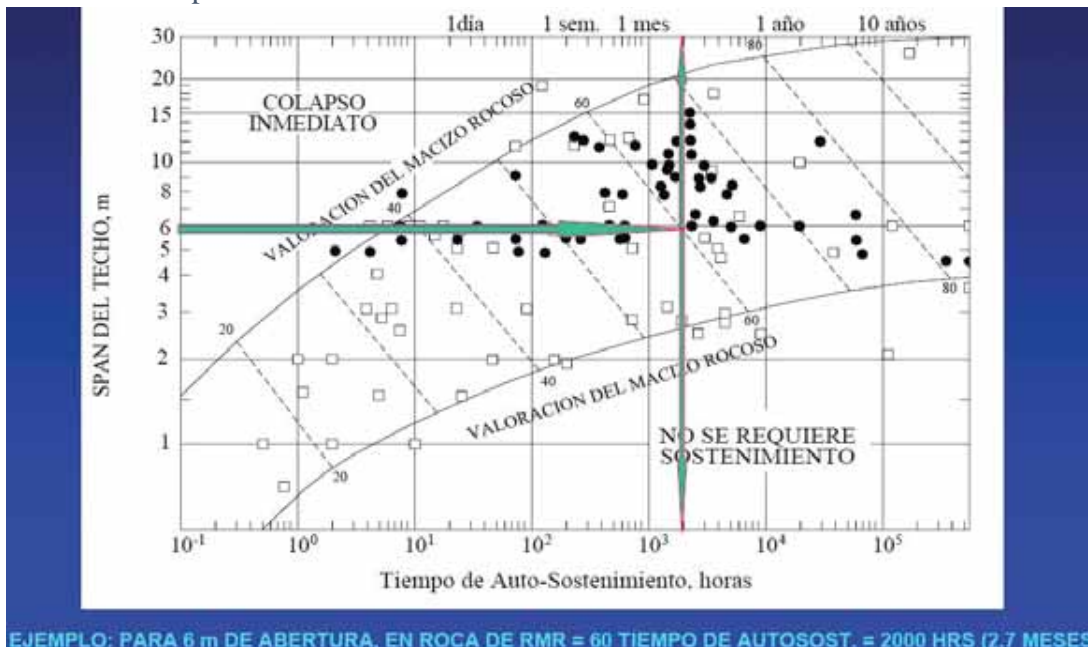
Fuente: (Barton & Loset, 1974) (HOEK, Strength of rock and rock masses., 1994)

Tabla 16: Cuadro de sostenimiento



Fuente: (Barton & Loset, 1974) (Grimstad & Barton, 1993)

Tabla 17: Tiempo de auto sostenimiento



Fuente: (Bieniawski, 1974)

2.3.9. Seguridad y salud ocupacional en minería (Bird, 1921 - 2007)

2.3.9.1. Elementos del SIG HOCHSCHILD MINING – DNV

Tabla 18: Elementos de DNV



Fuente: departamento de seguridad

Elemento 1: Liderazgo y administración

Establece los lineamientos necesarios para construir un sistema de control de pérdidas sólido, basado en un liderazgo, compromiso y administración efectiva del sistema como puntos vitales para el éxito.

Elemento 2: Entrenamiento del liderazgo

Garantizar que los líderes estén debidamente preparados, con conocimientos y habilidades necesarias para administrar el Control de Pérdidas.

Elemento 3: Inspecciones planeadas y mantenimiento

Identificar los peligros potenciales y no conformidades en todas las áreas de trabajo para prevenir incidentes y accidentes. Esto incluye el mantenimiento de equipos y herramientas en general.

Elemento 4: Análisis y procedimientos de tareas críticas

Identificar todas las exposiciones a pérdidas presentes mientras se realizan las tareas propias de la operación, con el objeto de identificar cuáles de estas son críticas y desarrollar controles que permitan reducir los riesgos evaluados.

Elemento 5: Investigación de accidentes / incidente

Proporciona un enfoque práctico y organizado para la investigación de accidentes / incidentes, que identifique las causas inmediatas, básicas y falta de control de gestión para establecer un plan de acción a fin de evitar la recurrencia de los mismos.

Elemento 7: Preparación para emergencias

Diseñar un sistema total para la preparación de respuesta a emergencias, asegurando una respuesta inmediata y oportuna, bajo un plan de acción, que permita controlar, corregir y retomar el proceso de las actividades a una condición normal luego de la emergencia.

Elemento 8: Reglas y permisos de trabajo

Cumplimiento de las reglas generales (reglas de oro) determinadas por la organización y desarrollar e implementar un sistema de permisos de trabajos especializados (Permiso Escrito para Trabajos de Alto Riesgo = PETAR), evaluando su eficacia.

Elemento 9: Analisis de accidentes / incidentes

Evaluación de la información procedente de incidentes, inspecciones y accidentes, para analizarla y desarrollar planes de acción con el objetivo de prevenir eventos no deseados dentro de las operaciones.

Elemento 10: Entrenamiento y conocimiento de habilidades

Identificación de los conocimientos y habilidades que los empleados necesitan para realizar su trabajo adecuadamente.

Elemento 11: Equipo de protección personal

Determina las necesidades de nuestras actividades considerando la exposición a agentes contaminantes de nuestro personal por cada puesto de trabajo, logrando un uso y mantenimiento adecuado de los equipos para reducir los riesgos propios de las actividades.

Elemento 12: Control de salud e higiene industrial

Identificación, Evaluación y Control sistemático los Riesgos y Peligros para la Salud.

Elemento 13: Evaluación del sistema

Medición del desempeño de las actividades del Sistema de Gestión Integrado establecidas para reducir los daños / pérdidas a Personas, Equipos, Materiales, Procesos y Medio Ambiente.

Elemento 14: Ingeniería y administración del cambio

Identificación y prevención de los eventos no deseados, evaluando los riesgos y determinando los controles de seguridad, higiene, salud, medio ambiente y daño a la propiedad, asociados con todo cambio en el proceso, materiales y equipos nuevos o modificados antes de ser implementados.

Elemento 15: Comunicaciones personales

Desarrollo de una técnica para comunicaciones personales. Ayudando a los colaboradores a desarrollar conocimientos y habilidades, a través de la transmisión de conocimientos adquiridos.

Elemento 16: Comunicaciones a grupos

Reuniones de Control de pérdidas.

Elemento 17: Promoción general

Sistema de promoción de temas relacionados a Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Comunidades.

Elemento 18: Contratación y colocación

Identifica las demandas que un trabajo exige de la persona y verifica sus competencias.

Elemento 19: Administración de materiales y servicios

Requerimientos para que Empresas Contratistas (E. C.) que realicen sus trabajos de manera congruente y compatible con las políticas, objetivos y estándares de la Organización a fin de alcanzar un alto desempeño en la gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

2.3.10. Investigación de incidentes, incidentes peligrosos, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales D.S. N° 023-2017 EM

Es un proceso de identificación, recopilación y evaluación de factores, elementos, circunstancias, puntos críticos que conducen a determinar las causas de los incidentes, incidentes peligrosos, accidente de trabajo y enfermedades ocupacionales. Tal información será utilizada para tomar las acciones correctivas y prevenir la ocurrencia.

Las autoridades policiales y judiciales deberán realizar sus propias investigaciones de acuerdo a sus procedimientos y metodologías.

2.3.10.1. Causas de los incidentes (departamento seguridad hochschild mining)**1. Faltas de Control:**

Fallas, ausencias o debilidades en el sistema de gestión de la seguridad y la salud ocupacional. La falta de cumplimiento cuando existen estándares es la forma más común de perder el control. Esto es un claro indicador que es necesario incrementar los esfuerzos en la gestión de Seguridad de forma que se pueda mejorar continuamente la conducta y la responsabilidad de los trabajadores.

2. Causas básicas:

Referidas a factores personales y factores de trabajo.

- **Factores Personales.**- Son los relacionados con la falta de habilidades, conocimientos, actitud, condición físico-mental y psicológica de la persona.
- **Factores del Trabajo.**- Referidos a las condiciones y medio ambiente de trabajo: liderazgo, planeamiento, ingeniería, organización, métodos, ritmos, turnos de trabajo, maquinaria, equipos, materiales, logística, dispositivos de seguridad, sistema de mantenimiento, ambiente, estándares, procedimientos, comunicación y supervisión.

3. Factores personales

- Capacidad física/fisiológica inadecuada.
- Capacidad mental/psicológica inadecuada.
- Estrés físico o fisiológico.
- Estrés mental o psicológico.
- Falta de Conocimientos
- Falta de Habilidad
- Motivación incorrecta

4. Factores de trabajo

- Liderazgo y/o supervisión inadecuada.
- Ingeniería inadecuada.
- Compras inadecuadas.
- Herramientas y equipos Inadecuados
- Estándares de Trabajo Inadecuados
- Desgaste excesivo
- Abuso o mal uso

5. causas inmediatas

- Actos Subestándares: Es toda acción o práctica que no se realiza con el Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS) o estándar establecido que causa o contribuye a la ocurrencia de un incidente.
- Condiciones Subestándares: Toda condición existente en el entorno del trabajo y que se encuentre fuera del estándar y que puede causar un incidente.

2.3.10.1. Investigación de los incidente

- Los accidentes no son fortuitos sino causados.

- Por lo tanto pueden prevenirse evitando sus causas.
- La mayoría de los accidentes e incidentes tienen causas múltiples que se combinan para producir el evento.
- Algunas causas no provocan directamente el evento sino que originan otras causas.



Figura 24: Pirámide de Bird

Fuente: (Bird, 1921 - 2007)

2.3.10.2. Modelo de causalidad de pérdida

- Los incidentes no pasan por sí solos, los incidentes son causados, no es que simplemente pasan. Los incidentes son acciones interrelacionadas o secuencias de eventos que se pueden observar en el diagrama:



Figura 25: Modelo de causalidad

Fuente: Departamento de seguridad

2.3.11. Proceso de investigación

2.3.11.1. Cuadro de preparación para la investigación de un incidente

Tabla 19: Preparación para la investigación de incidentes



Fuente: departamento de seguridad

1. **Respuesta Inicial**, cuando ocurre un incidente, todos los que saben tienden a responder directamente. Sin embargo, solo la respuesta positiva es la que se necesita en ese momento.
 - a. Las personas autorizadas o el supervisor del área donde ocurrió el incidente son las personas claves en esta etapa.
 - b. Lo más importante es entender qué fue lo que pasó.
 - c. En líneas generales, existen algunos pasos a seguir para responder correctamente ante un incidente:

- Tome el control del área
- Asegure la atención de Primeros Auxilios cuando sea necesario
- Controle que no se presenten accidentes secundarios
- Identifique las fuentes de energía que causaron el incidente.
- Conserve todas las evidencias
- Determine el potencial de pérdida
- Notifique el hecho a los responsables del área.

2. Preparación para la investigación: establezca el objetivo formar un equipo de investigación establecer un programa de trabajo.

- **Establezca el objetivo:** Es importante que todos lo que participen en la investigación entiendan las expectativas del proceso.
 - a. Formar un equipo de investigación:
 - Interesados en resolver el problema
 - Conozcan el entorno de ocurrencia
 - Sean especialistas en el evento
 - b. Establecer un programa de trabajo:
 - Entrevistas
 - Recopilación de información
 - Análisis de la información

3. Colección de datos/hechos/evidencias: persona, posición, documentos y partes.

- Encontrar evidencia suficiente en la escena del incidente:
- Qué sucedió?
- Cómo estuvo el clima cuando sucedió el incidente?
- Quién estuvo involucrado y quién debe ser entrevistado?
- Quién hizo qué? / Qué no debería haber hecho?
- Qué pudo haber fallado o funcionó mal?
- Asegurarse que nada ha sido modificado
- Dibujar un mapa de la escena
- Esquematizar los posibles factores críticos

- Tomar fotos si es necesario

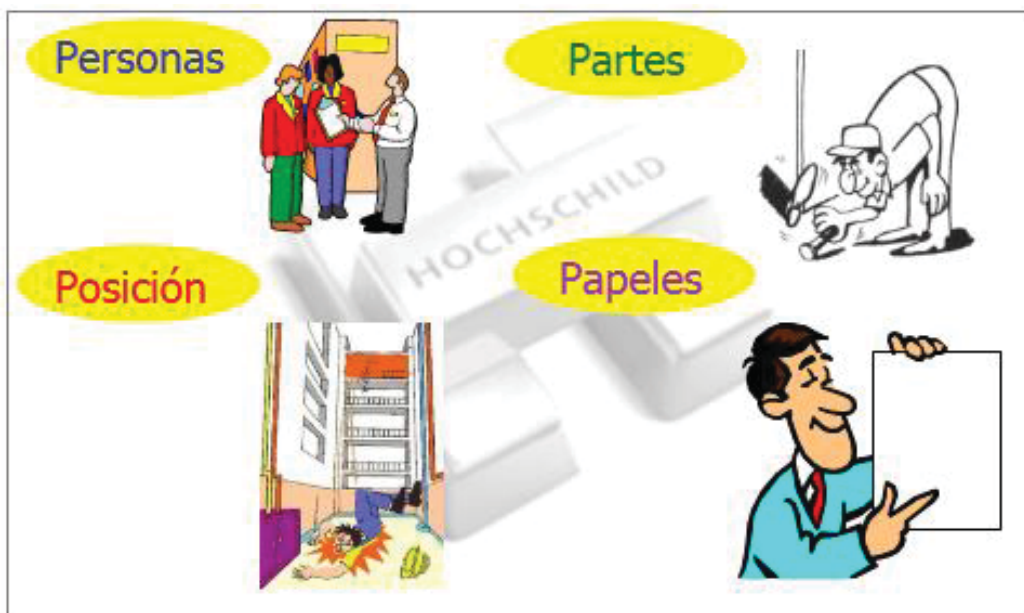


Figura 26: Pasos para una investigación de seguridad

Fuente: departamento de seguridad

a. Personas

- Víctima o directo involucrado
- Testigos directos
- Todos los involucrados en el incidente
- Todos los que hayan visto o escuchado sobre el incidente
- Supervisor inmediato de la escena
- Testigos indirectos
- El operador del equipo del turno anterior
- Amigos cercanos
- Brigadistas que atendieron el incidente
- Expertos de otras áreas en el trabajo

b. Partes

- Hacerlo de inmediato.
- Si hay algún equipo involucrado, tomar temperaturas, olores, estado del clima.
- Verificar la condición mecánica del equipo con especialistas del tema.
- Verificar que las guardas estaban en su lugar.

- Instrumentos, Sobrecarga
- Partes incorrectas.
- Mecanismos de seguridad.
- EPP.

c. Posición / Lugar

- Nos ayuda a saber como fue la ubicación de las personas y equipos antes, durante y después del accidente.
- Identificar claramente el impacto en el suelo o el piso.
- Marcas dejadas por el equipo
- Poner atención sobre el ruido, la visibilidad, o cualquier condición ambiental que pueda haber contribuido con el incidente. Tome fotos que ayuden a visualizar lo sucedido.

d. Papel / Documentación

- Registros del empleado
- Tiempo de experiencia
- Certificaciones Condición física
- Registros del equipo
 - Año de compra o implementación
 - Registros de mantenimiento preventivo
 - Historia de reparación
 - Reportes de inspección
 - Check lists

e. Procedimientos / permisos de trabajo

- a. Existen?
- b. Están disponibles?
- c. Se cumplieron?

f. Identificar las causas / análisis de datos: perdidas, tipo de contacto, causas inmediatas y causas básicas.

- En esta etapa del análisis se debe realizar el análisis basado en hechos
- Identificar cada pérdida

- Identificar todos los contactos, energías o sustancias que hayan causado las o las pérdidas
- Por cada uno de los anteriores, identificar actos o condiciones inseguras que lo hayan podido causar
- Busque todas las respuestas posibles

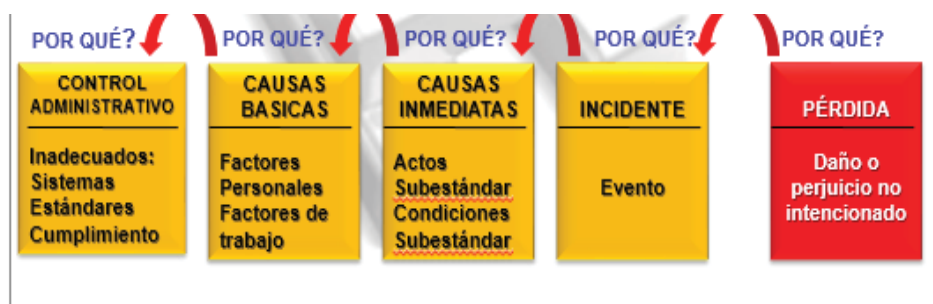


Figura 27: Modelo de causalidad en retroceso

Fuente: Departamento de seguridad

4. Desarrollo de toma de acciones correctivas: temporales y permanentes.

- Conociendo claramente las causas que originaron el incidente y cómo se suscitaron, estaremos en condiciones de establecer recomendaciones para resolver los problemas encontrados.

a. Acciones Temporales: corrigen sólo los síntomas

1. Reemplazar las herramientas
2. Tapar un hoyo
3. Cambiar las guardas

b. Acciones permanentes: solucionan realmente el problema – atacan el sistema de gestión

5. Informe de investigación / seguimiento:

- Llenar el formato de Investigación de Accidentes / Incidentes de Hochschild Mining.
- Los incidentes /accidentes deben reportarse dentro de las 24 horas.
- Este informe debe reunir la información necesaria de manera resumida.
- Describir cómo sucedió el incidente/accidente.
- Enumerar las causas inmediatas y básicas.
- Redactar las acciones correctivas en orden de prioridad
- El informe de investigación y análisis de costos deben entregarse dentro de las 48 horas.

- Es responsabilidad de todos los involucrados asegurarse que las acciones correctivas implementadas están dando los resultados esperados y se mantienen en el tiempo.
- La implementación deberá ser constantemente medida, evaluada y corregida cuando sea necesario.
- Normalmente este paso no se realiza porque no se le considera importante, sin embargo, es el paso clave para realmente evitar recurrencia de incidentes con similares características.

2.3.12. Clasificación de accidentes en minería

Tabla 20: Clasificaciones de accidentes en minería

TABLAS PARA NOTIFICACIONES Y ANEXOS	
TAMAÑO DE LA EMPRESA	
1	Microempresa
2	Pequeña Empresa
3	Mediana Empresa
4	Gran Empresa
5	Instituciones del Estado
6	Minería Artesanal
7	Pequeña Minería
8	Mediana y Gran Minería

Fuente: (RSSO, 2017)

Tabla 21: Tipos de accidentes

TIPO DEL ACCIDENTE	
1	Caídas de personas
11	Caídas de personas con desnivelación [caídas desde alturas (árboles, edificios, andamios, escaleras, máquinas de trabajo, vehículos) y en profundidades (pozos, fosos, excavaciones, aberturas en el suelo)]
12	Caídas de personas que ocurren al mismo nivel
2	Caídas de objetos
21	Derrumbe (caídas de masas de tierra, de rocas, de piedras, de nieve)
22	Desplome (de edificios, de muros, de andamios, de escaleras, de pilas de mercancías)
23	Caídas de objetos en curso de manutención manual
24	Otras caídas de objetos
3	Pisadas sobre, choques contra, o golpes por objetos, a excepción de caídas de objetos
31	Pisadas sobre objetos
32	Choques contra objetos inmóviles (a excepción de choques debidos a una caída anterior)
33	Choque contra objetos móviles

34	Golpes por objetos móviles (comprendidos los fragmentos volantes y las partículas), a excepción de los golpes por objetos que caen
4	Atrapada por un objeto o entre objetos
41	Atrapada por un objeto
42	Atrapada entre un objeto inmóvil y un objeto móvil
43	Atrapada entre dos objetos móviles (a excepción de los objetos volantes o que caen)
5	Esfuerzos excesivos o falsos movimientos
51	Esfuerzos físicos excesivos al levantar objetos
52	Esfuerzos físicos excesivos al empujar objetos o tirar de ellos
53	Esfuerzos físicos excesivos al manejar o lanzar objetos
54	Falsos movimientos
6	Exposición a, o contacto con, temperaturas extremas
61	Exposición al calor (de la atmósfera o del ambiente de trabajo)
62	Exposición al frío (de la atmósfera o del ambiente de trabajo)
63	Contacto con sustancias u objetos ardientes
64	Contacto con sustancias u objetos muy fríos
7	Exposición a, o contacto con, la corriente eléctrica
8	Exposición a, o contacto con, sustancias nocivas o radiaciones
81	Contacto por inhalación, por ingestión o por absorción con sustancias nocivas
82	Exposición a radiaciones ionizantes
83	Exposición a otras radiaciones
9	Otras formas de accidente, no clasificadas bajo otros epígrafes, incluidos aquellos accidentes no clasificados por falta de datos suficientes

Fuente: (RSSO, 2017)

Tabla 22: Tipos de incidentes, en sub-sector minería

TIPO DEL INCIDENTE, ACCIDENTE EN SUB SECTOR MINERÍA	
1	CAÍDA DE PERSONAS
2	CAÍDA DE OBJETOS
3	DESPRENDIMIENTO DE ROCAS
4	CHOQUES CONTRA O GOLPES POR OBJETOS DURANTE EL CARGUÍO Y DESCARGA DE MINERAL/DESMONTE
5	CHOQUES CONTRA O GOLPES POR OBJETOS DURANTE EL MANIPULEO DE MATERIALES.

Fuente: (RSSO, 2017)

COSTO DE LOS ACCIDENTES



Fuente: Departamento de seguridad

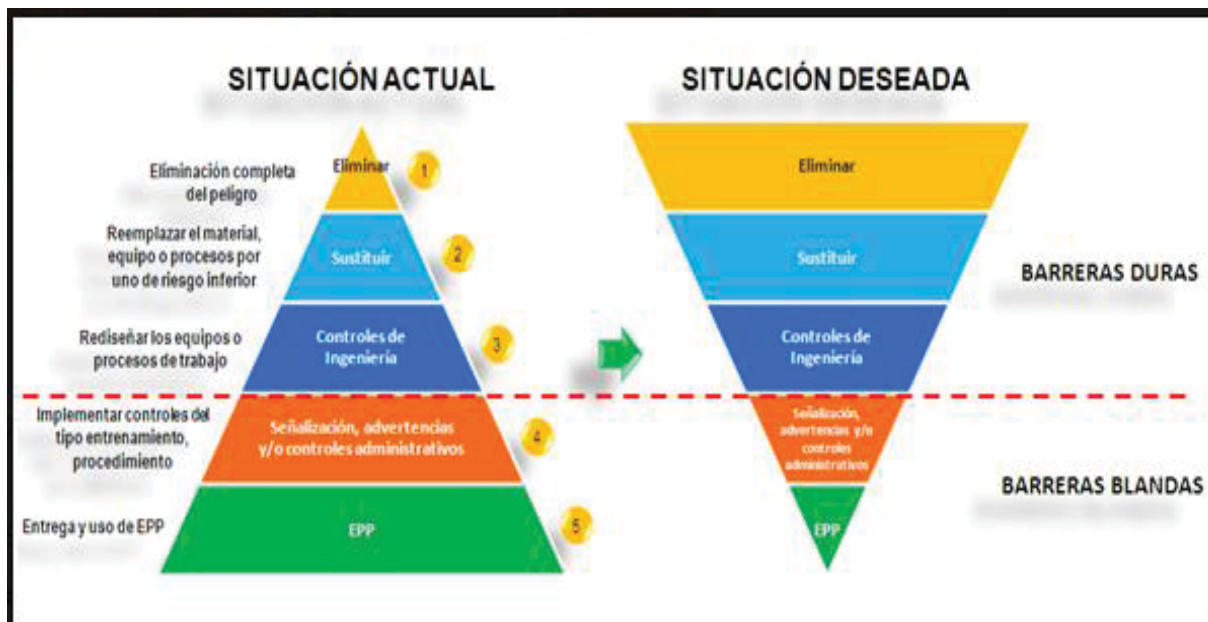


Figura 28: Jerarquía de control de seguridad

2.4. MARCO CONCEPTUAL

2.4.1. Ciclo de las rocas

Tal como se muestra en la imagen del ciclo de las rocas, las **rocas ígneas** se originan por la fusión parcial de las rocas que se encuentran bajo la superficie terrestre.

Durante el ascenso del magma sufren procesos magmáticos que derivan en la cristalización del magma y la formación de rocas ígneas intrusivas y cuerpos magmáticos.

Si el magma sale a superficie por erupciones volcánicas, se genera lava, la cristalización de la lava genera rocas extrusivas o volcánicas.

Cuando las erupciones son muy explosivas, se expulsa productos piroclásticos, este grupo también se incluye en las rocas ígneas volcánicas. (Yandry Maldonado)

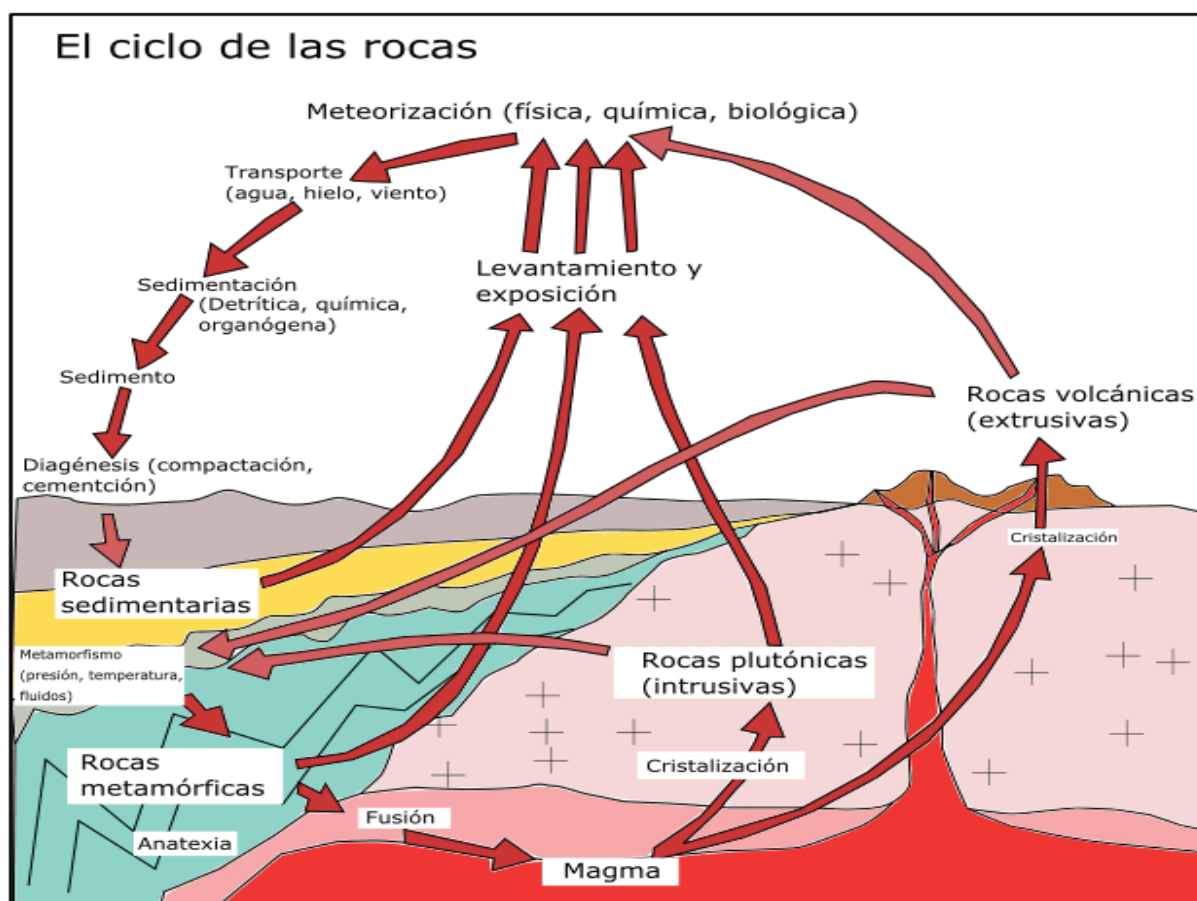


Figura 29: Ciclo de las rocas
Fuente (Maldonado, 2018)

2.4.2. Rocas Ígneas

Las **rocas magmáticas**, también son llamadas **rocas ígneas**, son aquellas formadas durante la cristalización del magma (roca fundida), bajo la superficie de la tierra (rocas ígneas intrusivas) o sobre la superficie de la tierra (rocas ígneas extrusivas, efusivas o volcánicas). (Maldonado, 2018)

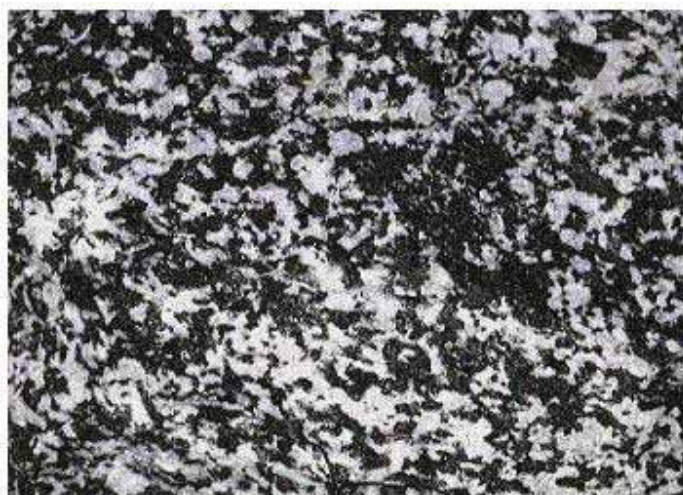


Figura 30: Diorita, roca ígnea intrusiva de composición intermedia y textura fanerítica

Fuente: (Maldonado, 2018)

2.4.3. Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas son el resultado de la transformación de cualquier otro tipo de rocas, ígneas, sedimentarias e, incluso, metamórficas, mediante fenómenos de metamorfismo.

Estos fenómenos debidos al cambio de las condiciones físico-químicas a que estaban sometidas las primitivas rocas, modifican en ellas no sólo su composición mineralógica, sino también la composición química, así como la estructura y la textura.

El grado de metamorfismo de las rocas puede ser distinto, por eso existen transiciones graduales a las rocas metamórficas desde las correspondientes ígneas y sedimentarias.

Los tipos de metamorfismo son: **dinámico**, cuando la causa de la transformación de las rocas son grandes presiones; **de contacto**, si la causa ha sido una alta temperatura por proximidad de un magma; y **regional**, cuando concurren las dos causas anteriores.

Estas especiales condiciones que inciden en la formación de las rocas metamórficas hacen que todas ellas se encuentren cristalizadas. Las presiones, que de una manera constante y con mayor o menor intensidad, siempre se producen en los fenómenos de metamorfismo, hacen que las rocas de este tipo, normalmente, presenten cierta pizarrosidad.

El tamaño de los cristales dependerá de los minerales existentes en la primitiva roca y de los procesos de neoformación y recrystalización. Los minerales que componen las rocas metamórficas pueden formarse en el metamorfismo o bien ser los mismos existentes antes de la iniciación del proceso. (madrid, 2012)



Figura 31: Mármol
Fuente: (madrid, 2012)

2.4.4. Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias son rocas que se originan por la acumulación de sedimentos, estos son partículas de diferentes tamaños que son trasladados por el agua, viento o hielo, estas son expuestas a procesos físicos químicos (diagénesis), que dan luego a materiales consolidados. Se pueden formar en las orillas de los ríos, fondos de barrancos, lagos, valles, mares, y en las desembocaduras de los ríos. Se hallan formando capas o estratos y así es como se forma el sedimento.

Hay procesos geológicos externos que actúan en las rocas preexistentes, estos las meteorizan, depositan o transportan en diferentes sitios que dependerá del transporte (agua, viento, hielo).

También, distintos organismos vegetales y animales contribuyen también a la formación de algunas rocas sedimentarias (fósiles). La roca sedimentaria puede alcanzar una profundidad de 10 kilómetros bajo la corteza terrestre. Estas rocas pueden mostrarse sueltas o consolidadas ya que han sido unificadas con otras por procesos posteriores a la sedimentación, por medio de diagénesis.

El origen de las rocas sedimentarias al ser muy excesivo, cubren más del setenta por ciento (70%) de la corteza terrestre, formando una gran cobertura sedimentaria que se encuentra encima de rocas ígneas y en menor medida para las metamórficas. Aunque el volumen total es mucho menor cuando la comparamos con las rocas ígneas, ya que estas forman la mayor parte del manto terrestre en su totalidad. (madrid, 2012)



Figura 32: Las rocas sedimentarias en Hong Kong Geo Parque

Fuente: (Kawing, s.f.)

2.4.5. Macizo Rocoso

Conjunto de matriz rocosa y discontinuidades. Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geomecánico e hidráulico. Las rocas pueden ser duras o blandas y las fallas de los macizos se pueden presentar por zonas de debilidad o de discontinuidad estructural. Las rocas blandas fallan a través del cuerpo de la masa rocosa y también a través de sus defectos estructurales. Túnel en un macizo afectado por una intrusión. Originalmente el macizo era sedimentario y ahora posee aureola de metamorfismo. (T túnel, F falla, I roca ígnea, M roca metamórfica) (LEARN MORE, 2015)

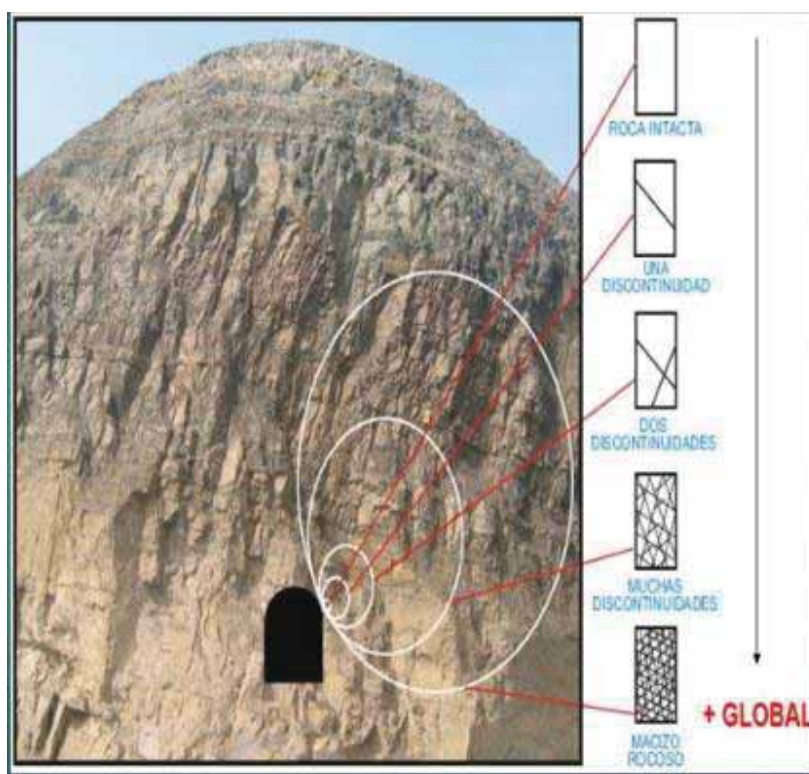


Figura 33: macizo rocoso
Fuente: (LEARN MORE, 2015)

2.4.6. Mecánica de rocas

La mecánica de roca es la doctrina teórica e implementada en la conducta mecánica de las mismas, según sus características, como también la oposición que muestra ante el movimiento empleado en su ambiente inmediato. Estos movimientos son estudiados por la **geología**, lo que está estrechamente vinculada con la mecánica de rocas llamada geomecánica, método que busca

información mecánica de todos los materiales geológicos, conteniendo el estudio de los suelos. (LEARN MORE, 2015)



Figura 34: Construcción de túnel
Fuente: (LEARN MORE, 2015)

2.4.7. Geomecánica

La geomecánica se emplea a la doctrina vinculada fundamentalmente con la ingeniería geológica y con la ingeniería civil, ingeniería en minas y la geofísica, para el análisis de las situaciones referentes a la firmeza, imperfección y tenacidad de macizos rocosos. Subjetivamente, se puede asemejar con el término de mecánica de rocas, por la razón de que muchos estudios son similares a los que se realizan en la geomecánica. Lear More

(procedente del prefijo griego geo- significando "tierra"; y "mecánica") implica el estudio geológico del comportamiento del suelo y rocas. Son las dos principales disciplinas de la geomecánica mecánica de suelos y mecánica de rocas. (LEARN MORE, 2015)

2.4.7.1. Mapeo geomecánica

es la recolección de las diferentes informaciones obtenidas de las discontinuidades del macizo rocoso.

Junto con estas prácticas se encuentra el mapeo geomecánico, la colección de datos geomecánicos exactos y de alta calidad, que son después analizados y utilizados para monitorear y predecir el

comportamiento de rocas y suelo dentro de una mina y otro tipo de excavación. (LEARN MORE, 2015)



Figura 35: Mapeo Geomecánico

Fuente: (Zarabia, 2017)

2.4.8. Compresión uniaxial

Una medida de la resistencia de un material. La resistencia a la compresión uniaxial (UCS) es el esfuerzo de compresión axial máximo que puede tolerar una muestra cilíndrica recta de material antes de fracturarse. Se conoce también como la resistencia a la compresión no confinada de un material porque el esfuerzo de confinamiento se fija en cero. (Oilfield Review, 2019)

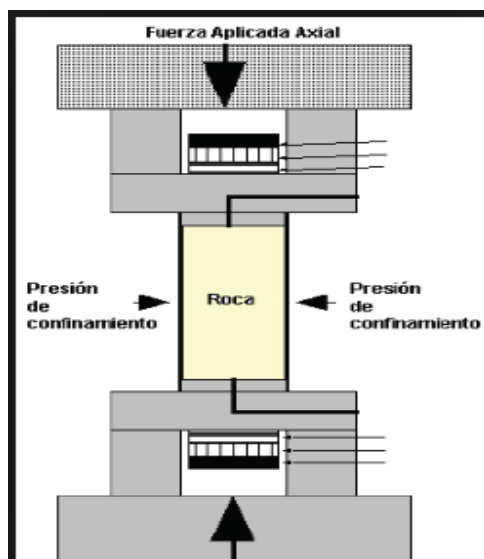


Figura 36: Compresión uniaxial

Fuente: (Rivas, 2011)

2.4.9. Carga puntual

Una carga puntual es una carga eléctrica hipotética, de magnitud finita, contenida en un punto geométrico carente de toda dimensión, en otras palabras una carga puntual consiste en dos cuerpos con carga que son muy pequeños en comparación con la distancia que los separa.

La máquina digital para ensayos de carga puntual está compuesta por una prensa hidráulica de operación manual. La medición de fuerza se hace por medio de la celda de carga e indicación digital con memoria de picos (carga máxima). Medición de la distancia entre puntas y desplazamiento por medio de regla graduada.



Figura 37: Carga puntual

Fuente: (PINZUAR, s.f.)

2.4.10. La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) es un derecho fundamental de todos los trabajadores y tiene como objetivo, prevenir los accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales. Para eso, las entidades públicas deberán propiciar el mejoramiento de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo a fin de prevenir daños en la integridad física y mental de los trabajadores que sean consecuencia, guarden relación o sobrevengan durante el trabajo. Ley 29783

2.4.10.1. Peligro

El **peligro** es una condición ó característica intrínseca que puede causar lesión o enfermedad, daño a la propiedad y/o paralización de un proceso, en cambio, el **riesgo** es la combinación de la probabilidad y la consecuencia de no controlar el **peligro**. (RSSO, 2017)

¿Qué es Peligro?

TRABAJO Y PROMOCION DEL EMPLEO
Reglamento de la Ley Nº 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
DECRETO SUPREMO Nº 006-2012-TR
EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

Según el DS 005:
Situación o característica intrínseca de algo **capaz de ocasionar daños** a: las personas, equipos, procesos y ambiente.



OHSAS 18001

Según OHSAS 18001:
Es una fuente, **situación** o acto con **potencial de daño** en términos de lesión y/o enfermedad.

Conclusión: El Peligro es algo que puede causar un daño.

Figura 38: Peligro

Fuente: Ley N° 29783

2.4.10. 2. Riesgo

Riesgo es la probabilidad de que el potencial dañino del factor afecte a personas u objetos. Es la probabilidad de que se alcance el potencial de daño durante el uso, contacto o exposición a un determinado elemento peligroso.

probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos y al medio ambiente. (RSSO, 2017)

2.4.10.3. Incidente

Suceso con potencial de pérdida acaecido en el curso del trabajo o con relación con el trabajo, en el que la persona afectada no sufre las lesiones corporales.

accidente de trabajo. Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o com ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. (RSSO, 2017)

2.4.10.4. Comité de seguridad y salud ocupacional

Es un órgano bipartito y paritario constituido por representantes del empleador y de los trabajadores, con las facultades y obligaciones previstas por la legislación y la práctica nacional, destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones del empleador en materia de prevención de riesgos (RSSO, 2017)

2.5. HIPOTESIS

2.5.1. General

Dado que, el desprendimiento de rocas en el avance del CX 1870, son materia de análisis, es probable que esto se deba a la relación, que existe entre la geomecánica del maciso rocoso y el desprendimiento de rocas de la empresa minera HOCHSCHILD MINING compañía minera Ares U.O. Pallancata

2.5.2. Especifico

a) La evaluación para el sostenimiento CX 1870 se realizará a partir de la perforación diamantina y el mapeo geomecánico

b) Determinando los factores de causa y efecto, se minimizará los incidentes con un adecuado análisis geomecánica a consecuencia del desprendimiento de rocas en el CX 1870

c) Infiuye en la decisión del avance del proyecto a partir de la evaluación geomecánica del CX1870

2.6. VARIABLES E INDICADORES

Tabla 23: Variables e indicadores

VARIABLES	INDICADORES	Unidades
variable 1	Indicadores	
a) Geomecanica	a) resultados (RQD) b) Resultado RMR c) Resultado GSI	MPa Y %
b) Seguridad	a) Técnicas de análisis sistemático de causas TASC	Alto Riesgo Mediano Riesgo Bajo Riesgo
variable 2	Indicadores	
a) sostenimiento del CX 1870 b) Investigacion del incidente c) Diseño del proyecto	Desprendimiento de rocas	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 AMBITO DE ESTUDIO

El presente estudio se realiza de una mina subterránea, donde se realiza trabajos de desarrollo como son sub-niveles, cruceros, chimeneas, accesos, rampas, refugios, y otros.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de investigación

Este trabajo de investigación tiene un enfoque analítico, cuantitativo y cualitativo, debido a que con los datos de investigación de incidentes por desprendimiento de rocas, son datos obtenidos en la U.O. Pallancata, en el CX 1870 – Ranichico, la cual se demostrara la hipótesis general establecida en el capítulo I.

3.2.2. nivel de investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio de esta investigación, el nivel que alcanza es descriptivo – evaluativo, debido a que se busca asociar los datos del incidente de alto potencial por desprendimiento de roca en el CX 1870 del la U.O. Pallancata para el análisis correspondiente del incidente.

3.3. POBLACION Y MUESTRA

3.3.1. Poblacion

La población que tiene como objetivo de esta tesis, esta en la mina pallancata, compuesta por datos obtenidos por perforaciones diamantinas, investigaciones del incidentes.

3.3.2. Muestra

Los datos para la investigación de incidende de alto potencial por desprendimiento de roca, se obtiene:

- perforaciones diamantinas en el CX 1870.
- entrevistas al personal, encargada de los trabajos en el CX 1870.

3.4. TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS

3.4.1 Instrumento de recolección de datos para la perforacion diamantina (exploración operativa mina)

A continuación se presenta un formato de Microsoft Exel para la recopilacion y calculo de testigos obtenidos por la perforcion diamantina

Tabla 24: Cuadro para la recolección de datos

Registro Geotécnico Cía. Minera Suyamarca SAC.											
Sondaje:		Fecha:				Geólogo:		Asistente:			
E:		N:		Cota:		Azimut/inclinación:					
Diametro	Desde	Hasta	Perf. (m)	Recup (m)	% Recup	RQD (m)	% RQD	Espaciamento Fracturas	Grado Aletración	Resistencia	Observaciones
Espaciamento Discontinuidades			Grado de Alteración				Resistencia (Mpa)				
F1	Masiva	> 2.0 m	A1	Inalterada	R1	Extr. Dura	>250				
F2	Lig. Fract.	0.6 - 2.0	A2	Lig. Alter.	R2	Muy Dura	100 - 250				
F3	Fractur	0.2 - 0.6	A3	Alterada	R3	Dura	50 - 100				
F4	Muy Fractur.	0.06 - 0.20	A4	Muy Alter.	R4	Med. Dura	25 - 50				
F5	Triturada	<0.06	A5	Descomp.	R5	Blanda	5 - 25				
					R6	Muy Blanda	1 - 5				
					R7	Extr. Blanda	0.25 - 1				

Fuente: departamento de geología

3.4.1.1. instrumento para la recolección de datos para la investigación de incidentes

Tabla 25: Formato para la investigación



HOCHSCHILD MINING

SIG-REG-00005-03-00

INFORME DE INVESTIGACIÓN (COMITÉ 38TI) DEL INCIDENTE DE ALTO POTENCIAL DEL CX 1870

Realizadas las investigaciones pertinentes del evento, habiéndose tomado las declaraciones a los testigos y hecha la inspección ocular del lugar de los hechos, el Departamento de Seguridad emite el siguiente Informe:

1. **DATOS PERSONALES**
 - Nombres y Apellidos
 - Lugar de nacimiento
 - Fecha de nacimiento
 - Edad
 - Estado Civil
 - Grado de Instrucción
 - Fecha de Ingreso
 - Ocupación actual
 - Área
 - Lugar del Accidente
 - Fecha y Hora
 - Turno
 - Jornal
 - Tiempo de servicio
 - Experiencia en minas
 - Supervisor responsable
2. **GENERALIDADES**
3. **DESCRIPCION DEL ACCIDENTE**
4. **DIAGNÓSTICO / REPORTE DEL MEDICO**
 - Diagnóstico
 - Descanso médico
5. **CLASIFICACIÓN DEL ACCIDENTE**
 - a. Según el tipo
 - b. Según la lesión
 - c. Según el origen
 - d. Según la previsión
6. **CAUSAS DEL ACCIDENTE**
 - 6.1 **CAUSAS BÁSICAS:**
 - * Factores personales
 - * Factores de trabajo
 - 6.2 **CAUSAS INMEDIATAS:**
 - * Acto Subestándar
 - * Condición Subestándar.
7. **CONCLUSIONES**
8. **RECOMENDACIONES Y MEDIDAS CORRECTIVAS**



Fuente: Elaboración propia

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS

3.5.1. Procedimiento de recolección de datos para la perforación diamantina

los datos de perforación diamantina son obtenidos, por la E.C.M. Geo Drilling con la finalidad de encontrar y cuantificar la ley de la veta, también se utiliza para realizar pruebas de laboratorio con los testigos obtenidos (índice de carga puntual y la resistencia de la roca intacta).

La recolección de datos son obtenidos, registrados y almacenados en una caja de plástico reforzado, para su respectivo estudio en el core shack.

Con la finalidad de explotar la veta charo, se construye el CX 1870 para cortar la veta, cuyas perforaciones diamantinas se realizaron con anterioridad a la construcción, teniendo como datos para el RQD en la tabla anterior.

3.5.2. Procedimiento para la recolección de datos para la investigación de incidentes.

1. Todo colaborador debe reportar de manera inmediata a su supervisor directo (en caso no se ubique directamente al área de seguridad) la ocurrencia de un accidente / incidente.
2. El colaborador debe aplicar la respuesta inicial:
 - a. Tomar control.
 - b. Asegurar primeros auxilios y servicios de emergencia en caso sea necesario.
 - c. Controlar incidentes potenciales secundarios.
 - d. Identificar información.
 - e. Preservar alteración o remoción de información.
 - f. Determinar potencial de pérdida.
 - g. Notificar al 5555
3. El supervisor deberá informar al superintendente del área y al gerente del programa de seguridad de la ocurrencia del evento.
4. Paralelamente el supervisor debe dar la orden de restricción y señalización del lugar donde ocurrió el accidente / incidente (para evitar la pérdida de evidencias).
5. El supervisor, el superintendente del área y el gerente / ingeniero de seguridad se apersonarán inmediatamente al lugar de ocurrencia del accidente / incidente para la colección de evidencias (fotográficas, herramientas de gestión, manifestación de testigos, etc.).

Para recolectar información (evidencia) se debe tomar en cuenta:

- a) Posición: Dibujar bosquejos, mapas, diagramas; tomar fotografías y/o filmar videos

- b) Personas: Entrevistar a testigos oculares y hacer firmar su declaración; otros testigos pueden ser entrevistados más tarde
 - c) Partes (evidencia física): Identificar artículos de evidencia potencial (¿qué hay de más, qué falta?); examine en el sitio; recoja; no limpie; etiquete para examen posterior; preserve la cadena de custodia; retenga. Se debe tratar de mantener la escena intacta hasta que por lo menos la evidencia de posición, personas y parte sea recogida.
 - d) Papel: (registros y otros datos históricos): Recopilar procedimientos, estándares, reglas, registros de inspecciones, mantenimiento, capacitación del empleado, comunicaciones, historial de trabajos, permisos de trabajos de alto riesgo, ordenes escritas de trabajo y otras que se consideren pertinentes.
6. El supervisor debe elaborar el reporte preliminar del accidente / incidente ocurrido. Se debe registrar en el reporte el tipo: incidente / accidente o accidente con daño a la propiedad, medio ambiente o al proceso, la unidad / proyecto, el área o sección, el lugar del accidente / incidente, fecha, hora de la ocurrencia, los datos del involucrado y del supervisor que dio la orden de trabajo.
 7. De acuerdo al cuadro de responsabilidades el responsable de la investigación deberá remitir el reporte preliminar al gerente de unidad / superintendente general del proyecto con copia al gerente del programa de seguridad máximo a las dos horas de suscitado el evento.
 8. El gerente del programa de seguridad evaluará el reporte remitido para su envío por el gerente de unidad / superintendente general del proyecto a la presidencia de la corporación (CEO), vice presidencia de operaciones (COO), gerencia general del país, gerencia salud y gerencia corporativa de seguridad a las gerencias, en el caso de accidente grave o mortal, incapacitante o incidente de alto potencial.
 9. El superintendente de servicios médicos / médico del policlínico debe completar el formato respectivo del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (DS 005-2012-TR Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo Anexo 1) y el formato de ESSALUD (Directiva N° 010-GG-ESSALUD-99 Formato N° 1 de "Aviso de Accidentes de Trabajo") en caso sea un incidente con lesión incapacitante.
 10. El responsable de la investigación deberá convocar al equipo de investigación del accidente / incidente de acuerdo al cuadro de responsabilidades.

11. El equipo investigador debe realizar la investigación final del accidente / incidente de acuerdo a la metodología de la causalidad del accidente / incidente técnica de análisis sistemático de causas (TASC) SIG-ANX-DGG05-05-00.

Durante la investigación se debe realizar (análisis de la evidencia) usando la metodología de análisis de causa raíz SIG-PRO-DGG05-03-00:

- a. Listar todas las pérdidas y casi pérdidas en el orden en que ocurrieron.
- b. Listar los eventos / contactos que condujeron a estas pérdidas.
- c. Identificar causas inmediatas (“síntomas”) de cada contacto.
- d. Identifique las causas básicas (“raíz”) de cada causa inmediata (responda a “por qué” existió la causa inmediata).
- e. Identifique las fallas de control del sistema de gestión: sistema inadecuado, estándares inadecuados del sistema o incumplimiento de los estándares.
- f. Desarrolle acciones inmediatas y correctivas:
 - Establecer medidas temporales (“para cerrar la brecha” o “restaurar el orden”); estas usualmente están dirigidas a las causas inmediatas.
 - Las soluciones permanentes eliminarán las causas básicas (“raíz”) de los accidentes.
- g. Establezca estándares: ¿quién tiene que hacer, ¿qué, cuando o con qué frecuencia?
- h. Desarrolle acciones preventivas: Para incidentes, cuasi accidentes de alto potencial de pérdida se debe desarrollar medidas preventivas.
- i. Complete el registro informe final investigación de accidentes / incidentes SIG-REG-DGG05-02-04.
- j. Calcular los costos del accidente / incidente presentado.

12. El responsable de la investigación debe remitir el informe final de la investigación al gerente del programa de seguridad antes de las 48 horas de suscitado el evento.

13. Se debe convocar a una reunión extraordinaria con el comité de seguridad y salud en el trabajo máximo a las 48 de horas de ocurrido un accidente grave o con alto potencial de pérdida, el acta de reunión debe registrarse en el libro del comité de SST.

14. Hacer firmar el informe final de investigación y adjuntar la orden de trabajo, el IPERC continuo, check list de la labor y manifestación de los testigos u otro documento que se requiera.

15. Luego de culminada la investigación y recorrido de firmas el responsable de la investigación debe presentar al área de seguridad la siguiente documentación (el área deberá mantener una copia original de la documentación del accidente / incidente): DNV-HOCHSCHILD

3.5.2.1. Accidente leves, daño a la propiedad e incidentes

- Reporte preliminar de accidentes / incidentes.
- Registro informe final de investigación del accidente / incidentes SIG-REG-DG05-02-04 con las firmas completas.
- Informe de investigación en word.
- Presentación en power point.
- Declaraciones de los testigos (mínimo dos).
- Orden de trabajo.
- Check list de la labor.
- IPERC continuo.DNV-HOCHSCHILD

3.6. Técnicas de análisis de datos

El proceso de “técnica de análisis de datos” se realiza con la finalidad de determinar mediante análisis del incidente de alto potencial, para lograr minimizar este tipo de eventos no deseados.

En cuanto a la investigación del incidente, se determinara las causas básicas, que proporcionaron para llegar al evento no deseado.

Cabe mencionar que se tomaron datos para la investigación en el CX 1870 de la U.O. Pallancata, donde ocurrió el incidente de alto potencial, con caída de rocas.

3.6.1. Técnicas de análisis de datos para la investigación del incidente de alto potencial CX 1870 U.O. Pallancata

3.6.1.1. Flujograma para la investigación de incidentes/accidentes



Figura 39: Flujograma para la investigación del incidente/

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.2. Incidente de alto potencial con desprendimiento de roca en el CX 1870

En la siguiente fotografía, se muestra el desprendimiento de roca en el CX 1870-RANICHICO

Que tiene como consecuencia daños al proceso.

Cabe mencionar que la fotografía se tomo minutos después de que ocurriera el incidente de alto potencial, momentos antes el trabajador realizo lo siguiente:

- Coloco una cuerda forrada de color rojo para que nadie ingresara.
- El trabajador reportó el incidente a su jefe de guardia y a la vez al supervisor de seguridad de la E.C. IESA.

El supervisor de seguridad E.C. IESA. Comunica por radio a seguridad compañía.



Figura 40: Imagen tomada después del incidente CX 1870

Fuente: Elaboración propia

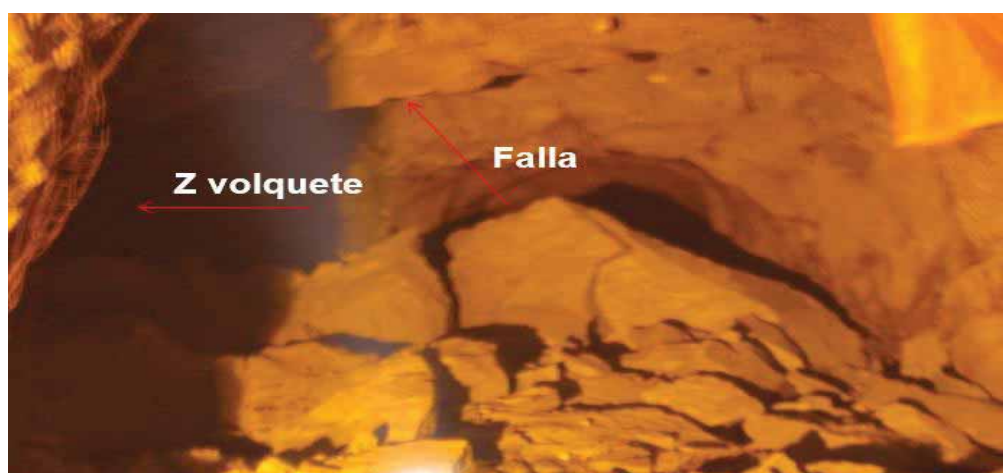


Figura 41: Descripción del desprendimiento de roca

Fuente: Elaboración propia

Se ingresa al lugar del incidente se toma fotografías y empieza la investigación del incidente.

- Se toman fotografías
- Se toma la manifestación de los colaboradores responsables del CX 1870, en el lugar.
- Se verifico el Check list de labor y el IPERC.
- Y se bloque la zona para que nadie ingrese.

3.6.2. Manifestación sobre el incidente de alto potencial suscitado en CX1870

1. Indique su nombre y documento de Identidad:

LUIS FERNANDO CENTENO ALHUAY

DNI : 70326649

2. Indique su Edad :

21 años

3. Indique en que empresa labora y el cargo que desempeña:

IESA S.A. desempeño el cargo de PERFORISTA.

4. Indique tiempo de experiencia en la Empresa y tiempo de experiencia en Minería:

Tiempo de experiencia en IESA tengo 2 años y 2 meses

Experiencia en mina 2 años 2 meses.

5. ¿Cómo y con quien coordinas tus trabajos antes de iniciar el turno de trabajo, recibes orden de trabajo?

Coordino los trabajos a realizarse durante la guardia con el capataz y con mi jefe de guardia.

6. Describa ¿Qué ocurrió antes del evento?

El supervisor Luis quiñones a primera hora me ordeno a realizar el desatado, de la conexión de z scoop y z volquete de la cámara de carguío en el cx 1870 charo, para que el scoop realice la limpieza

7. Describa ¿Como sucede el evento?

Aproximadamente a las 02:00am en momentos que nos encontrábamos juntamente con mi ayudante cortando la malla sobresaliente en el hastial izquierdo a 20 metros aproximadamente atrás de la cámara de carguío, en esas circunstancias se desprende una cuña longitudinal de la corona del CX-1870 y el “z” volquete, aproximadamente de una longitud de 18x4x3 metros.

8. Describa ¿Qué se suscitó después del evento?

Bloqueamos la zona y comunicamos a la supervisión de IESA y Cía. para su evaluación.

9. ¿Por qué crees que ocurrió el evento?

Se desprendió por la presencia de falla por que justamente cruzaba de forma transversal a la labor una falla de gran longitud, lo cual no ha sido identificado con anterioridad.

10. ¿Qué crees que se debería hacer para evitar este tipo de eventos?

Se debería hacer mapeos geomecánica todos los días sobre todo en las labores de riesgo con desprendimiento de rocas para identificar el tipo de roca y el comportamiento del macizo rocoso.

11. ¿Tienes algo más que agregar?

No es todo lo que puedo decir.

LUIS FERNANDO CENTENO ALHUAY

DNI : 70326649

El supervisor de seguridad E.C. IESA. Realiza antes de retirarse de la zona un grafico manual de la zona para luego hacerlo en el plano topográfico en oficina.

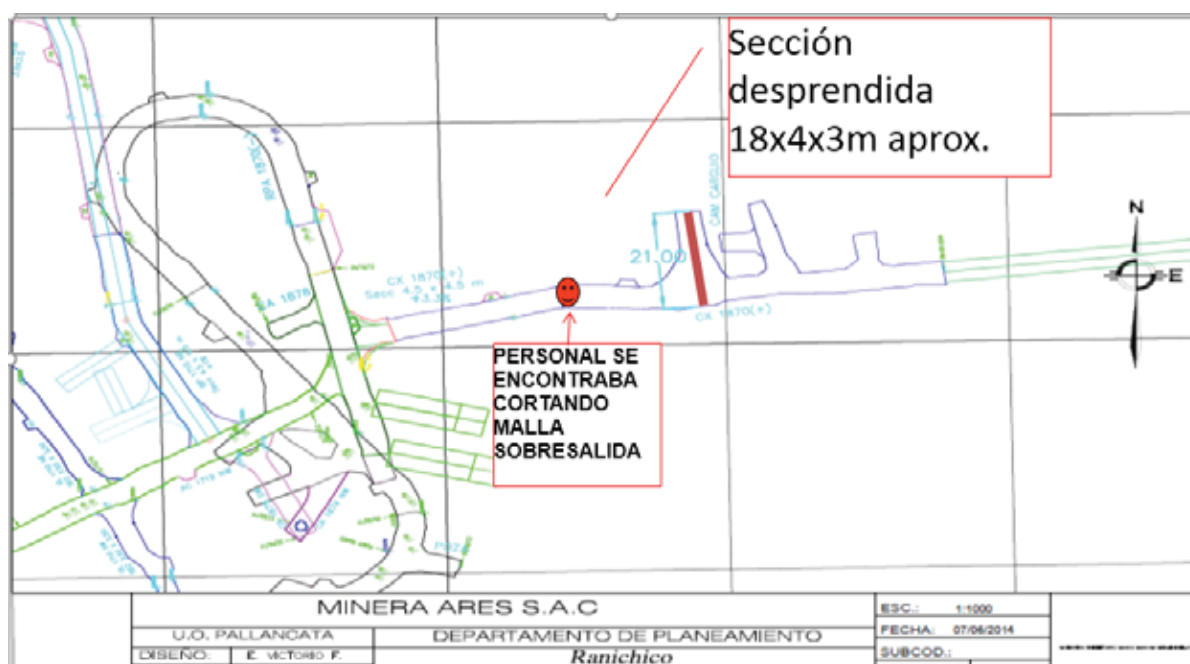


Figura 42: Plano de ubicación del incidente

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Flash report

El supervisor debe elaborar el reporte preliminar del accidente / incidente ocurrido. Se debe registrar en el reporte el tipo: incidente / accidente o accidente con daño a la propiedad, medio ambiente o al proceso, la unidad / proyecto, el área o sección, el lugar del accidente / incidente, fecha, hora de la ocurrencia, los datos del involucrado y del supervisor que dio la orden de trabajo.

De acuerdo al cuadro de responsabilidades el responsable de la investigación deberá remitir el reporte preliminar al gerente de unidad / superintendente general del proyecto con copia al gerente del programa de seguridad máximo a las dos horas de suscitado el evento.

Tabla 26: Reporte preliminar de accidentes/ incidentes de alto potencial

HOCHSCHILD MINING																
SIG-REG-DGG05-04-03																
REPORTE PRELIMINAR DE ACCIDENTES / INCIDENTES DE ALTO POTENCIAL																
DATOS DEL EVENTO																
ACCIDENTE <input type="checkbox"/>	DAÑO A LA PROPIEDAD <input type="checkbox"/>															
INCIDENTE <input checked="" type="checkbox"/>	ACCIDENTE COM <input type="checkbox"/> DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE <input type="checkbox"/>															
	<input checked="" type="checkbox"/> DAÑOS AL PROCESO															
	<input type="checkbox"/> ENFERMEDAD OCUPACIONAL															
LUGAR: CX 1870 RANICHICO	Fecha: 07/06/2014 Hora: 07:00 A.M.															
DATOS DEL INVOLUCRADO Y DEL SUPERVISOR INMEDIATO																
Involucrados	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Apellido Paterno</th> <th>Apellido Materno</th> <th>Nombres</th> <th>Ocupación</th> <th>CIA / E.C.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ALHUAY</td> <td>CENTENO</td> <td>LUIS FERNANDO</td> <td>PERFORISTA</td> <td>IESA S.A.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombres	Ocupación	CIA / E.C.	ALHUAY	CENTENO	LUIS FERNANDO	PERFORISTA	IESA S.A.					
Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombres	Ocupación	CIA / E.C.												
ALHUAY	CENTENO	LUIS FERNANDO	PERFORISTA	IESA S.A.												
Supervisor	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>AGUILAR</td> <td>CHAMBILLA</td> <td>LUIS</td> <td>JEFE DE GUARDIA</td> <td>IESA S.A.</td> </tr> </tbody> </table>	AGUILAR	CHAMBILLA	LUIS	JEFE DE GUARDIA	IESA S.A.										
AGUILAR	CHAMBILLA	LUIS	JEFE DE GUARDIA	IESA S.A.												
BREVE DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE / INCIDENTE																
<p>Aproximadamente a las 02:00am en momentos que el sr: Luis Centeno y su ayudante se encontraban cortando la mallas sobresaliente en el hastial izquierdo a 15 a 20 metros aproximadamente atrás de la cámara de carguío, en esas circunstancias se desprende una cuña longitudinal de la corona del CX-1870 y el "z" volquete, aproximadamente de una longitud de 18x4x3 metros aproximadamente.</p>																
Acciones Correctivas Inmediatas																
1.-Se bloqueo la zona y se comunicó a la supervisión de IESA y Cía. para su evaluación.																

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN HOCHSCHILD MINING - DMY

Fuente: Elaboración propia

3.6.4. El responsable de la investigación deberá convocar al equipo de investigación del accidente / incidente de acuerdo al cuadro de responsabilidades.

para este incidente de alto potencial por desprendimiento de rocas, se va a realizar la investigación juntamente con las áreas involucradas.

3.6.4.1. Clasificación geomecánica del macizo rocoso

Tabla 27: Exploración operativa mina calculada

Registro Geotécnico Cía. Minera Suyamarca SAC.



Sondaje: Fecha: Geólogo: Asistente:

E:	N:		Cota:			Azimut/inclinación:		Espaciamiento			
	Nº	Desde	Hasta	Perf. (m)	Recup (m)	% Recup	RQD (m)	% RQD	Fracturas	Grado Aletración	Resistencia
	1	0.00	2.00	2.00	1.00	50.00	0.00	0.00	F5	A5	R7
	2	2.00	5.00	3.00	1.95	65.00	0.00	0.00	F5	A5	R7
	3	5.00	7.50	2.50	1.70	68.00	0.00	0.00	F5	A5	R7
	4	7.50	10.50	3.00	3.00	100.00	2.80	93.33	F3	A2	R3
	5	10.50	13.50	3.00	2.90	96.67	1.55	51.67	F3	A2	R3
	6	13.50	16.50	3.00	2.95	98.33	2.36	78.67	F3	A2	R3
	7	16.50	19.50	3.00	3.00	100.00	2.69	89.67	F3	A2	R3
	8	19.50	22.50	3.00	3.00	100.00	2.36	78.67	F3	A2	R3
	9	22.50	25.50	3.00	3.00	100.00	1.45	48.33	F4	A3	R4
	10	25.50	28.50	3.00	3.00	100.00	1.90	63.33	F4	A3	R4
	11	28.50	31.50	3.00	2.95	98.33	1.45	48.33	F4	A3	R4
	12	31.50	34.50	3.00	2.90	96.67	2.08	69.33	F4	A3	R4
	13	34.50	37.50	3.00	2.95	98.33	0.96	32.00	F4	A3	R4
	14	37.50	40.50	3.00	2.95	98.33	1.85	61.67	F4	A3	R4
	15	40.50	43.50	3.00	2.95	98.33	1.55	51.67	F3	A2	R3
	16	43.50	46.50	3.00	2.95	98.33	2.05	68.33	F3	A2	R3
	17	46.50	49.50	3.00	2.95	98.33	2.55	85.00	F3	A2	R3
	18	49.50	52.50	3.00	2.90	96.67	2.70	90.00	F3	A2	R3
	19	52.50	55.50	3.00	3.00	100.00	2.25	75.00	F3	A2	R3
	20	55.50	58.50	3.00	2.95	98.33	2.70	90.00	F3	A2	R3
	21	58.50	61.50	3.00	2.90	96.67	2.77	92.33	F3	A2	R3
	22	61.50	64.50	3.00	2.95	98.33	2.68	89.33	F3	A2	R3
	23	64.50	67.50	3.00	2.95	98.33	2.72	90.67	F3	A2	R3
	24	67.50	70.50	3.00	3.00	100.00	2.75	91.67	F3	A2	R3
	25	70.50	73.50	3.00	2.95	98.33	2.84	94.67	F3	A2	R3
	26	73.50	76.50	3.00	2.90	96.67	2.35	78.33	F3	A2	R3
	27	76.50	79.50	3.00	2.95	98.33	2.77	92.33	F3	A2	R3
	28	79.50	82.50	3.00	3.00	100.00	2.78	92.67	F3	A2	R3
	29	82.50	85.50	3.00	3.00	100.00	2.68	89.33	F3	A2	R3
	30	85.50	88.50	3.00	3.00	100.00	2.37	79.00	F3	A2	R3
	31	88.50	91.50	3.00	3.00	100.00	1.60	53.33	F4	A3	R4
	32	91.50	94.50	3.00	2.95	98.33	1.00	33.33	F4	A3	R4
	33	94.50	97.50	3.00	3.00	100.00	0.20	6.67	F4	A3	R4
	34	97.50	100.50	3.00	2.98	99.33	1.05	35.00	F4	A3	R4
	35	100.50	103.50	3.00	3.00	100.00	0.90	30.00	F4	A3	R4
	36	103.50	106.50	3.00	2.96	98.67	1.40	46.67	F4	A3	R4
	37	106.50	109.50	3.00	2.98	99.33	2.30	76.67	F4	A3	R4
	38	109.50	112.50	3.00	3.00	100.00	1.40	46.67	F4	A3	R4
	39	112.50	115.50	3.00	3.00	100.00	1.00	33.33	F4	A3	R4
	40	115.50	118.50	3.00	2.96	98.67	1.00	33.33	F4	A3	R4
	41	118.50	121.50	3.00	2.98	99.33	0.50	16.67	F4	A3	R4
	42	121.50	124.50	3.00	2.98	99.33	0.90	30.00	F4	A3	R4
	43	124.50	127.50	3.00	3.00	100.00	0.30	10.00	F4	A3	R4
	44	127.50	130.50	3.00	2.96	98.67	0.36	12.00	F4	A3	R4
	45	130.50	133.50	3.00	2.96	98.67	0.26	8.67	F4	A3	R4
	46	133.50	136.50	3.00	2.96	98.67	2.46	82.00	F4	A3	R4
	47	136.50	139.50	3.00	3.00	100.00	1.30	43.33	F4	A3	R4
	48	139.50	142.50	3.00	2.98	99.33	1.35	45.00	F4	A3	R4
	49	142.50	145.50	3.00	2.95	98.33	0.80	26.67	F4	A3	R4
	50	145.50	148.50	3.00	3.00	100.00	1.20	40.00	F3	A1	R2

51	148.50	151.50	3.00	0.98	32.67	1.80	60.00	F3	A1	R2
52	151.50	154.50	3.00	3.00	100.00	1.95	65.00	F3	A1	R2
53	154.50	157.50	3.00	2.98	99.33	1.40	46.67	F3	A1	R2
54	157.50	160.50	3.00	2.98	99.33	2.40	80.00	F3	A1	R2
55	160.50	163.50	3.00	3.00	100.00	2.30	76.67	F3	A1	R2
56	163.50	166.50	3.00	2.96	98.67	1.30	43.33	F3	A1	R2
57	166.50	169.50	3.00	2.98	99.33	1.60	53.33	F3	A1	R2
58	169.50	172.50	3.00	3.00	100.00	1.90	63.33	F3	A1	R2
59	172.50	175.50	3.00	3.00	100.00	2.30	76.67	F3	A1	R2
60	175.50	178.50	3.00	2.98	99.33	1.50	50.00	F3	A1	R2
61	178.50	181.50	3.00	2.95	98.33	1.80	60.00	F3	A1	R2
62	181.50	184.50	3.00	3.00	100.00	2.40	80.00	F3	A1	R2
63	184.50	187.50	3.00	1.95	65.00	2.10	70.00	F3	A1	R2
64	187.50	190.50	3.00	3.00	100.00	2.00	66.67	F3	A1	R2
65	190.50	193.50	3.00	3.00	100.00	2.20	73.33	F3	A1	R2
66	193.50	196.50	3.00	2.95	98.33	2.30	76.67	F3	A1	R2
67	196.50	199.50	3.00	2.98	99.33	2.00	66.67	F3	A1	R2
68	199.50	202.50	3.00	2.98	99.33	1.30	43.33	F3	A1	R2
69	202.50	205.50	3.00	2.95	98.33	1.70	56.67	F3	A1	R2
70	205.50	208.50	3.00	2.95	98.33	1.50	50.00	F3	A1	R2
71	208.50	211.50	3.00	3.00	100.00	2.05	68.33	F3	A1	R2
72	211.50	214.50	3.00	2.95	98.33	1.40	46.67	F3	A1	R2
73	214.50	217.50	3.00	2.96	98.67	0.30	10.00	F3	A1	R2
74	217.50	220.50	3.00	3.00	100.00	1.40	46.67	F3	A1	R2
75	220.50	221.50	1.00	1.00	100.00	0.40	40.00	F3	A1	R2
76	221.50	224.50	3.00	3.00	100.00	0.90	30.00	F5	A4	R5
77	224.50	225.50	1.00	1.00	100.00	0.00	0.00	F5	A4	R5
78	225.50	227.40	1.90	1.90	100.00	0.00	0.00	F5	A4	R5
79	227.40	228.50	1.10	1.10	100.00	0.20	18.18	F3	A2	R3
80	228.50	229.50	1.00	1.00	100.00	0.30	30.00	F3	A2	R3
81	229.50	231.50	2.00	2.00	100.00	0.40	20.00	F3	A2	R3
82	231.50	234.50	3.00	3.00	100.00	1.60	53.33	F3	A2	R3
83	234.50	237.50	3.00	3.00	100.00	0.80	26.67	F3	A2	R3
84	237.50	240.50	3.00	3.00	100.00	0.80	26.67	F3	A2	R3
85	240.50	243.50	3.00	3.00	100.00	1.50	50.00	F3	A2	R3
86	243.50	244.50	1.00	1.00	100.00	0.30	30.00	F3	A2	R3
87	244.50	247.50	3.00	3.00	100.00	0.60	20.00	F3	A2	R3
88	247.50	250.50	3.00	3.00	100.00	1.50	50.00	F3	A2	R3
89	250.50	253.50	3.00	3.00	100.00	1.20	40.00	F3	A1	R2
90	253.50	256.50	3.00	3.00	100.00	1.30	43.33	F3	A1	R2
91	256.50	259.50	3.00	3.00	100.00	1.50	50.00	F3	A1	R2
92	259.50	262.50	3.00	3.00	100.00	1.10	36.67	F3	A1	R2
93	262.50	265.50	3.00	3.00	100.00	1.00	33.33	F3	A1	R2
94	265.50	268.50	3.00	3.00	100.00	1.90	63.33	F3	A1	R2
95	268.50	271.50	3.00	3.00	100.00	1.30	43.33	F3	A1	R2
96	271.50	274.50	3.00	2.95	98.33	1.90	63.33	F3	A1	R2
97	274.50	277.50	3.00	2.90	96.67	1.00	33.33	F3	A1	R2
98	277.50	280.50	3.00	2.95	98.33	1.10	36.67	F3	A1	R2
99	280.50	283.50	3.00	3.00	100.00	1.20	40.00	F3	A1	R2
100	283.50	286.50	3.00	2.95	98.33	1.40	46.67	F3	A1	R2
101	286.50	289.50	3.00	3.00	100.00	1.40	46.67	F3	A1	R2
102	289.50	292.50	3.00	3.00	100.00	1.90	63.33	F3	A1	R2
103	292.50	295.50	3.00	3.00	100.00	2.10	70.00	F3	A1	R2
104	295.50	298.50	3.00	3.00	100.00	1.10	36.67	F3	A1	R2
105	298.50	301.50	3.00	3.00	100.00	1.30	43.33	F3	A1	R2
106	301.50	304.50	3.00	3.00	100.00	1.20	40.00	F3	A1	R2
107	304.50	307.50	3.00	3.00	100.00	0.80	26.67	F3	A1	R2
108	307.50	310.50	3.00	3.00	100.00	1.40	46.67	F3	A1	R2
109	310.50	313.50	3.00	3.00	100.00	1.70	56.67	F3	A1	R2
110	313.50	316.50	3.00	3.00	100.00	1.90	63.33	F3	A1	R2
111	316.50	319.50	3.00	3.00	100.00	1.60	53.33	F3	A1	R2
112	319.50	320.00	0.50	0.50	100.00	0.30	60.00	F3	A1	R2

113	320.00	322.50	2.50	2.50	100.00	1.50	60.00	F3	A1	R2
114	322.50	325.50	3.00	3.00	100.00	2.40	80.00	F3	A1	R2
115	325.50	328.50	3.00	3.00	100.00	2.05	68.33	F3	A1	R2
116	328.50	331.50	3.00	3.00	100.00	2.00	66.67	F3	A1	R2
117	331.50	334.50	3.00	3.00	100.00	1.90	63.33	F3	A1	R2
118	334.50	337.50	3.00	3.00	100.00	1.70	56.67	F3	A1	R2
119	337.50	340.50	3.00	3.00	100.00	2.10	70.00	F3	A1	R2
120	340.50	343.50	3.00	3.00	100.00	1.55	51.67	F3	A1	R2
121	343.50	346.50	3.00	3.00	100.00	1.55	51.67	F3	A1	R2
122	346.50	349.50	3.00	3.00	100.00	2.10	70.00	F3	A1	R2
123	349.50	352.50	3.00	3.00	100.00	1.80	60.00	F3	A1	R2
124	352.50	355.50	3.00	3.00	100.00	1.70	56.67	F3	A1	R2
125	355.50	358.50	3.00	3.00	100.00	2.40	80.00	F3	A1	R2
126	358.50	361.50	3.00	3.00	100.00	2.40	80.00	F3	A1	R2
127	361.50	364.50	3.00	3.00	100.00	2.25	75.00	F3	A1	R2
128	364.50	367.50	3.00	3.00	100.00	2.00	66.67	F3	A1	R2
129	367.50	370.50	3.00	3.00	100.00	2.20	73.33	F3	A1	R2
130	370.50	373.50	3.00	3.00	100.00	2.45	81.67	F3	A1	R2
131	373.50	376.50	3.00	3.00	100.00	1.40	46.67	F3	A1	R2
132	376.50	379.50	3.00	3.00	100.00	1.40	46.67	F3	A1	R2
133	379.50	382.50	3.00	3.00	100.00	1.20	40.00	F3	A1	R2
134	382.50	385.50	3.00	3.00	100.00	1.20	40.00	F3	A1	R2
135	385.50	388.50	3.00	3.00	100.00	2.00	66.67	F3	A1	R2
136	388.50	391.50	3.00	3.00	100.00	2.10	70.00	F3	A1	R2
137	391.50	394.50	3.00	3.00	100.00	1.80	60.00	F3	A1	R2
138	394.50	397.50	3.00	3.00	100.00	1.20	40.00	F3	A1	R2
139	397.50	400.50	3.00	3.00	100.00	2.10	70.00	F3	A1	R2
140	400.50	403.50	3.00	3.00	100.00	1.80	60.00	F3	A1	R2
141	403.50	406.50	3.00	3.00	100.00	2.40	80.00	F3	A1	R2
142	406.50	409.50	3.00	3.00	100.00	1.80	60.00	F3	A1	R2

Fuente: Elaboración propia

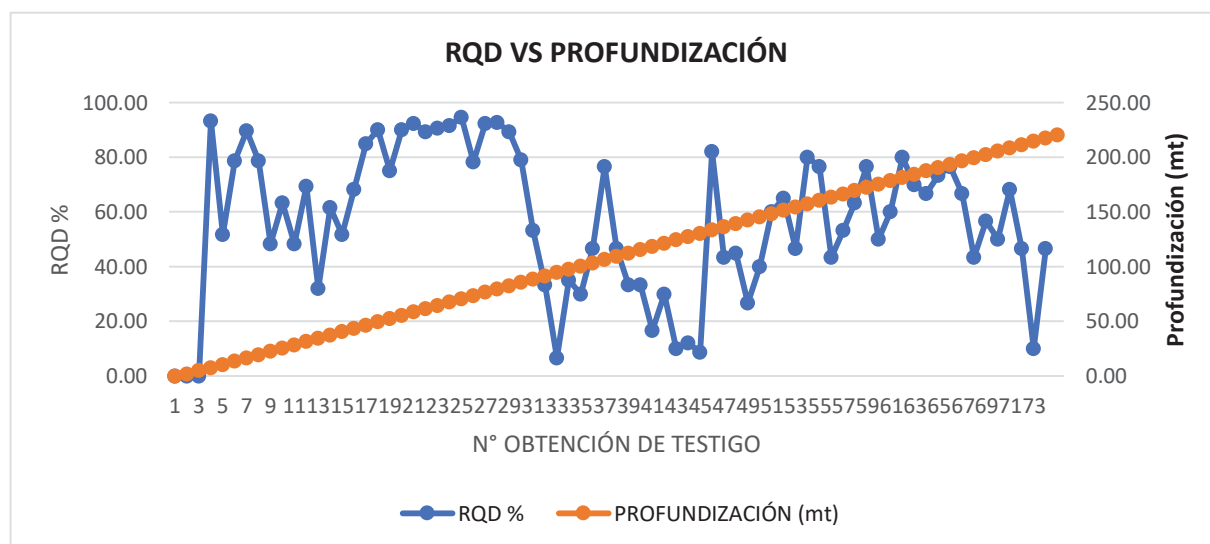


Figura 43: comportamiento del RQD en el CX 1870

Fuente: Elaboración propia

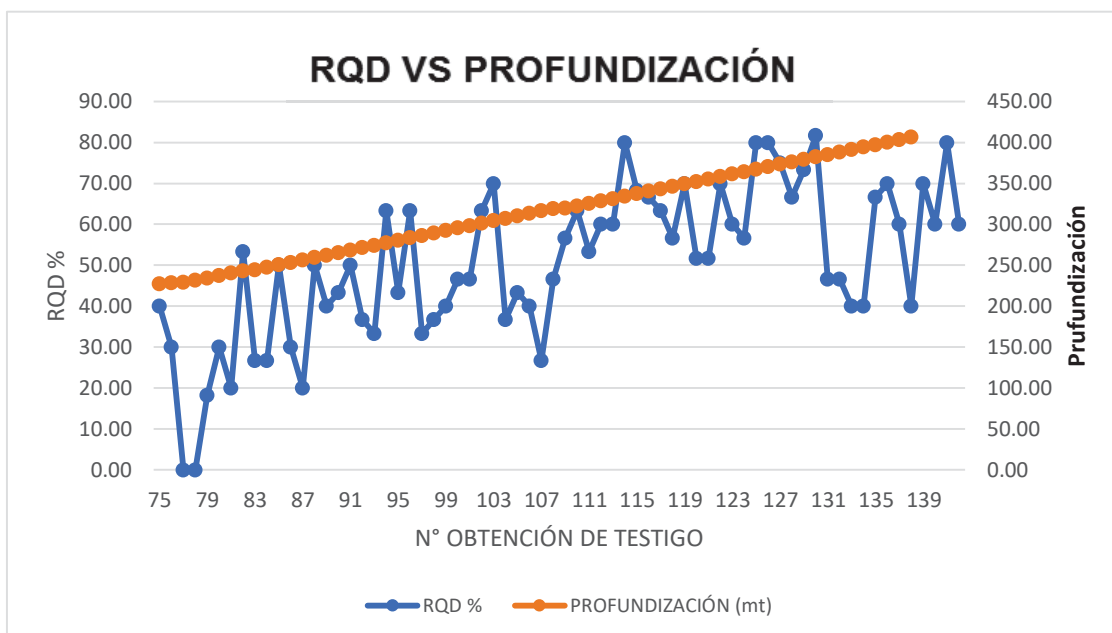


Figura 44: comportamiento del RQD en el CX 1870

Fuente: Elaboración propia

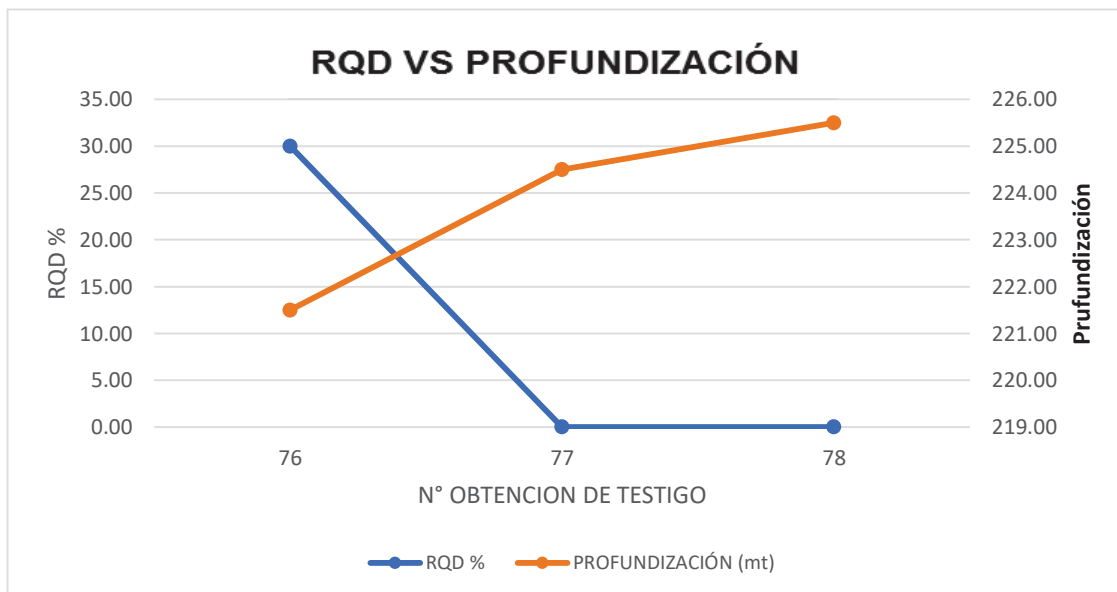


Figura 45: comportamiento del RQD en zona de derrumbe CX 1870

Fuente: Elaboración propia

3.6.5. Índice de designación de calidad de la roca (Rock Quality Designation)

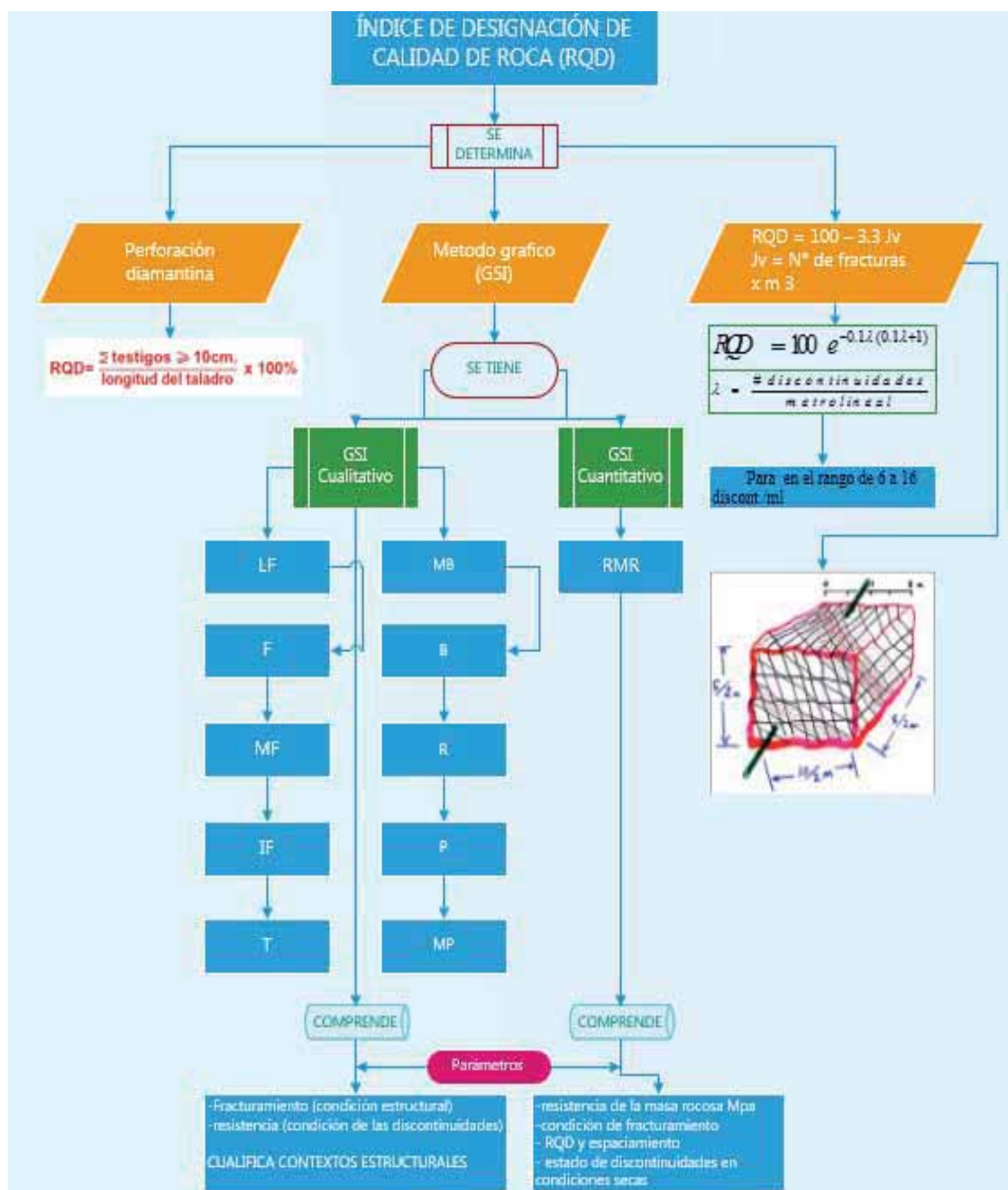


Figura 46: Flujograma del índice de designación de calidad de roca

Fuente: Elaboración propia

3.6.5.1. Calculo para la valoración del índice de designación de calidad rocosa RQD

Se pueden determinar a partir de las perforaciones diamantinas como se tiene en la tabla.

El RQD es el % de trozos de testigos mayores o iguales a 10 cm, de la longitud del taladro. VER tabla tramo de perforacion 76

$$\text{RQD} = \frac{\sum \text{testigos} \geq 10\text{cm.}}{\text{longitud del taladro}} \times 100\%$$

$$\text{RQD} = (\text{RQD}(\text{mt}) / \text{Perf}(\text{mt})) * 100\%$$

$$\text{RQD} = (0.9/3) * 100$$

$$\text{RQD} = 30\%$$

3.6.5.2. Cálculo para el % recuperado en la perforación (tabla)

$$\% \text{ Recup} = (\text{Recup} (\text{mt}) / \text{Perf} (\text{mt})) * 100\%$$

$$\% \text{ Recuperado} = (1.00\text{mt} / 2.00\text{mt}) * 100$$

$$\% \text{ recuperado} = 50.00 \%$$

3.6.5.3. Utilizando el software de Geotable hallaremos el RQD para el tramo de derrumbe (76) VER TABLA exploración operativa mina

Tabla 28: Calculo de RQD software Geotable

Fuente: Geotable

Tabla 29: Recomendación de fortificación para el sostenimiento según Deere

Mala RQD entre 25 y 50	Topo	Marcos circulares medios, de 3 a 4 pies de separación. Peso de roca (1.0 a 1.6)B	Según una malla de 3 a 5 pies	6 pulgadas o más en clave y paredes, combinado con pernos
	Convencional	Marcos medios a pesados, de 2 a 4 pies de separación. Peso de roca (1.3 a 2.0)B	Según una malla de 2 a 4 pies	6 pulgadas o más en clave y paredes, combinado con pernos

Fuente: (Deere & Deere, 1988)

3.6.6. Criterio RMR (valoración del macizo rocoso) de bieniawski (1989)

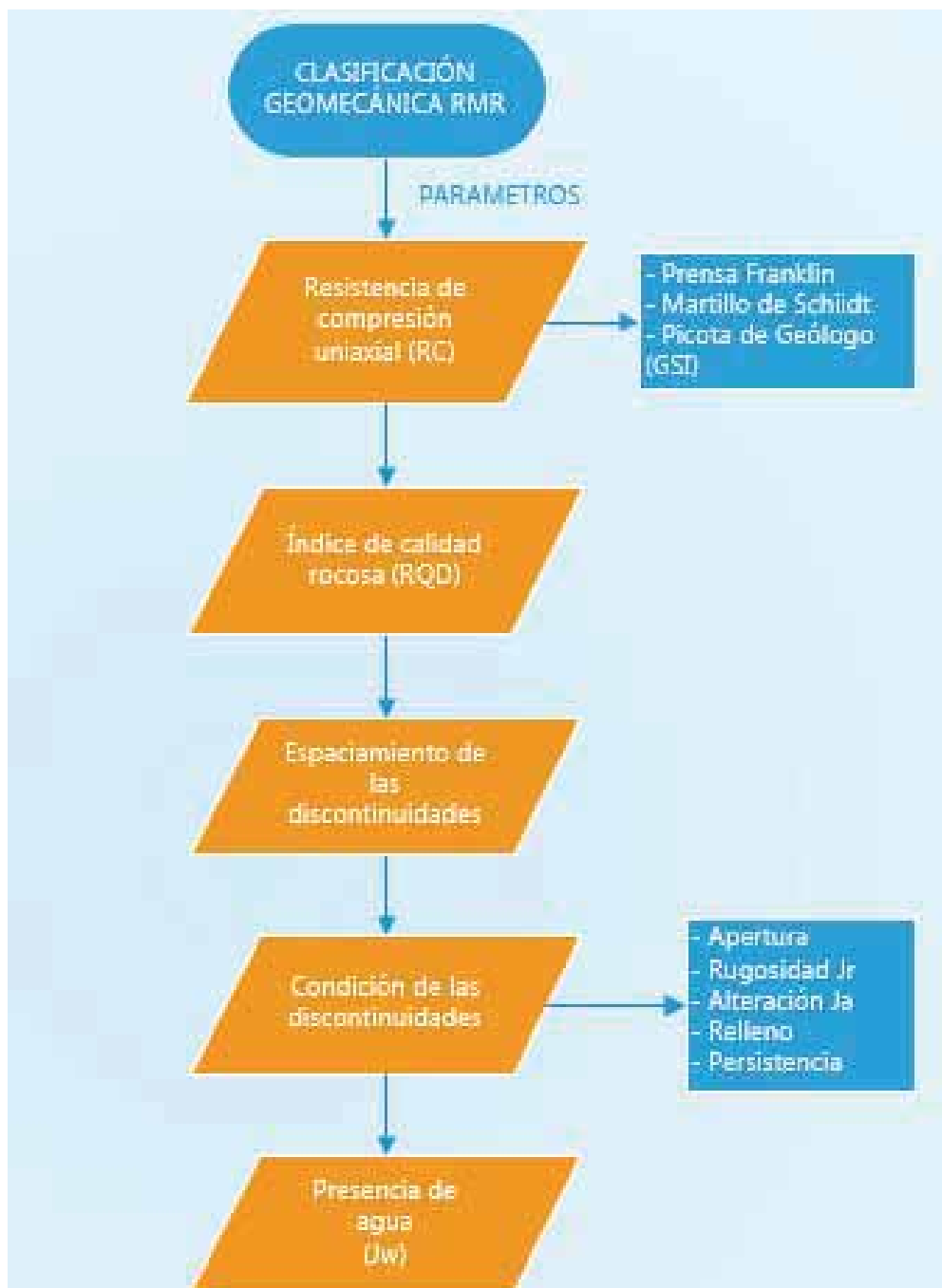


Figura 47: Flujograma para la valoración del macizo rocoso
Fuente: Elaboración propia

3.6.6.1. Cálculo del macizo rocoso RMR con tabla de valoración

Tabla 30: Valoración para las discontinuidades

Espaciamiento Discontinuidades			Grado de Alteración		Resistencia (Mpa)	
F1	Masiva	> 2.0 m	A1	Inalterada	R1	Extr. Dura >250
F2	Lig. Fract.	0.6 - 2.0	A2	Lig. Alter.	R2	Muy Dura 100 - 250
F3	Fractur	0.2 - 0.6	A3	Alterada	R3	Dura 50 - 100
F4	Muy Fractur.	0.06 - 0.20	A4	Muy Alter.	R4	Med. Dura 25 - 50
F5	Triturada	<0.06	A5	Descomp.	R5	Blanda 5 - 25
					R6	Muy Blanda 1 - 5
					R7	Extr. Blanda 0.25 - 1

Fuente: Departamento de geología

Datos:

1. Resistencia a la compresión .
2. RQD
3. El espaciamiento de las discontinuidades.
4. La condición de las discontinuidades, referidas a la persistencia, apertura, rugosidad, relleno y meteorización.
5. Presencia de agua.
6. Orientación de las discontinuidades

Para la clasificación del RMR de Bieniawski (1989), utilizaremos el programa de Geotable, algunos datos se utilizarán de la tabla y los demás del índice de referencia geológica GSI.

a. Datos de la obtención de los testigos

- Resistencia compresiva (Rc)R5
- RQD.....30.0 %
- Alteración o meteorización(Ja).....A4
- Espaciamiento discontinuidades.....F5

b. Datos obtenidos de campo, de las condiciones de las discontinuidades

- Persistencia.....>20mt
- Apertura> 5 mm
- Rugosidad (Jr)Liso
- RellenoRelleno suave > 5mm
- Presencia de agua(Jw)Húmedo o mojado

3.6.6.2. Tabla de valoración para hallar el RMR

Tabla 31: Valoración del macizo rocoso

VALORCIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN BIENIAWSKI																	
parámetro		rango para realizar valoraciones para el macizo rocoso															
resist. compr. uniaxial	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	5.0 - 25	2	1 - 5MPa	1	< 1MPa	0			
	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	rating rmr 20						
espaciamiento (mt)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5							
	< 1M	6	1 - 3mt	4	3 - 10mt	2	10 - 20 mt	1	> 20 mt	0							
condición de la juntas	PERSISTENCIA	6	< 0.1 mm	5	0.1 - 1.0 mm	4	1 - 5 mm	1	> 5 mm	0							
	APERTURA	6	Rugosa	5	Mod. Rugosa	3	Lisa	1	Pulido	0							
	RUGOSIDAD	6	R.Duro < 5 mm	4	R.Duro > 5 mm	2	R. Suave < 5mm	1	R. Suave > 5mm	0							
	RELLENO	6	Ninguno	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2					Descompuesta	0	
ALTERACION	6	Inalterado	6	Lig. Humedo	10	Humedo mojado	7	Goteando	4	Fluyendo					0		
agua subterránea	Seco	15															
resultado de valoraciones		2	8	5	1	0	0	0	2	7							

corrección por orientación de las discontinuidades							rating
rumbo perpendicular al eje	a favor del bz	45 - 90	0	20 - 45	-2		-5
	en contra del bz	45 - 90	-5	20 - 45	-10		
rumbo paralelo al eje del tunel		45 - 90	-12	20 - 45	-5	0 - 20	

clase de masa rocosa determinadas por las valoraciones totales					
descripción	Roca Muy Buena	Roca Buena	Roca Regular	Roca Mala	Roca Muy Mala
valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21
número de clase	I	II	III	IV	V

Fuente: Adecuado a (Bieniawski, 1974)

Tabla 32: Interpretación de los valores de RMR, (Bieniawski, 1974)

Descripción	RMR	Clase de Macizo Rocosos
Roca Muy Buena	81-100	I
Roca Buena	61-80	II
Roca Regular	41-60	III
Roca Mala	21-40	IV
Roca Muy Mala	0-20	V

Fuente: (Bieniawski, 1974)

3.6.6.3. Cálculo del macizo rocoso RMR aplicando el software Geotable

Tabla 33: Cálculo para la valoración del macizo rocoso software Geotable

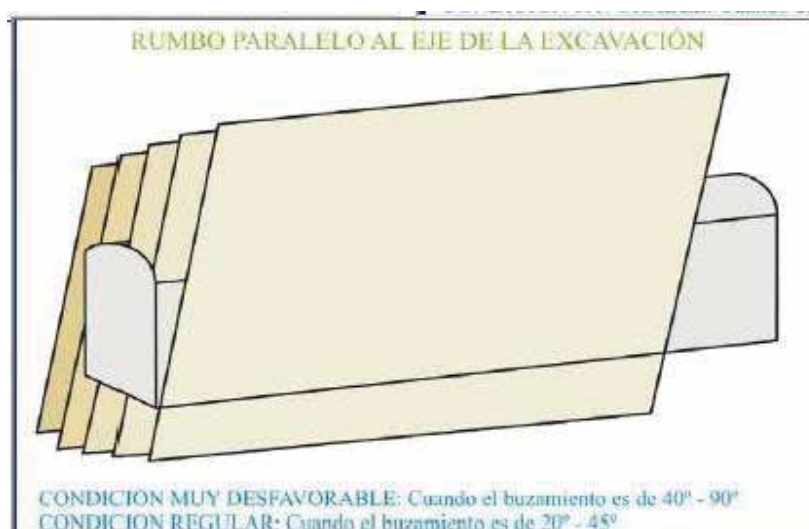
The screenshot shows the 'Clasificaciones Geomecánicas' software interface. The main window is titled 'Rock Mass Rating (Calidad del Macizo Rocosos)'. It features several sections for data entry:

- Resistencia de la Roca Intactada:** Includes 'Índice de Carga Puntual (MPa)' with radio buttons for >10MPa, 4-10MPa, 2-4MPa, and <2MPa. 'Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)' has radio buttons for >250MPa, 100-250MPa, 50-100MPa, 25-50MPa, 5-25MPa, 1-5MPa, and <1MPa. A 'Rating' field shows the value 2.
- ROD (Índice de calidad de la roca):** A dropdown menu is set to '25-50' with a '%' symbol. A 'Rating' field shows 8 and a 'Calcular' button.
- Espaciamiento de discontinuidades:** A dropdown menu is set to '<100mm' with a 'Ver Gráfico' button. A 'Rating' field shows 5.
- Condición de discontinuidades:** Includes 'Persistencia' (>20m), 'Apertura' (>5mm), 'Rugosidad' (Liso), 'Relleno' (Relleno suave >5m), and 'Meteorización' (muy alterado). A 'Rating' field shows 2.
- Presencia de agua:** Includes 'Caudal en 10m Nivel (l/min)' (10-25), 'Gw/G3 (Presión del agua/estruzo principal)' (0.1-0.2), and 'Estado' (Húmedo o mojado). A 'Rating' field shows 7.
- Corrección por orientación de las discontinuidades:** Includes 'Rumbo perpendicular al eje' (A favor del Buzamiento), 'Rumbo paralelo al eje del túnel' (20-45), and radio buttons for 'Túnel o minas', 'Cimentaciones', and 'Taludes'. A 'Rating' field shows -5.

At the bottom right, there is a 'Calcular' button, a 'Rating' field showing the final result of 19, and a 'Ver reporte' button. A 'Limpiar' button is also present.

Fuente: (Bieniawski, 1974)

Tabla 34: Orientación de la excavación vs buzamiento de la falla



Fuente: (Bieniawski, 1974)

Tabla 35: Recomendación para el RMR determinado

Reporte RMR

RMR 19

Clase de masa rocosa determinadas por las valoraciones totales

Valoración	< 21
Número de clase	V
Descripción	Roca muy mala

Significado de las clases de rocas

Número de clase	V
Tiempo de auto sostenimiento	30 minutos span 1 m
Cohesión de la masa rocosa KPa	< 100
Ángulo de fricción de masa rocosa	< 15°

Pautas para la excavación y sostenimiento de un túnel rocoso de 10 m de ancho de acuerdo con el sistema RMR

CLASE DE MASA ROCOSA	EXCAVACION	PERNOS DE ROCA (26 MM DE DIAMETRO, COMPLETAMENTE INYECTADOS)	SHOTCRETE	CIMBRAS
V - Roca muy mala RMR: < 20	Galería múltiples 0.5 - 1.0 m de avance en el socavón de tope Instalar el sostenimiento con el avance de la excavación. Shotcrete tan pronto como sea posible después de la voladura.	Pernos sistemáticos de 5 - 6 m de longitud espaciados 1 - 1.5 m en la corona y en las paredes. Pernos en el piso	150 - 200 mm en la corona, 150 mm en las paredes y 50 mm en el frente	Arcos medianos a pesados espaciados a 0.75 m con encostillado de acero y marchavantes de ser necesario. Cerrar la sección (invert)

Salir
Ver gráfico de tiempo de sostenimiento

Fuente: (Bieniawski, 1974)

Tabla 36: Cartilla geomecánica para determinar el tiempo de autosostenimiento usado en mina



Fuente: Departamento de geomecánica

3.6.7. Clasificación geomecánica Q de Barton

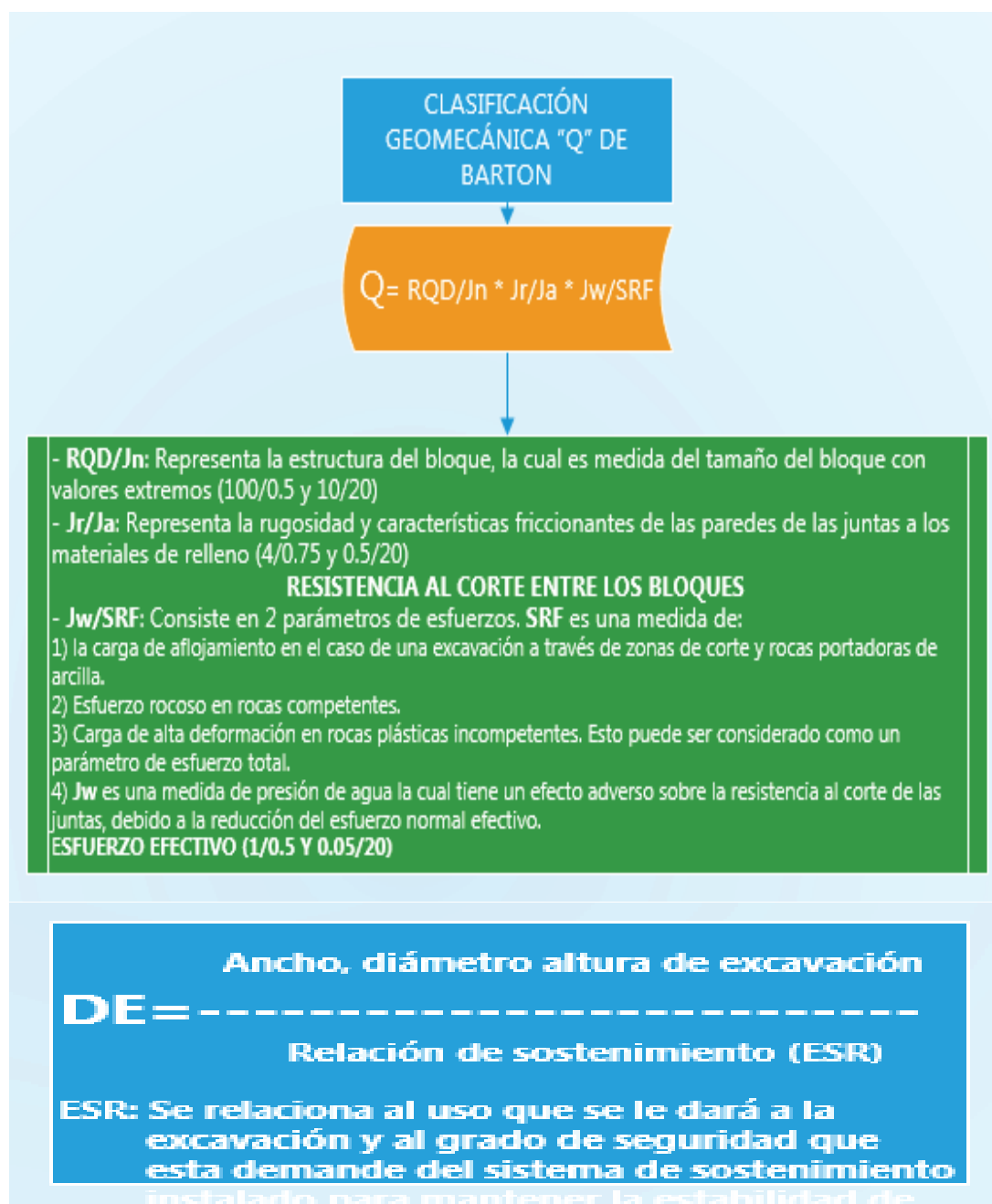


Figura 48: Flujograma para la clasificación geomecánica Q de Barton

Fuente: Elaboración propia

3.6.7.1. Calculo aplicando el sistema de clasificación Q de Barton

Los sistemas de clasificacion RMR Y Q de Barton, tienen algunos parámetros diferentes. Por ello complementan para la correcta evaluación.

Ecuación (Barton N. , 1974)

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

Donde:

J_n : Joint set number, índice de diaclasado que tiene en cuenta el número de sistemas o familias de las juntas.

J_r : Joint roughness number, índice de rugosidad de las juntas

J_a : Joint alteration number, índice de alteración de las juntas.

J_w : Joint water reduction factor, factor de reducción por presencia de agua en las juntas.

SRF : Stress reduction factor, factor de reducción por esfuerzos.

(RQD/ J_n): Tamaño de bloques

(J_r / J_a): Resistencia al corte entre los bloques.

(J_w / SRF): Esfuerzo activo

Tabla 37: Número de fallas de Jn

2. NUMERO DE FALLAS DE JUNTAS	Jn
A. Masivo, con ninguna o pocas juntas	0.5 - 1.0
B. Un sistema de juntas	2
C. Un sistema de juntas más juntas aleatorias	3
D. Dos sistemas de juntas	4
E. Dos sistemas de juntas más juntas aleatorias	6
F. Tres sistemas de juntas	9
G. Tres sistemas de juntas más juntas aleatorias	12
H. Cuatro o más sistemas de juntas, juntas aleatorias, fracturamiento severo tipo "cubos de azúcar", etc.	15
I. Rocas trituradas, material terroso	20

Fuente: (Barton N. , 1974)

Tabla 38: Número de rugosidad de las juntas

3. NUMERO DE RUGOSIDAD DE LAS JUNTAS	Jr
<i>a. Paredes rocosas en contacto</i>	
<i>b. Paredes rocosas en contacto antes de 10 cm de corte</i>	
A. Juntas discontinuas	4
B. Rugosos e irregular, ondulado	3
C. Liso ondulado	2
D. Espejos de falla ondulado	1.5
E. Rugoso e irregular planar	1.5
F. Liso, planar	1.0
G. Espejo de falla, planar	0.5
<i>c. Paredes rocosas sin contacto cuando se ha producido el corte.</i>	
H. Zona conteniendo minerales arcillosos, de espesor suficiente para prevenir el contacto de las paredes rocosas	1.0 (nominal)
I. Zona arenosa, gravosa o triturada, de espesor suficiente para prevenir el contacto de las paredes rocosas.	1.0 (nominal)

Fuente: (Barton N. , 1974)

Tabla 39: Número de alteraciones de las juntas

4. NUMERO DE ALTERACION DE LAS JUNTAS	Ja
<i>a. Paredes rocosas en contacto</i>	
A. Escaso recubrimiento, relleno, endurecido e impermeable.	0.75
B. Juntas con paredes no alteradas, solo con coloración superficial.	1.0
C. Juntas con paredes ligeramente alteradas, capas de mineral no blandas, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla.	2.0
D. Capas de limo o arcillas arenosas, pequeñas fracciones de arcilla (no blandos).	3.0
E. Capas de materiales arcillosos blandos o de baja fricción es decir caolinita, mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. y pequeñas cantidades de arcillas turgentes (capas discontinuas, 1-2 mm o menos de espesor.	4.0
<i>b. Paredes rocosas en contacto antes de 10 cm de corte</i>	
F. Partículas arenosas, libre de arcilla, roca desintegrada, etc.	4.0
G. Relleno de mineral de arcilla fuertemente sobreconsolidado, no blando (continuo, < 5 mm de espesor)	6.0
H. Relleno de mineral arcilloso de media a baja sobreconsolidación, blando (continuo, < 5 mm de espesor).	8.0

Fuente: (Barton N. , 1974)

Tabla 40: Reducción de agua en las juntas

5. REDUCCION DE AGUA EN LAS JUNTAS	Jw
A. Excavaciones secas o flujo pequeño, es decir <5 lt/min, localmente.	1.0
B. Flujo o presión media, lavado ocasional del relleno de las juntas.	0.66
C. Grandes flujos o presión alta en roca competente con juntas sin relleno	0.5
D. Grandes flujos o altas presiones.	0.33
E. Flujo excepcionalmente alto o presiones en la voladura, decayendo con el tiempo.	0.2 - 0.1
F. Flujo excepcionalmente alto o presión continua sin disminución.	0.1 - 0.05

Fuente: (Barton N. , 1974)

Tabla 41: Factor de reducción de esfuerzo

6. FACTOR DE REDUCCION DE ESFUERZOS	SRF
<i>a. Zonas de debilidad que intersectan la excavación, las cuales pueden causar el aflojamiento del macizo rocoso cuando se excava el túnel.</i>	
A. Ocurrencia múltiples de zonas de debilidad conteniendo arcillas o roca químicamente desintegrada, muy aflojada en los alrededores (a cualquier profundidad).	10.0
B. Zonas simples de debilidad conteniendo arcillas o roca químicamente desintegrada (profundidad de la excavación < 50 m).	5.0
C. Zonas simples de debilidad conteniendo arcillas o roca químicamente desintegrada (profundidad de la excavación > 50 m).	2.5
D. Zonas múltiples de corte en roca competente (libre de arcilla), aflojamiento de la roca en los alrededores (a cualquier profundidad).	7.5
E. Zonas simples de corte en roca competente (libre de arcillas), profundidad de la excavación < 50 m).	5.0
F. Zonas simples de corte en roca competente (libre de arcillas), profundidad de la excavación > 50 m).	2.5
G. Juntas abiertas y sueltas, roca severamente diaclasada o 'cubos de zucar' (a cualquier profundidad).	5.0

Fuente: (Barton N. , 1974)

Jn: Rocas trituradas (20)

Jr: Liso planar (1.0)

Ja: Relleno de mineral arcilloso de media a baja sobreconsolidacion, blado (continuo < 5 mm de espesor (8.0)

Jw: Excavaciones secas o flujo pequeño, es decir < 5 Lt/min (1.0)

SRF: Ocurrencia múltiples de zonas de debilidad conteniendo arcilla o roca químicamente desintegrada, muy floja en los alrededores (a cualquier profundidad) (10)

Solución.

$$Q = 30/20 * 1.0/8.0 * 1.0/10$$

$$Q = 0.01875$$

Tabla 42: Valoración del índice de Q de Barton

Calidad Excepcionalmente Buena:	$400 \leq Q < 1000$	→	$\Delta Q \approx \pm 100$
Calidad Extremadamente Buena:	$100 \leq Q < 400$	→	$\Delta Q \approx \pm 40$
Calidad Muy Buena:	$40 \leq Q < 100$	→	$\Delta Q \approx \pm 8$
Calidad Buena:	$10 \leq Q < 40$	→	$\Delta Q \approx \pm 3$
Calidad Regular:	$4 \leq Q < 10$	→	$\Delta Q \approx \pm 1.5$
Calidad Mala:	$1 \leq Q < 4$	→	$\Delta Q \approx \pm 0.3$
Calidad Muy Mala:	$0.1 \leq Q < 1$	→	$\Delta Q \approx \pm 0.01$
Calidad Extremadamente Mala	$0.01 \leq Q < 0.1$	→	$\Delta Q \approx \pm 0.005$
Calidad Excepcionalmente Mala	$0.001 \leq Q < 0.01$	→	$\Delta Q \approx \pm 0.0005$

Fuente (Barton N. , 1974)

3.6.7.2. DIMENSIÓN EQUIVALENTE (LUZ/ESR)

Tabla 43: Dimensión equivalente

Dimensión Equivalente

$De = \frac{\text{Ancho, diámetro o altura de la excavación (m)}}{\text{Relación de sostenimiento de la excavación ESR}}$	6	3	=	2
---	---	---	---	----------

Fuente: (Barton N. , 1974)

3.6.7.3. Calculando del Q utilizando el software geotable

Tabla 44: Calculando de valoración del macizo rocoso Q utilizando el software geotable

Ingreso de Parámetros

Jn	<input type="text" value="20"/>	<input type="button" value="Ver Cuadro"/>		
Jr	<input type="text" value="1"/>	<input type="button" value="Ver Cuadro"/>		
Ja	<input type="text" value="8"/>	<input type="button" value="Ver Cuadro"/>		
Jw	<input type="text" value="1"/>	<input type="button" value="Ver Cuadro"/>		
SRF	<input type="text" value="10"/>	<input type="button" value="Ver Cuadro"/>		
RQD (%)	<input type="text" value="30"/>	<input type="button" value="Calcular"/>	<input type="button" value="Ver"/>	

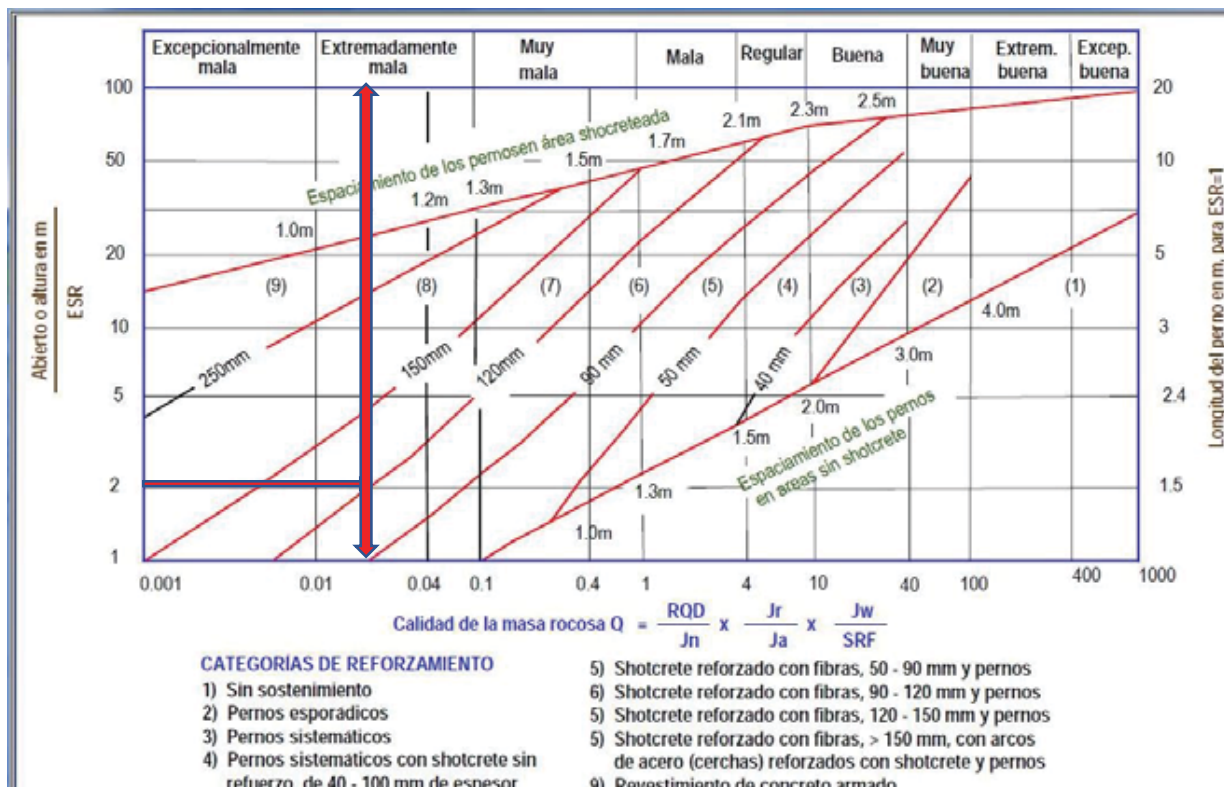
Q = 0.01875

Dimensión Equivalente

$$De = \frac{\text{Ancho, diámetro o altura de la excavación (m)}}{\text{Relación de sostenimiento de la excavación ESR}} = \frac{6}{3} = 2$$

Fuente: (Barton N. , 1974)

Tabla 45: Reforzamiento de sostenimiento



Fuente: (Barton N. , 1974)

3.6.8. Clasificación geomecánica GSI índice de resistencia geológica

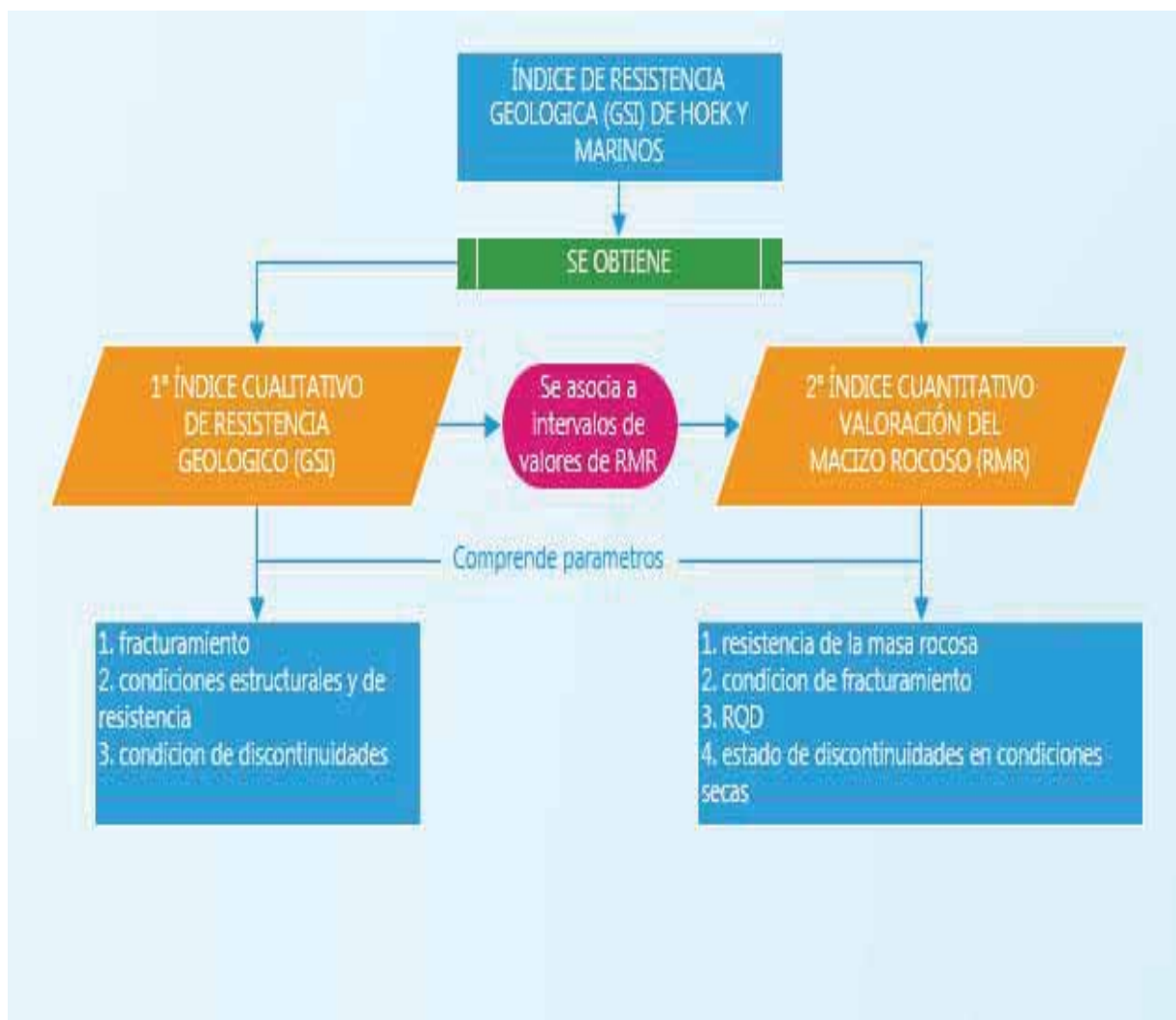


Figura 51: Flujograma de índice de resistencia geológica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: GSI modificado para labores de desarrollo de sección 3.5 – 5mt

<p>PLAN 2</p> <p>MINERA ARES S.A.C.</p> <p>PROYECTO MINA S.S.T. (modificado)</p> <p>LABORES MINERAS DE DESARROLLO (3.50-5.0)</p> <p>LABORES DE EXPLOTACION (4.5-7.0)</p>					
<p>A PERNO SISTEMATICO 2.0 x 2.0 m. Y malla electrosoldada.</p> <p>B PERNO SISTEMATICO 1.80 x 1.80 m. Y malla electrosoldada.</p> <p>C PERNO SISTEMATICO 1.20 x 1.20 m. Y malla electrosoldada.</p> <p>D PERNO SISTEMATICO 1.5 x 1.5 m. Y shotcrete 5.0 cm con fibra</p> <p>E PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. Y malla electrosoldada SHOTCRETE 10.0 cm. con fibras.</p> <p>F Cimbra tipo 8W20 espaciadas a 1m. usando spiling bar y una capa de</p>		<p>CONDICIONES</p> <p>B BIENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA) (Rc 100 A 250MPa)</p> <p>R REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADO) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADO, RELLENO DURO CON MANCHAS DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTAS (MENOS A 1cm.) (SE ROMPE CON 1 ó 2 GOLPES DE PICOTA) (Rc 50 A 100MPa)</p> <p>P POBRE (MODER. RESIST., LEVE A MODER. ALTER.) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, CON PRESENCIA DE ESTRIAS, RELLENO SUAVE, MODERADAMENTE ABIERTAS (DE 1 A 5cm.) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPES DE PICOTA) (Rc 25 a 50 MPa)</p> <p>MP MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) DISCONTINUIDADES CON SUPERFICIE PULIDA O PRESENCIA DE ESTRIAS, MUY ALTERADA, RELLENO DE PANIZO, MUY ABIERTAS (MAYOR A 5cm.) (SE INDENTA MAS DE 5mm.) (Rc 5 A 25 MPa)</p>			
<p>ESTRUCTURA</p> <p>LF LEVEMENTE FRACTURADO TRES O MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD 75-90) (2 A 5 FRACTURAS POR METRO) (RQD= 115 - 3.3 Jn.)</p> <p>F MODERADAMENTE FRACTURADO MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (RQD 50 - 75) (8 A 11 FRACTURAS POR METRO)</p> <p>MF MUY FRACTURADO MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25-50) (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)</p> <p>IF INTENSAMENTE FRACTURADO PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES</p>					

Fuente: Departamento de geomecánica

Tabla 47: GSI modificado para labores de desarrollo de sección > 5mt

TABLA Nº 3 COMPANIA MINERA ARES S.A.C. SOTENIMIENTO SEGUN O.S.I. (ANOTICADO) CARBONES MINERALES DE DESARROLLO (MAYOR A 0.0) LABORES DE EXPLOTACION (MAYOR A 2.0)				
A PERNO SISTEMATICO 2.0 x 2.0 m. Y malla electrosoldada.	B PERNO SISTEMATICO 1.80 x 1.80 m. Y malla electrosoldada.	C PERNO SISTEMATICO 1.20 x 1.20 m. Y malla electrosoldada.	D PERNO SISTEMATICO 1.5 x 1.5 m. Y shotcrete 5.0 cm con fibra.	E PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. Y malla electrosoldada SHOTCRETE 10.0 cm con fibra.
NOTA: LOS PERNOS DE ANCLAJE TENDRAN UNA LONGITUD MINIMA DE 3.0 m. SE APLICARA EN LA EXPLOTACION DE CUERPOS O MANTOS MINERALIZADOS.				
CONDICIONES				
ESTRUCTURA				
LEVEMENTE FRACTURADO TRES O MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD 75-90) (2 A 5 FRACTURAS POR METRO) (RQD= 115 - 3.3 Jn)	BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS F. INALTERADAS, CERRADAS (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA) (Rc 100 A 250MPa)	REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADO) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADO, RELLENO DURO CON MANCHAS DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTAS (MENOS A 1cm.) (SE ROMPE CON 1 ó 2 GOLPES DE PICOTA) (Rc 50 A 100MPa)	POBRE (MODER RESIST, LEVE A MODER ALTER.) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, CON PRESENCIA DE ESTRIAS, RELLENO SUAVE, MODERADAMENTE ABIERTAS (DE 1 A 5cm.) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPES DE PICOTA) (Rc 25 a 50 MPa)	MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) DISCONTINUIDADES CON SUPERFICIE PULIDA O PRESENCIA DE ESTRIAS, MUY ALTERADA, RELLENO DE PANTO, MUY ABIERTAS (MAYOR A 5cm.) (SE INDENTA MAS DE 3cm.) (Rc 5 A 25 MPa)
 LF LEVEMENTE FRACTURADO	(A) (B) (C)	(A) (B) (C)	(A) (B) (C)	(A) (B) (C)
 MF MODERADAMENTE FRACTURADO	(C) (B)	(C) (B)	(C) (D)	(D)
 IF MUY FRACTURADO	(C)	(C)	(D)	NO RECOMENDABLE
 IF INTENSAMENTE FRACTURADO	(C)	(D)	(E)	NO RECOMENDABLE

Fuente: departamento de geomecánica

3.6.8.1. Calculo de sostenimiento usando las tablas GSI

Datos:

- Fractura por metro Presenta mayor a 12-20 fracturas
- RQD..... 30 %
- RMR.....20
- Rc.....5 – 25 MPa

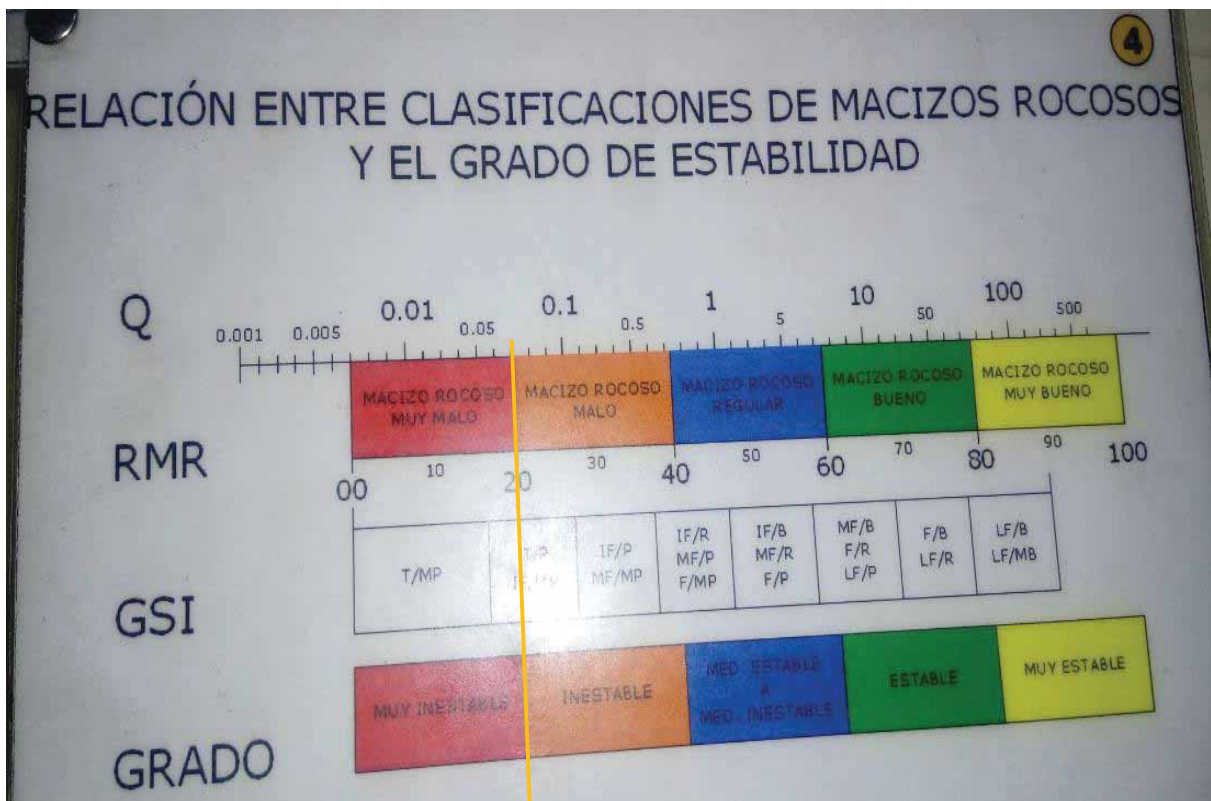
SOLUCION

- Para el rango de 3.5 – 5mtMF/MP

Recomendaciones de sostenimiento según el GSI modificado

- perno sistemático de 1 * 1mt
- malla electrosoldada
- shotcrete con fibra de 10 cm
- Para secciones mayores a 5 mtno recomendable

Tabla 48: Relación entre la clasificación del macizo rocoso y el grado de estabilidad



Fuente: departamento de geomecánica

3.6.9. Investigación final del accidente / incidente de acuerdo a la metodología de la causalidad del accidente / incidente técnica de análisis sistemático de causas (TASC) SIG - DGG05-05-00.

3.6.9.1. Aplicando técnica de análisis sistemático de causas (TASC) ver tabla en anexos

Tabla 49: Registro para la evaluación de la investigación de accidentes / incidentes en Excel

NÚMERO		009	
ACCIDENTE		<input type="checkbox"/> CPT	<input type="checkbox"/> DAÑO A LA PROPIEDAD
<input type="checkbox"/> SPT		ACCIDENTE CDM	<input type="checkbox"/> DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE
<input checked="" type="checkbox"/> INCIDENTE		<input type="checkbox"/> ENFERMEDAD OCUPACIONAL	<input checked="" type="checkbox"/> DAÑOS AL PROCESO
DATOS GENERALES			
Compañía / Empresa/Contrato: IESA S.A.		Area: MINA	Día de la Semana: SABADO
Lugar del Accidente/Incidente: CX 1870		Fecha: 07/06/14	Turno: NOCHE
Hora: 02:00 a.m.		Fecha del informe: 7 de junio de 2014	
LESION O DOLENCIA			
Nombre del Lesionado:		Fecha de Nacimiento:	Edad:
Estado Civil:	Grado de Instrucción:	Años de Experiencia:	
Cargo u Ocupación:	Tiempo en el Cargo u Ocupación:	Parte del cuerpo Lesionado:	Días Perdidos / Cargar:
Costo Estimado: \$/		Costo Real: \$/	Costo Potencial: \$/
Descripción de la Lesión: ninguno			
EVALUACIÓN POTENCIAL DE LA PÉRDIDA			
Potencial de Gravedad:	Severidad:	Probabilidad:	
<input checked="" type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Bajo	Catastrófico <input type="checkbox"/> Fatalidad <input type="checkbox"/> Permanente <input type="checkbox"/> Temporal <input checked="" type="checkbox"/> Menor	Muy Probable <input type="checkbox"/> Probable <input type="checkbox"/> Posible <input checked="" type="checkbox"/> Poco Probable <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/>	
DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE / INCIDENTE			
* ANTES DEL INCIDENTE			
En el turno día dispararon la conexión de la cámara de carguío y la cámara la subestación 1653, en el turno noche se realizó el desatado, limpieza y presentado de malla. Luego se realizó el desatado de la conexión de la cámara de carguío, para que el scoop realice la limpieza al no ingresar por falta de radio de curvatura se retira el scoop de 6 yardas. Para realizar la coordinación del cambio de scoop			
* DURANTE EL INCIDENTE			
Aproximadamente a las 02:00am en momentos que el st. Luis Centeno y su ayudante se encontraban cortando la mallas sobresaliente en el hastial izquierdo a 15 metros atrás de la cámara de carguío, en esas circunstancias se desprende una cuña longitudinal de la corona del CX- 1870 y el "z" volquete, aproximadamente de una longitud de 16x4x3 metros aproximadamente.			
* DESPUES DEL INCIDENTE			
Se bloquea la zona y se comunico a la supervisión de ICSH y LIA para su evaluación.			
TIPOS DE CONTACTO			
<input type="checkbox"/> 1. Golpeado contra (oociendo en dirección o tropezado en) Vea Ci: 1, 2, 4, 5, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 26	<input type="checkbox"/> 7. Lesionado entre o debajo de (aplastado o amputado) Vea Ci: 1, 2, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 22, 28.		
<input type="checkbox"/> 2. Golpeado por (lesionado por objeto en movimiento) Vea Ci: 1, 2, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 26	<input type="checkbox"/> 8. Contacto con (electricidad, calor, Frio, radiación, subestación caustica, toxicas, biologicas, ruido) Vea Ci: 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 28.		
<input checked="" type="checkbox"/> 3. Caída a un nivel inferior (vea Ci: 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22).	<input type="checkbox"/> 9. Sobre tensión (sobre esfuerzo, sobrecarga, sobre exposición ergonomía) Vea Ci: 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15		
<input type="checkbox"/> 4. Caída en un mismo nivel (deslizarse y caer, inclinarse) Vea Ci: 4, 9, 13, 14, 15, 16, 19, 22, 26.	<input type="checkbox"/> 10. Fallo de Equipo Vea Ci: 1, 4, 6, 8, 15		
<input type="checkbox"/> 5. Lesionado por (puntos agudos o cortante) Vea Ci: 5, 6, 11, 13, 14, 15, 16, 18.	<input type="checkbox"/> 11. Derrames al Medio Ambiente Vea Ci: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 15, 18, 19, 20, 22, 25, 27, 28)		
<input type="checkbox"/> 6. Atrapado en (agarrado, aprisionado) Vea Ci: 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18.			
DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE CONTACTO			
3. Caída a un nivel inferior: desprendimiento de roca de la corona de la labor CX 1870			

ANÁLISIS DE CAUSAS	
CAUSAS INMEDIATAS	
ACCIONES SUBESTANDAR <input type="checkbox"/> 1. Operar equipo sin autorización (Vea CB: 2, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 15.) <input checked="" type="checkbox"/> 2. Falta de advertencia (Vea CB: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 3. Falta de bloqueos y resguardos (Vea CB: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 4. Operar a velocidades inadecuadas (Vea CB: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 5. Volver a los dispositivos de seguridad inoperativos (Vea CB: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 6. Usar equipos defectuosos (Vea CB: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 7. No usar adecuadamente los EPP (Vea CB: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 8. Carga inadecuada (Vea CB: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 9. Almacenamiento inadecuado (Vea CB: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 10. Adoptar posición inadecuada para el trabajo (Vea CB: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 11. Levantamiento inapropiado (Vea CB: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 12. Realizar manto de equipos en operación (Vea CB: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 13. Hacer bromas (Vea CB: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 14. Trabajar bajo influencia de alcohol/drogas (Vea CB: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 15. Usar equipo de manera inapropiada (Vea CB: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 16. No seguir procedimientos (Vea CB: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13)	CONDICIONES SUBESTANDARES <input checked="" type="checkbox"/> 17. Protecciones y barreras inadecuadas (Vea CB: 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 18. Equipos de protección inadecuados o insuficientes (Vea CB: 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13.) <input type="checkbox"/> 19. Herramientas, materiales o equipos defectuosos (Vea CB: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.) <input type="checkbox"/> 20. Espacios restringidos o confinados (Vea CB: 8, 9, 13.) <input type="checkbox"/> 21. Sistema de advertencia inadecuado (Vea CB: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.) <input type="checkbox"/> 22. Peligro de explosión e incendio (Vea CB: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 23. Orden y limpieza deficiente (Vea CB: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15.) <input type="checkbox"/> 24. Exposición a ruido (Vea CB: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.) <input type="checkbox"/> 25. Exposición a radiación (Vea CB: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.) <input type="checkbox"/> 26. Exposición a temperaturas extremas (Vea CB: 1, 2, 3, 8, 9, 11, 12.) <input type="checkbox"/> 27. Iluminación excesiva o inadecuada (Vea CB: 8, 9, 10, 11, 12, 13.) <input type="checkbox"/> 28. Ventilación inadecuada (Vea CB: 8, 9, 10, 11, 12, 13.) <input type="checkbox"/> 29. Condiciones ambientales peligrosas (Vea CB: 8, 9, 10, 11, 12, 13.)

2. Falta de advertencias. - En proyecto inicial para la ejecución de la cámara de carguío, no se evidencia ningún tipo de falla en la zona.

17. Protección y barreras inadecuadas: No se contó con un sostenimiento adecuado en la zona de falla

CAUSAS BÁSICAS	
FACTORES PERSONALES <input type="checkbox"/> 1. Capacidad físico/afisiológica inadecuada (Vea ACN: 6, 9, 12, 15, 18.) <input type="checkbox"/> 2. Capacidad mental/psicológica inadecuada (Vea ACN: 6, 9, 10, 15, 18.) <input type="checkbox"/> 3. Tensión física o fisiológica (Vea ACN: 4, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 18, 20.) <input type="checkbox"/> 4. Tensión mental o psicológica (Vea ACN: 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 18, 20.) <input checked="" type="checkbox"/> 5. Falta de conocimiento (Vea ACN: 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20.) <input type="checkbox"/> 6. Falta de habilidad (Vea ACN: 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15, 16.) <input type="checkbox"/> 7. Motivación deficiente (Vea ACN: 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 17, 18.)	FACTORES DE TRABAJO <input checked="" type="checkbox"/> 8. Liderazgo y supervisión inadecuada (Vea ACN: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18.) <input checked="" type="checkbox"/> 9. Ingeniería inadecuada (Vea ACN: 1, 3, 4, 9, 12, 14.) <input type="checkbox"/> 10. Compras inadecuada (Vea ACN: 1, 3, 4, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 19.) <input type="checkbox"/> 11. Mantenimiento inadecuado (Vea ACN: 1, 3, 4, 6, 9, 10, 13, 15, 19.) <input type="checkbox"/> 12. Equipos y herramientas inadecuadas (Vea ACN: 1, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 19.) <input type="checkbox"/> 13. Estándares de trabajo inadecuado (Vea ACN: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 19.) <input type="checkbox"/> 14. Uso y desgastes excesivo (Vea ACN: 3, 4, 6, 9, 10, 13, 14, 15.) <input type="checkbox"/> 15. Abuso y maltrato (Vea ACN: 1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19.)

5.2. Adiestramiento inicial inadecuado: no se realizaron adiestramiento en tema de geomecánica al personal mina

8.3. Identificación y evaluación deficiente de exposiciones a pérdida. - El área de Planeamiento no contempla dentro del proyecto de labor, la geología estructural de la zona

9.1. Evaluación inadecuada de condiciones operacionales. - No se cuenta con una buena comunicación entre las áreas de Geotécnica y Planeamiento, para poder evaluar la viabilidad de los proyectos, considerando todos los posibles factores que puedan afectar la estabilidad de la excavación.

9.7. Monitoreo u operación inicial inadecuada. - El área de geotécnica no realiza el seguimiento adecuado en el proceso de excavación de la labor.

ACCIONES DE CONTROL NECESARIO (ACN)							
P	E	C		P	E	C	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1. LIDERAZGO Y ADMINISTRACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11. EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2. ENTRENAMIENTO DE LIDERAZGO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12. CONTROL DE SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. INSPECCIONES PLANEADAS Y MANTENIMIENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13. EVALUACION DEL SISTEMA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. ANALISIS Y PROCEDIMIENTOS DE TAREAS CRITICAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	14. INGENIERIA Y ADMINISTRACION DEL CAMBIO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES / INCIDE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15. COMUNICACIONES PERSONALES
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. OBSERVACIÓN DE TAREAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	16. COMUNICACIONES EN GRUPOS
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. PREPARACION PARA EMERGENCIAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17. PROMOCIÓN GENERAL
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. REGLAS Y PERMISOS DE TRABAJO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18. CONTRATACIÓN Y COLOCACIÓN
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9. ANALISIS DE ACCIDENTES / INCIDENTES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	19. ADMINISTRACION DE MATERIALES Y SERVICIOS
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10. ENTRENAMIENTO A LOS COLABORADOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20. SEGURIDAD FUERA DEL TRABAJO

P: Aún no es parte del sistema (necesario implementar el elemento) E: Estándar inadecuado o no existe estándar. C: Cumplimiento inadecuado de los estándares

Fuente: Elaboración propia

3.6.9.2. Registro de investigación de accidentes / incidentes en Word

INFORME DE INVESTIGACIÓN DE INCIDENTE DE ALTO POTENCIAL **E.E. IESA CX 1870 RANICHICO**

Realizadas las investigaciones pertinentes del suceso, habiéndose tomado las declaraciones correspondientes y realizadas la inspección ocular en el lugar de los hechos, se emite el siguiente informe.

1.- DATOS PERSONALES:

1. Nombres y Apellidos	: LUIS FERNANDO CENTENO ALHUAY
2. Edad	: 21 Años
3. DNI	: 70326649
4. Ocupación Actual	: PERFORISTA
5. Área	: MINA
6. Empresa	: IESA S. A.
7. Lugar del incidente	: CX 1870
8. Fecha del incidente	: 07-06-14
9. Hora	: 02:00 a.m.
10. Turno	: NOCHE
11. Tiempo de Servicio IESA	: 2 Año 2 meses
12. Experiencia en Minas	: 2 Año 2 meses
13. Supervisor de Turno	: Ing. Luís Aguilar

2.- GENERALIDADES:

Desprendimiento de roca en la cámara de carguío del CX 1870 en proceso de ejecución.

3.- DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE:

ANTES DEL INCIDENTE

En el turno día dispararon la conexión de la cámara de carguío y la cámara de subestación 1653, en el turno noche se realizó el desatado, limpieza y presentado de malla. Luego se realizo el desatado de la conexión de la cámara de carguío, para que el scoop realice la limpieza al no ingresar por falta de radio de curvatura se retira el scoop de 6 yardas. Para realizar la coordinación para el cambio del scoop de 4 yardas cubicas.

DURANTE EL INCIDENTE

Aproximadamente a las 02:00am en momentos que el sr: Luis Centeno y su ayudante se encontraban cortando la malla sobresaliente en el hastial izquierdo a 15 a 20 metros aproximadamente atrás de la cámara de carguío, en esas circunstancias se desprende una cuña longitudinal de la corona del CX-1870 y el “z” volquete, aproximadamente de una longitud de 18x4x3 metros aproximadamente.

DESPUÉS DEL INCIDENTE

Se bloqueo la zona y se comunicó a la supervisión de IESA y Cía. para su evaluación.

4.- DIAGNOSTICO/ REPORTE DEL MEDICO:

Diagnóstico: Ninguno

5.- CLASIFICACIÓN DEL INCIDENTE:

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| A. Según el Tipo: | Desprendimiento de rocas |
| B. Según la Lesión: | Ninguno |
| C. Según el origen: | Condición sub estándar |
| D. Según la Previsión: | Previsible. |

6.- CAUSAS DEL INCIDENTE:**CAUSAS INMEDIATAS:****ACTO SUBESTANDAR:**

Falta de advertencias. - En proyecto inicial para la ejecución de la cámara de carguío, no se evidencia ningún tipo de falla en la zona.

CONDICIÓN SUBESTANDAR:

Protección y barreras inadecuadas: No se contó con un sostenimiento adecuado en la zona de falla.

Falta de advertencias. - En proyecto inicial para la ejecución de la cámara de carguío, no se evidencia ningún tipo de falla en la zona.

CAUSAS BÁSICAS:**FACTORES PERSONALES:****Falta de advertencias:**

Adiestramiento inicial inadecuado: no se realizaron adiestramiento en tema de geomecánica al personal mina

FACTORES DE TRABAJO:**Liderazgo y supervisión inadecuada:**

Identificación y evaluación deficiente de exposiciones a pérdida. - El área de Planeamiento no contempla dentro del proyecto de labor, la geología estructural de la zona.

Ingeniería inadecuada

Evaluación inadecuada de condiciones operacionales. - No se cuenta con una buena comunicación entre las áreas de Geotécnica geología y Planeamiento, para poder evaluar la viabilidad de los proyectos, considerando todos los posibles factores que puedan afectar la estabilidad de la excavación.

Monitoreo u operación inicial inadecuada. - El área de geotécnica no realiza el seguimiento adecuado en el proceso de excavación de la labor.

Tabla 50: Recomendaciones y medidas correctivas

PROBLEMA	ACCIÓN / PREVENTIVA	RESPONSABLE	FECHA PROVISTA
LIDERASGO Y ADMINISTRACION	En la reunión Semanal de Planeamiento, deben participar todas las áreas involucradas para la ejecución de labores programadas.	David Oliva / Walter Leyva / Edward Llerena	inmediato
	Tener los planos geomecánicos a detalle, actualizados en los paneles informativos de cada labor	David Oliva / Walter Leyva / Edward Llerena	inmediato
INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DEL CAMBIO	Todo proyecto de labor debe contemplar la Geología estructural de la zona así como el zoneamiento geomecánico a detalle	Walter Leyva / Edward Llerena	inmediato
	Realizar la evaluación geomecánica en el terreno para la aprobación de proyectos	Edwud Llerena	inmediato
ENTRENAMIENTO DE CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES	Realizar la capacitación en el campo a todos los supervisores y colaboradores en geomecánica	Edwud Llerena	30/06/2014
COMUNICACIÓN GRUPAL	Difusión del incidente de alto potencial a los colaboradores	Edwud Llerena	12/06/2014

Fuente: Elaboración propia

3.6.9.3. Registro de investigación de accidentes / incidentes en power point



Figura 52: Presentación de Power Point del incidente de alto potencial
Fuente: Elaboración propia

H¹ HOCHSCHILD MINING

U.M. PALLANCATA

ANTES DEL INCIDENTE

En el turno día dispararon la conexión de la cámara de carguío y la cámara de subestación 1653 , en el turno noche se realizó el desatado, limpieza y presentado de malla. Luego se realizo el desatado de la conexión de la cámara de carguío, para que el scoop realice la limpieza al no ingresar por falta de radio de curvatura se retira el scoop de 6 yardas. Para realizar la coordinación para el cambio del scoop.

Figura 53: Antes del incidente de alto potencial en el CX 1870
Fuente: Elaboración propia

H¹ HOCHSCHILD MINING

U.M. PALLANCATA

CIRCUNSTANCIAS

Aproximadamente a las 02:00am en momentos que el sr: Luis Centeno y su ayudante se encontraban cortando la mallas sobresaliente en el hastial izquierdo a 15 a 20 metros aproximadamente atrás de la cámara de carguío, en esas circunstancias se desprende una cuña longitudinal de la corona del CX-1870 y el “z” volquete, aproximadamente de una longitud de 18x4x3 metros aproximadamente.

.

Figura 54: Momento cuando ocurrió el incidente de alto potencial
Fuente: Elaboración propia

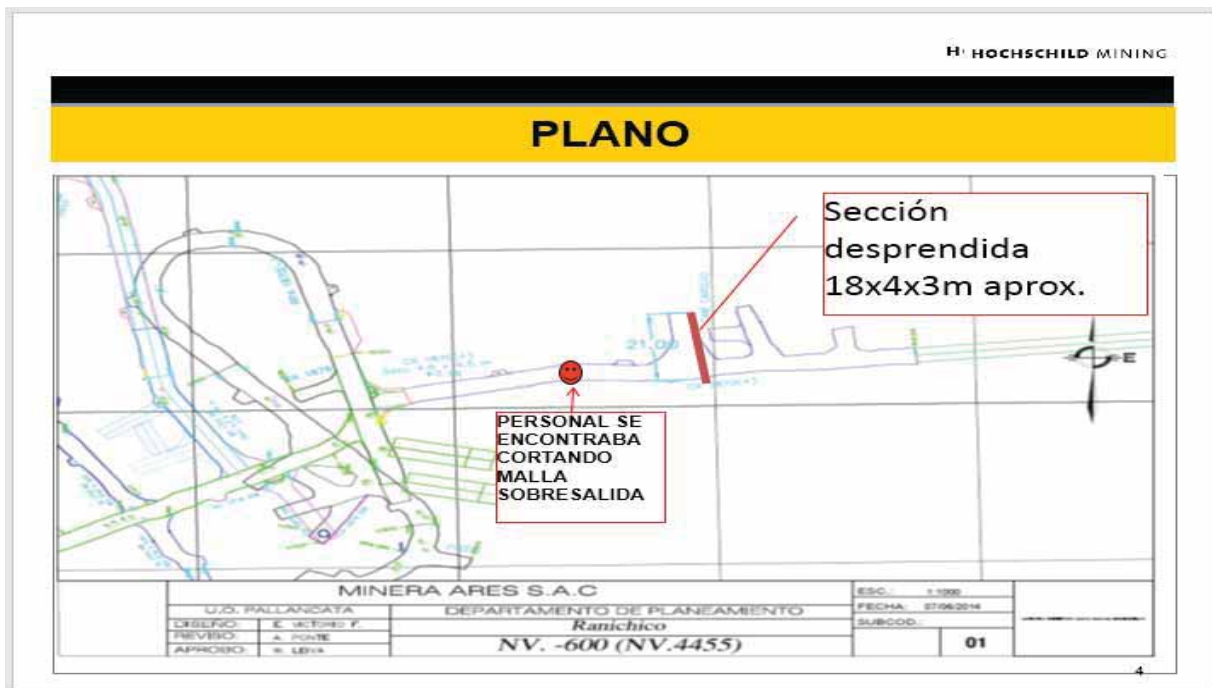


Figura 56: Plano de ubicación donde se desprendió la roca
Fuente: Elaboración propia

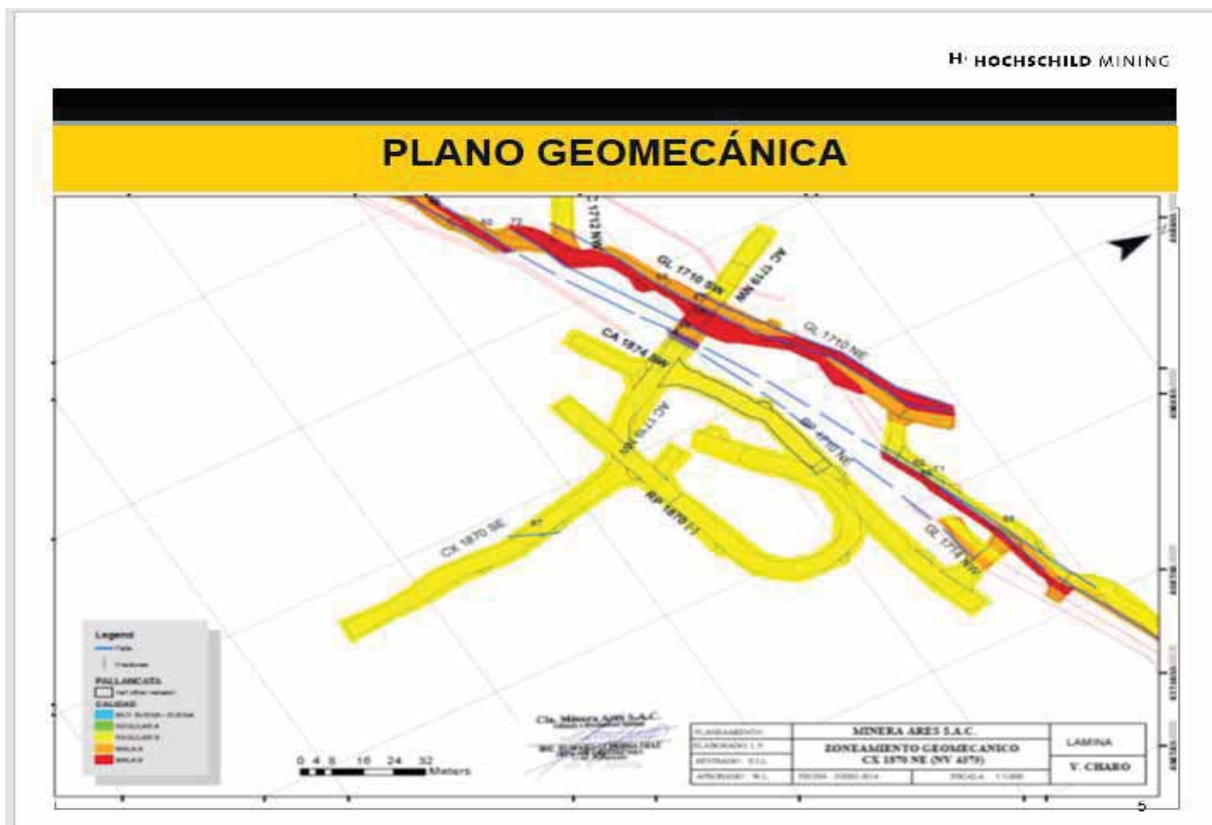


Figura 55: Plano Geomecánico CX 1870
Fuente: Elaboración propia



Figura 58: Plano Geomecánico actualizado después del incidente
Fuente: Elaboración propia

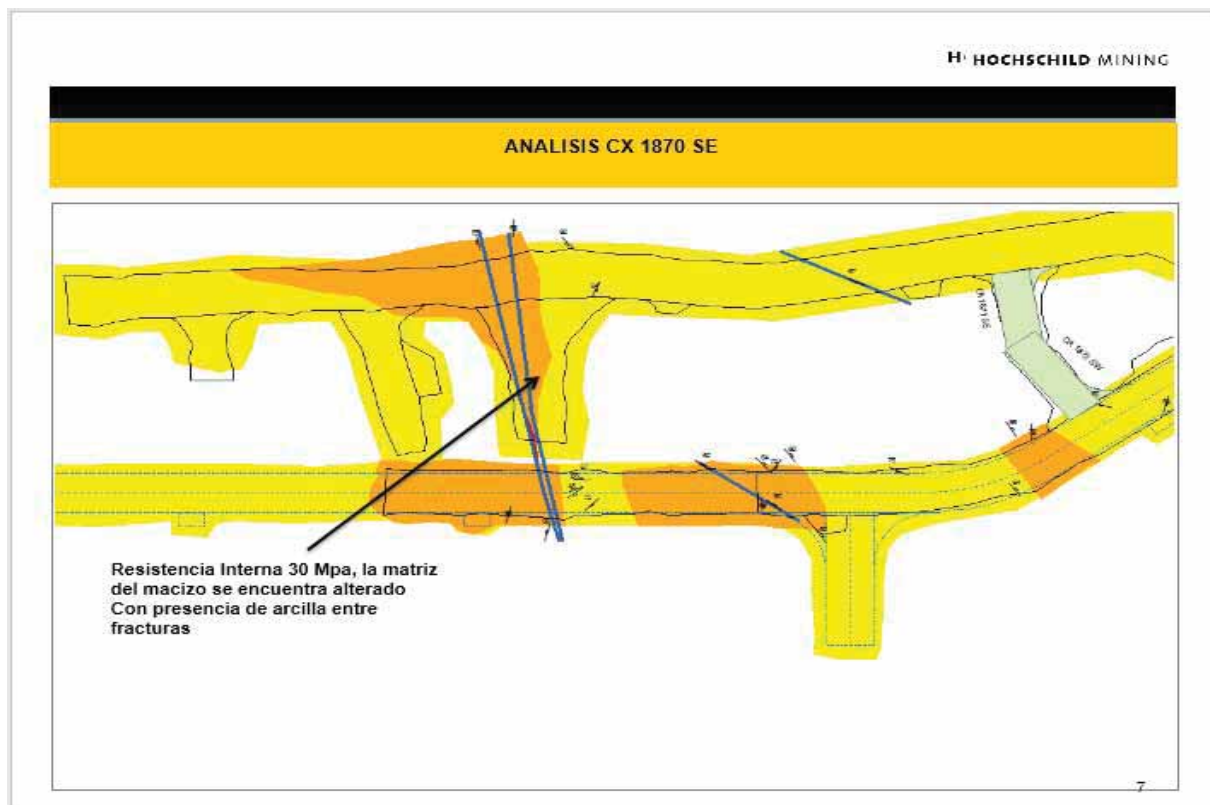


Figura 57: Plano Geomecánico para el respectivo estudio del desprendimiento de roca
Fuente: Elaboración propia



Figura 60: Estudio de la zona de desprendimiento de rocas, vista en planta corona hacia el hastial izquierdo
 Fuente: Elaboración propia

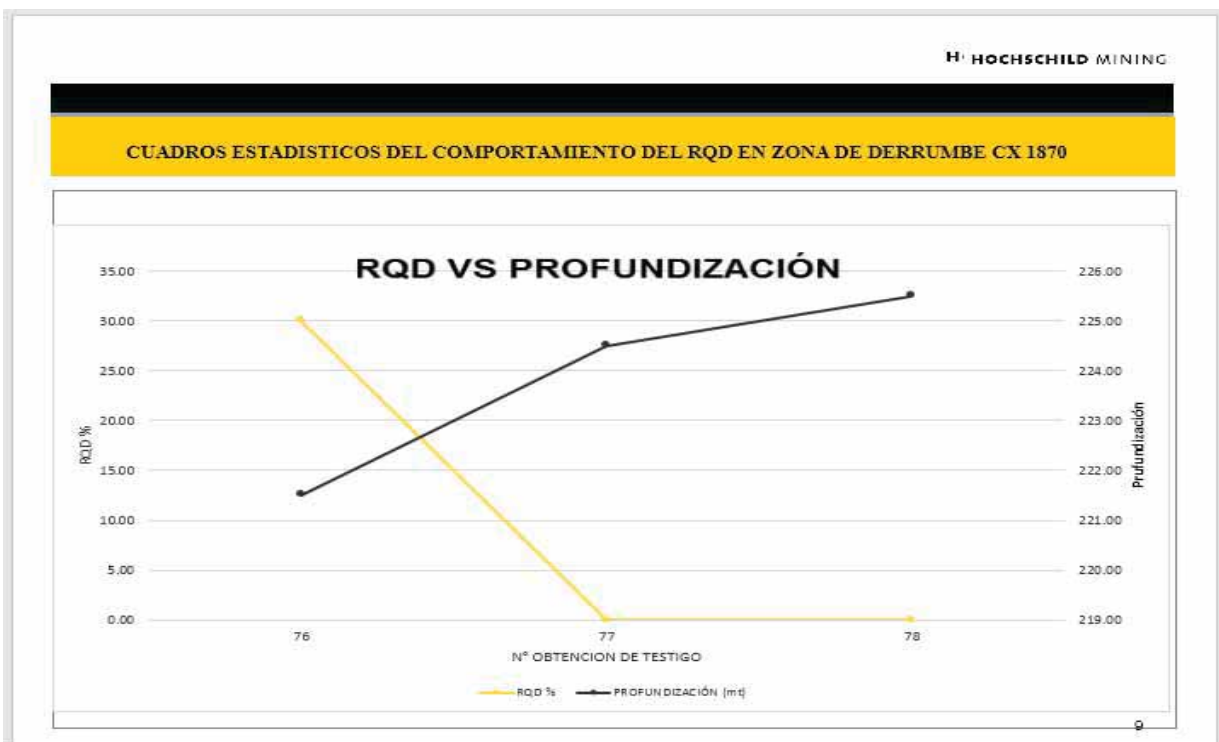


Figura 59: Cuadro estadístico para el estudio de la zona de desprendimiento de roca
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51: Valoración del macizo rocoso según Bieniawski

VALORCIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN BIENIAWSKI																	
parÁmetro	rango para realizar valoraciones para el macizo rocoso																
resist. compr. uniaxial	> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	5.0 - 25	2	1 - 5MPa	1	< 1MPa	0			
rqd %	90 - 100	20	75 - 90	17	50 - 75	13	25 - 50	8	< 25	3	rating rmr 20						
espaciamiento (mt)	> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06	5							
condicion de la juntas	PERSISTENCIA	< 1M	6	1 - 3mt	4	3 - 10mt	2	10 - 20 mt	1	> 20 mt					0		
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1 mm	5	0.1 - 1.0 mm	4	1 - 5 mm	1	> 5 mm					0		
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa	6	Rugosa	5	Mod. Rugosa	3	Lisa	1	Pulido					0		
	RELLENO	Ninguno	6	R.Duro < 5 mm	4	R.Duro > 5 mm	2	R. Suave < 5mm	1	R. Suave > 5mm					0		
ALTERACION	Inalterado	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesta	0							
agua subterránea	Seco	15	Lig. Humedo	10	Humedo mojado	7	Goteando	4	Fluyendo	0							
resultado de valoraciones		2	8	5	1	0	0	0	2	7							

corrección por orientación de las discontinuidades							rating
rumbo perpendicular al eje	a favor del bz	45 - 90	0	20 - 45	-2		-5
	en contra del bz	45 - 90	-5	20 - 45	-10		
rumbo paralelo al eje del tunel		45 - 90	-12	20 - 45	-5	0 - 20	

clase de masa rocosa determinadas por las valoraciones totales					
descripción	Roca Muy Buena	Roca Buena	Roca Regular	Roca Mala	Roca Muy Mala
valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 21
número de clase	I	II	III	IV	V

Fuente: Elaboración según Bieniawski
Fuente: (Bieniawski, 1974)

Reporte RMR

RMR 19

Clase de masa rocosa determinadas por las valoraciones totales

Valoración	< 21
Número de clase	V
Descripción	Roca muy mala

Significado de las clases de rocas

Número de clase	V
Tiempo de auto sostenimiento	30 minutos span 1 m
Cohesión de la masa rocosa KPa	< 100
Ángulo de fricción de masa rocosa	< 15°

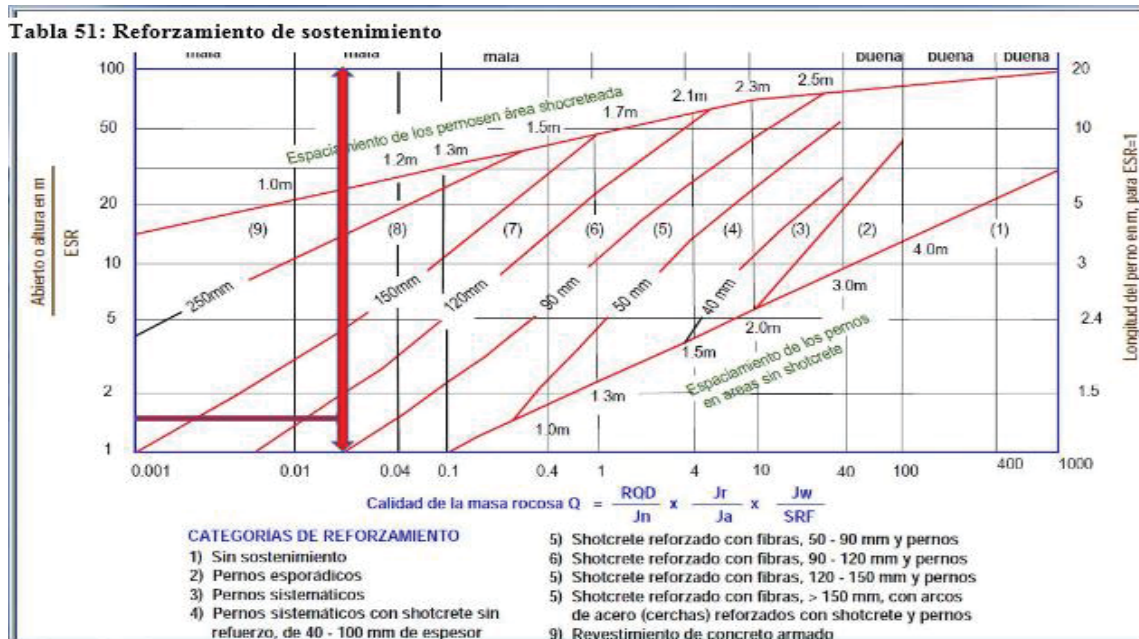
Pautas para la excavación y sostenimiento de un túnel rocoso de 10 m de ancho de acuerdo con el sistema RMR

CLASE DE MASA ROCOSA	EXCAVACION	PERNOS DE ROCA (25 MM DE DIAMETRO, COMPLETAMENTE INYECTADOS)	SHOTCRETE	CIMBRAS
V - Roca muy mala RMR: < 20	Galería múltiples 0.5 - 1.0 m de avance en el socavón de topo Instalar el sostenimiento con el avance de la excavación. Shotcrete tan pronto como sea posible después de la voladura.	Pernos sistemáticos de 5 - 8 m de longitud espaciados 1 - 1.5 m en la corona y en las paredes. Pernos en el piso	150 - 200 mm en la corona, 150 mm en las paredes y 50 mm en el frente	Arco medianos a pesados espaciados a 0.75 m con atornillado de acero y macheteados de ser necesario. Cerrar la sección (invert)

[Ver gráfico de tiempo de sostenimiento]

Figura 61: Resultado de la valoración del macizo rocoso

Tabla 52: Sugerencias para el reforzamiento



Fuente: (Bieniawski, 1974)

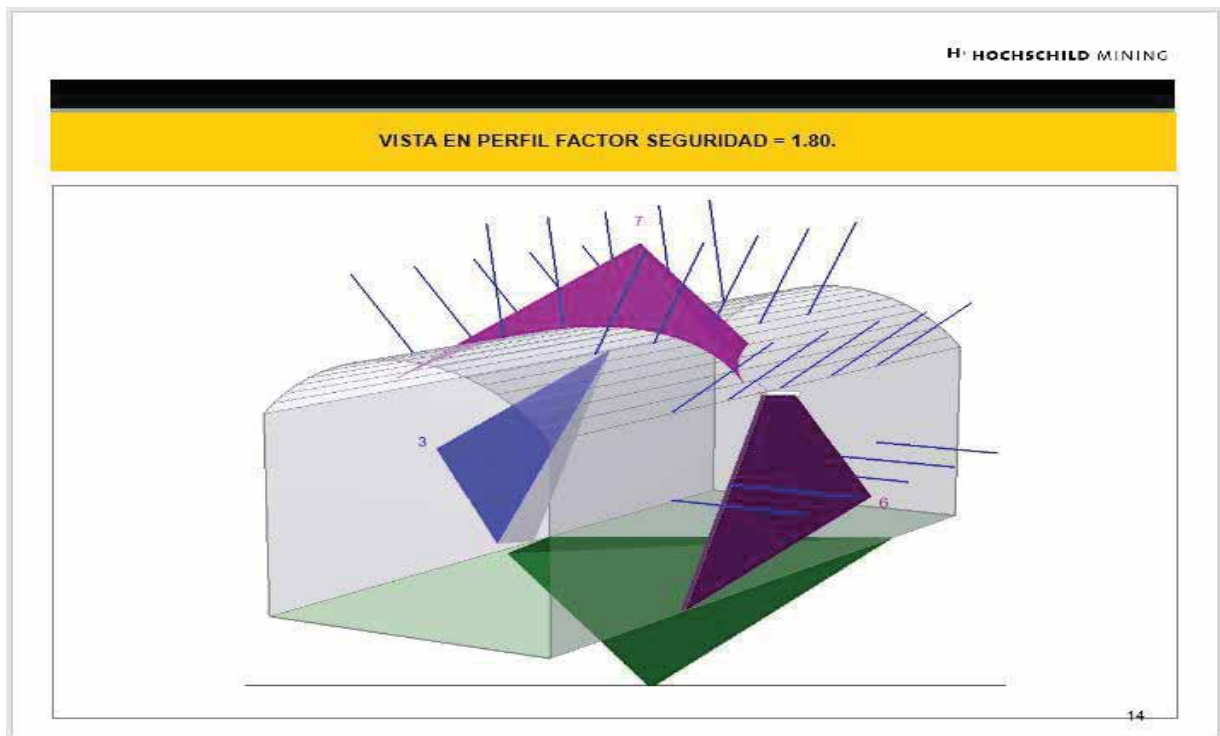


Figura 62: Excavación del CX 1870 con FS: 1.80

Fuente: Elaboración propia

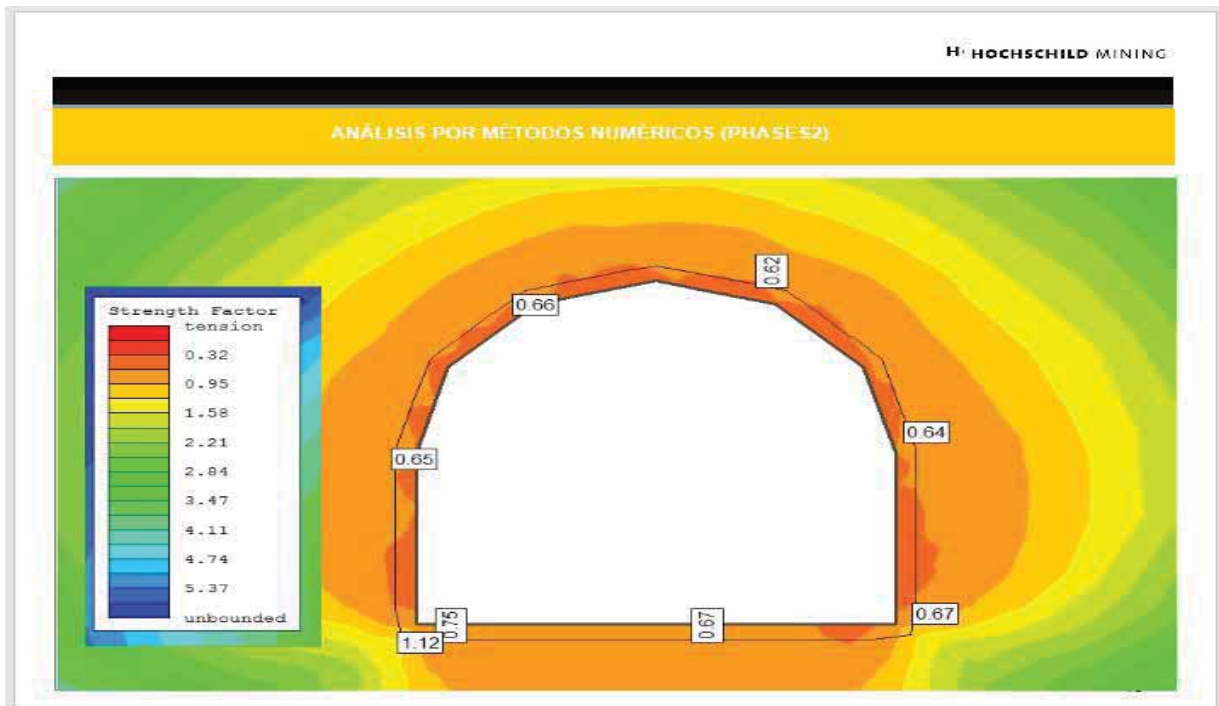


Figura 63: Análisis Por Métodos Numéricos (PHASE 2) para el CX 1870

Fuente: Elaboración propia

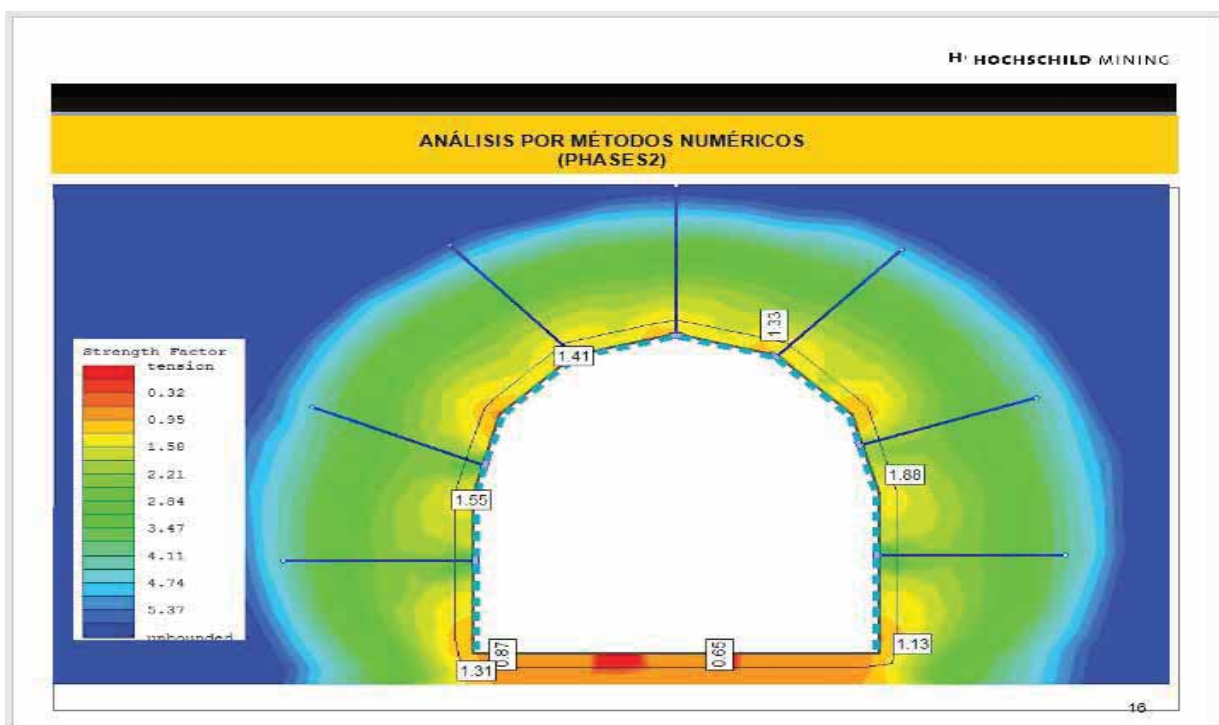


Figura 64: Análisis Por Métodos Numéricos (PHASE 2) con perno para el CX 1870

Fuente: Elaboración propia



Figura 66: Desprendimiento de rocas CX 1870

Fuente: Elaboración propia



Figura 65: Dirección de falla en Z volquete

Fuente: Elaboración propia



Figura 67: Excavación favorable en el CX 1870
Fuente: Departamento de Geomecánica

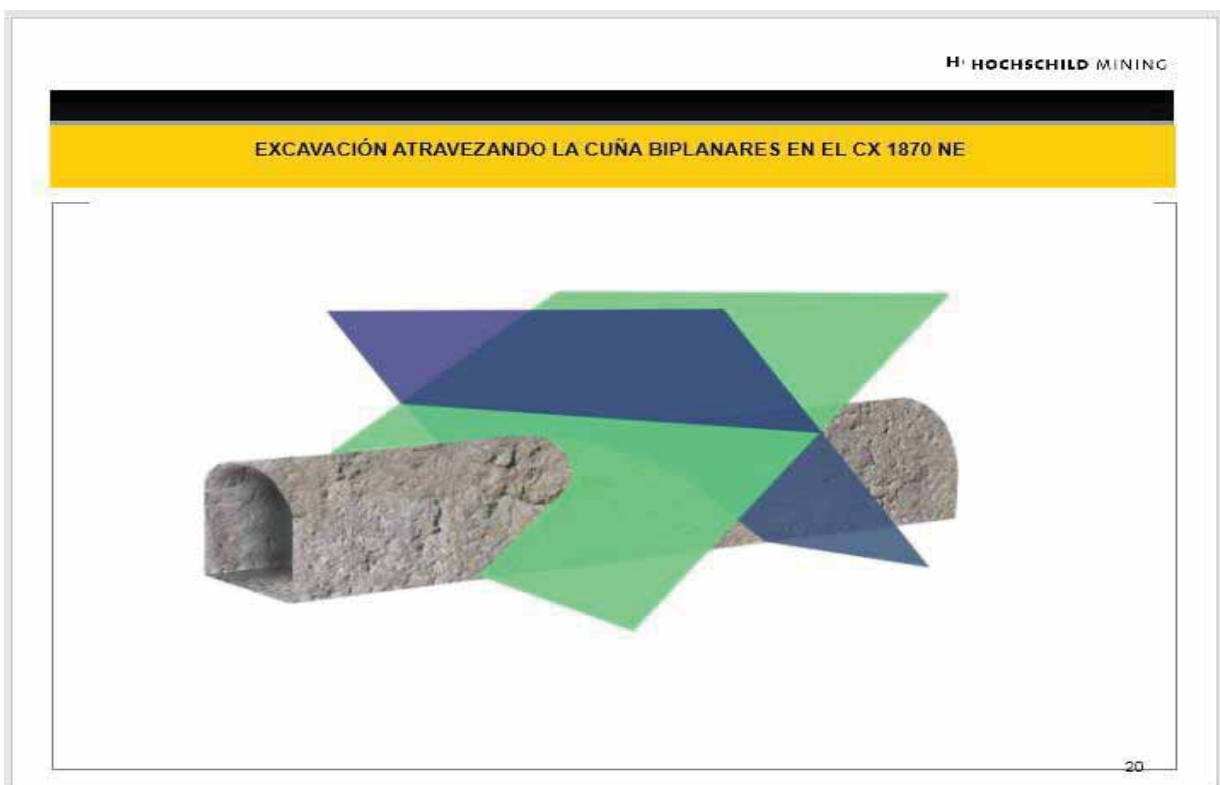


Figura 68: Excavación atravesando la cuña biplanares en el CX 1870
Fuente: Departamento de Geomecánica



Figura 69: Excavación realizada en el Z volquete, paralela a la falla con dirección NE
Fuente: Departamento de Geomecánica

H^o HOCHSCHILD MINING

CLASIFICACIÓN DEL INCIDENTE

DIAGNOSTICO/ REPORTE DEL MEDICO:
Diagnóstico: Ninguno

CLASIFICACIÓN DEL INCIDENTE:

A. Según el Tipo:	Desprendimiento de rocas
B. Según la Lesión:	Ninguno
C. Según el origen:	Acto y Condición sub estándar
D. Según la Previsión:	Previsible.

23

Figura 70: Clasificación del incidente de alto potencial CX 1870
Fuente:Elaboración propia

H⁺ HOCHSCHILD MINING

CAUSAS INMEDIATAS

ACTO SUBESTANDAR

2. Falta de advertencias:

En proyecto inicial para la ejecución de la cámara de carguío, no se evidencia ningún tipo de falla en la zona.

CONDICIÓN SUB ESTÁNDAR

17. Protección y barreras inadecuadas:

No se contó con un sostenimiento adecuado en la zona de falla.

24

Figura 71: Causas inmediatas
Fuente: Elaboración propia

H⁺ HOCHSCHILD MINING

CAUSAS BASICAS

FACTORES PERSONALES

Falta de conocimiento

5.2 Adiestramiento inicial inadecuado:

no se realizaron adiestramiento en tema de geomecánica al personal mina

25

Figura 72: Causas Básicas
Fuente: Elaboracion Propia

H ^o HOCHSCHILD MINING	
CAUSAS BASICAS	
FACTORES DE TRABAJO	
<p>8. Liderazgo y Supervisión Inadecuada: 8.9. Identificación y evaluación deficiente de exposiciones a pérdida.- El área de Planeamiento no contempla dentro del proyecto de labor, la geología estructural de la zona.</p>	
<p>9. Ingeniería inadecuada: 9.1. Evaluación inadecuada de condiciones operacionales.- No se cuenta con una buena comunicación entre las áreas de Geotécnica y Planeamiento, para poder evaluar la viabilidad de los proyectos, considerando todos los posibles factores que puedan afectar la estabilidad de la excavación.</p>	
<p>9.7. Monitoreo u operación inicial inadecuada.- El área de geotécnica no realiza el seguimiento adecuado en el proceso de excavación de la labor.</p>	

Figura 73: Causas Básicas
Fuente: Elaboración propia

H ^o HOCHSCHILD MINING			
PLAN DE ACCION			
PROBLEMA	ACCIÓN / PREVENTIVA	RESPONSABLE	FECHA PROVISTA
LIDERASGO Y ADMINISTRACION	En la reunión Semanal de Planeamiento, deben participar todas las áreas involucradas para la ejecución de labores programadas.	David Oliva / Walter Leyva / Edward Llerena	inmediato
	Tener los planos geomecánicas a detalle, actualizados en los paneles informativos de cada labor	David Oliva / Walter Leyva / Edward Llerena	inmediato
INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN DEL CAMBIO	Todo proyecto de labor debe contemplar la Geología estructural de la zona así como el zoneamiento geomecánico a detalle	Walter Leyva / Edward Llerena	inmediato
	Realizar la evaluación geomecánica en el terreno para la aprobación de proyectos	Edwquad Llerena	inmediato
ENTRENAMIENTO DE CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES	Realizar la capacitación en el campo a todos los supervisores y colaboradores en geomecanica	Edwquad Llerena	30/06/2014
COMUNICACIÓN GRUPAL	Difusión del incidente de alto potencial a los colaboradores	Edwquad Llerena	12/06/2014
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN [Equipo Investigador SIG-ANX-SGG05-03-00]			

Figura 74: Plan de acción
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados de geomecánica y su implicancia en la investigación de desprendimiento de rocas en el CX 1870 empresa minera Hochschild Mining compañía minera Ares u.o. Pallancata.

Después de realizar el “análisis geomecánico para el CX 1870” con datos obtenidos por las perforaciones diamantinas y en campo, se obtuvo lo siguiente:

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el “análisis geomecánico del índice de designación de calidad rocosa RQD según Deere”, el “análisis geomecánico de la valoración del macizo rocoso RMR según Bieniawski ” y el “análisis geomecánico del Q de Barton”, se concluyó que los datos obtenidos para el análisis Geomecánico de la cámara de carguío del CX 1870, es una labor muy inestable, según Deere es mala, por estar en el rango de 25 – 50 RQD, según Bieniawski es una roca muy mala, por estar en un rango de valoración < 21 RMR, según el Q de Barton la roca es de calidad extremadamente mala por estar en un rango de $0.01 \leq Q < 0.1$, y según el índice de resistencia geológica GSI adaptado para la mina pallancata de Hoek y Marinos es una labor, que **no es recomendable** realizar los trabajos.

- De acuerdo a los resultados de la geología estructural, “análisis estructural de la labor” se concluyó que la cámara de carguío, avanza paralelamente con las fallas biplanares, formando cuña de una buena longitud y de un ancho considerable.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos, en el análisis geomecánico de la cámara de carguío en el CX 1870, estudiados en este trabajo de investigación.

4.1.1.1. Resultados obtenidos en el análisis geomecánico aplicando RQD, RMR, Q y GSI, en la cámara de carguío del CX 1870.

Tabla 53: Sostenimiento y avance a partir RQD según Deere

RESULTADOS RQD		SISTEMAS POSIBLES DE REFUERZO		
N° de muestra obtenido	RQD	Marco de acero	Apernado	Shotcrete
76	30	Marcos circulares medios de 3 a 4 pies de separación.	Según una malla de 3 a 5 pes	6 pulgadas de Shotcrete combinado con malla y perno
77	0	Marcos circulares muy pesados, 2 pies de separación	Según una malla de 2 a 3 pies	6 pulgadas o mas en toda la sección, con marcos pesados
78				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Sostenimiento y avance a partir RMR según Bieniawski

N° de muestra obtenido	RATING RMR 20		EXCAVACIÓN	Pernos de roca	Shotcrete	Cimbras
76	Valoración	< 21	Galería múltiple 0.5 – 1.0 m de avance en el socavón de tope instalar el sostenimiento con el avance de la excavación. Shotcrete tan pronto como sea posible después de la voadura.	Pernos sistemáticos de 5-6 mt de longitud espaciados de 1-1.5mt en la corona y en las paredes, pernos en el piso	100-150 mm en la corona y 150 mm en los hastiales y 50mm en el frente	Arcos medianos a pesados espaciados a 0.75mt encostillados con acero y marchabante y de ser necesario cejar la sección (invertir)
	N° de clase	V				
	Descripción	Roca muy Mala				
	Tiempo de auto-sostento	30 min Span 1 mt				
	RATING 13		Galerías múltiples 0.5-1mt de avance en el socavón de tope instalar el sostenimiento con el avance de la excavación. Shotcrete tan pronto como sea posible después de la voadura.	Pernos inyectados de 5 – 6mt de long espaciados 1-1.5mt en la corona y hastiales	Shotcrete de 150 – 200 mm en la corona, 150 mm en los hastiales y 50 mm en el frente	Cimbras medianos a pesados, espaciados a 0.75mt con encostillado de acero y marchabantes
77 y 78	Valoración	0 - 20				
	N° de clase	V				
	Descripción	Roca muy Mala				
	Tiempo de auto-sostento	30 minutos Span 1mt				

			pronto como sea posible después de la voladura			de ser necesario
--	--	--	--	--	--	------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Sostenimiento en excavaciones subterráneas a partir de Q según Barton

N° de muestra obtenido	Relación De Sostenimiento del Macizo Rocoso		Recomendaciones de sostenimiento			Dimencion equivalente DE
			Pernos	Shotcrete	Grado de estabilidad	
76	Q de Barton	0.01875	Pernos de 7'sistemáticos con malla Espaciamiento de pernos en área de shotcrete de 1mt	Reforzado de 90-120 mm y pernos sistematicos	Muy inestable	1.5
	ESR	3.0				
	Descripción	Extremadamente mala				
77 y 78	Q	0.032	Cimbras metálicas o cuadros de madera			
	ESR	3.0				
	Descripción	Extremadamente mala				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Sostenimiento en excavaciones subterráneas a partir de GSI Hoek y Marinos

N° de muestra obtenido	CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO GSI		
76	Sostenimiento según GSI modificado, para labores de desarrollo de 3.5 – 5mt. Labors de explotación de 4.5 – 7mt		RECOMENDACIONES PARA EL SOSTENIMIENTO
	GSI	MF/MP	Perno sistemático 1* 1mt, con malla electrosoldada. Shotcrete de 10 cm con fibra
77 Y 78	Sostenimiento según GSI modificado. Labores mineras de desarrollo mayores a 5 mt Labores de explotación mayores a 7mt		No recomendado

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. obtención de causas de la investigación del incidente de alto potencial por desprendimiento de rocas.

4.1.2.1. Resultados de técnicas de análisis sistemáticos de causas TASC

Para realizar la investigación del incidente de alto potencial, se uso la técnica de análisis sistematico de causas TASC, obteniendo resultados con la finalidad de encontrar:

- las causas inmediatas o directas, donde relaciona las (prácticas y/o actos subestándares y condiciones subestándares)
- las causas básicas o la raíz, donde relaciona los (factores personales y factores de trabajo)
- necesidades del sistema, que comprende los 20 elementos de SIG- DNV Hochschild mining.

A continuación muestra los resultados obtenidos de las técnicas de análisis sistemático de causas TASC.

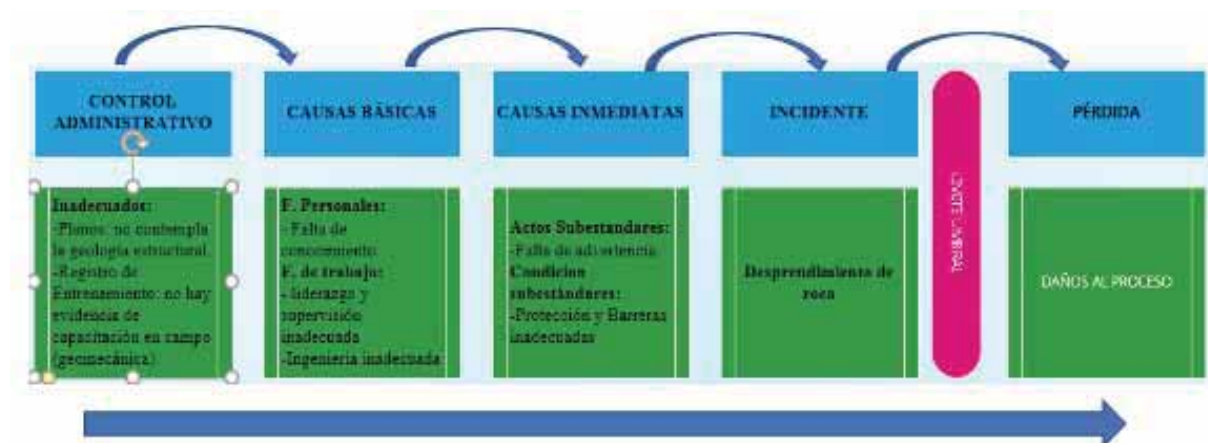


Figura 75: Modelo de causalidad o efecto dominó
 Fuente: elaboración propia

4.2. DISCUSIONES

4.2.1. Contraste de resultados con referentes al marco teórico

Dentro del marco teórico desarrollado en el capítulo II, se ha mencionado que la condición de las fracturas juegan un rol muy importante para la valoración del macizo rocoso, también para el índice de Q de Barton y para el índice de resistencia geológica, por lo tanto estos valores obtenidos en el CX 1870, y la perforación dimamantina de dicho labor, complementan un adecuado análisis para determinar, el sostenimiento de la labor y recomendar construcciones de nuevos labores subterráneos.

Cabe mencionar que el RMR y el Q de Barton, son parámetros que se complementan mutuamente, esta teoría fue comprobada durante el desarrollo del Capítulo III, donde se trabajó con ambos grupos de datos, también sin olvidar al índice de resistencia geológica que es un buen aporte en la mina. La investigación del incidente de alto potencial dentro del marco teórico en el capítulo II, se menciona el modelo de causalidad, el pirámide de Bird. Estas teorías fueron demostrados durante el desarrollo del capítulo III, donde se realiza el proceso de investigación del incidente de alto potencial.

4.2.2. Comentario de la demostración de la hipótesis

En el análisis de los datos desarrollados en el capítulo II, se ha demostrado la Hipótesis general, la cual dice que La geomecánica, el desprendimiento de rocas y los incidentes de seguridad guardan una relación directa, en el CX 1870 de la empresa minera HOCHSCHILD MINING compañía minera ARES U.O. Pallancata, lo cual para realizar la investigación del incidente de alto potencial, se requirió la geomecánica, para determinar las causas que determinaron el desprendimiento de roca.

4.2.3. Aportes de la investigación

El aporte de la investigación es muy importante, debido que a partir del incidente de alto potencial por desprendimiento de rocas, se contara nuevas fuentes de información, entrenamientos, trabajo en equipo, liderazgo, lo cual conlleva a prevenir los incidentes y accidentes en el desarrollo de las labores en mina, teniendo la mejora continua.

CONCLUSIONES

- Se realizó el “Análisis geomecánico en el CX 1870”, con datos a partir de la perforación diamantina obtenidos en el tramo de desprendimiento de roca, se concluyo que los valores de la compresión uniaxial, RQD, grado de alteración de las discontinuidades, espaciamiento de las discontinuidades, son datos que se logran obtener en la perforación diamantina, por lo tanto, se complementan en campo con las condiciones de las discontinuidades que son, persistencia, apertura, rugosidad, relleno y la presencia de agua.
- Con el análisis de la investigación del incidente de alto potencial, se concluyo que, la geomecánica, el desprendimiento de rocas y la seguridad, existe una relación, al demostrar que para la investigación del incidente ocurrido en el CX 1870, se utilizara las herramientas de gestión DNV – HOCHSCHILD MINING. Para la respectiva investigación de incidentes y/o accidentes.
- Se encontró que existe una estrecha relación del desprendimiento de la roca, con la geomecánica. Esto se demostró con el análisis geomecánico en el CX 1870, con datos a partir de la perforación diamantina realizados en el tramo.

RECOMENDACIONES

- El presente trabajo recomienda utilizar los datos de la perforación diamantina y la complementación del mapeo geomecánico en campo, para determinar la valoración del macizo rocoso, de esa manera los resultados podrán ser comparados para un adecuado sostenimiento de la labor.
- se reforzarán con los planes de acciones de control necesario para **minimizar** los incidentes por desprendimiento de rocas, los planes de acción que se identificaron son: liderazgo y administración, entrenamiento de conocimiento y habilidades, ingeniería y administración del cambio, comunicaciones en grupos, estos problemas identificados, serán analizados y finalmente se realizaran el levantamiento que serán aplicados para toda la mina.
- Finalmente se recomienda realizar un adecuado sostenimiento, teniendo necesariamente que contar con los planos geomecánicos incluyendo la geología estructural actualizados la participación de las áreas de geología, planeamiento y geomecánica, para la aprobación de los proyectos en mina.

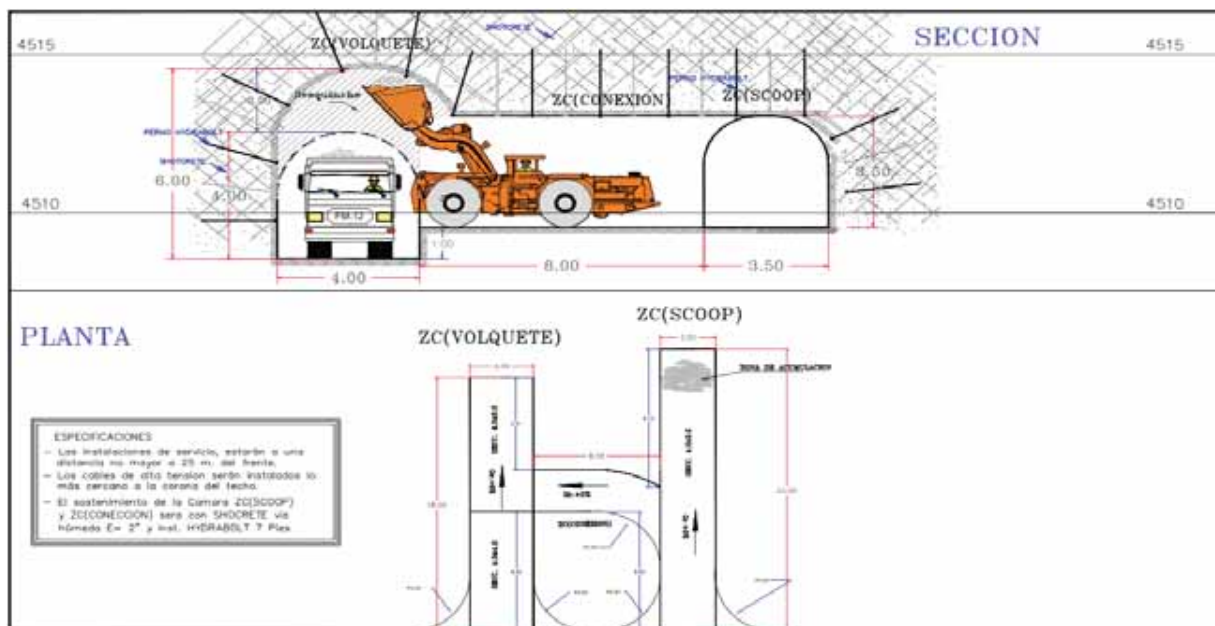
Referencias Bibliografía

- Barton, N. (1974). *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. Rock Mech.
- Barton, N., & Loset, f. (1974). *Application of the Q-system in design decisions*. New York: ed. M. Bergman.
- Bieniawski, Z. (1974). *Clasificación Geomecánica o Valoración de la Masa Rocosa RMR*. Colorado: National academy of sciences.
- Bird, F. (26 de 09 de 1921 - 2007). *La Piramide de Frank Bird en el sector de la Minería*. Obtenido de <http://prevencionar.com/2017/09/26/la-piramide-frank-bird-sector-la-mineria/>
- DAVILA, D. (1991). Geología del cuadrangulo de pacapausa. *Instituto Geologico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)*, 30.
- Deere, D., & Deere, D. (1988). *The rock quality designation (RQD) index in practice*. In *Rock classification systems for engineering purposes*. Philadelphia: L. Kirkaldie.
- Gamarra, J. (2008). *Caracterización mineralógica y geoquímica de la veta pallancata*. Lima.
- George H., D. (1984). *STRUCTURAL GEOLOGY OF ROCKS AND REGIONS*. Canada: The University of Arizona.
- Grimstad, E., & Barton, N. (JUEVES de ENERO de 1993). *Updating the Q-system for NMT*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/312619292>
- HOEK, E. (1994). *Strength of rock and rock masses*. Rotterdam: ISRM News Journal.
- HOEK, E., & MARINOS, P. (1998). *Applicability of the Geological Strength Index (GSI) Classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation*. COLUMBIA, CANADA: North Vancouver.
- I.S.R.M. (1984). *SUGGESTED METHOD FOR THE CUANTITATIVE DESCRIPTION OF DISCONTINUITIES IN ROCK MASSES*. U.S.A.: J. Rock Mech, Scie.
- IMC . (17 de 03 de 2008). *PRESS RELEASE*. Obtenido de de Internacional Minerals corporation : <http://www.intlminerals.com/>
- Kawing. (s.f.). *Foto de archivo - Las rocas sedimentarias en Hong Kong Geo Parque*. Obtenido de https://es.123rf.com/photo_12722943_las-rocas-sedimentarias-en-hong-kong-geo-parque.html?fromid=NGM4Zm9mY0ZuLzdoN3BqbmYyYUNUUT09
- Laubscher, D. (1990). *geomechanics classification system for the rating*, *Journal of the Southern African Institute*. Africa: Journal of the Southern African Institute.
- LEARN MORE. (2015). *MACIZO ROCOSO*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/13538521/madrid>, U. p. (2012). *Manual de Mineralogía y Petrología*. Obtenido de <http://www2.montes.upm.es/Dptos/dsrn/Edafologia/aplicaciones/GIMR/page.php?q=a645661c34b>
- Maldonado, Y. (27 de 03 de 2018). *Origen y formación de los suelos, ¿Qué es el suelo? ¿Cómo se forma? Partes y horizontes del suelo*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/mecanica-de-suelos/origen-formacion-suelos/>
- Oilfield Review. (2019). *Resistencia a la compresión uniaxial*. Obtenido de https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/u/uniaxial_compressive_strength.aspx
- PALACIOS, O. (1994). Geología de los cuadrángulos de Chulca y Cayarani. *Instituto ológico Minero y Metalúrgico o, Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 51,73.

- PINZUAR. (s.f.). *MÁQUINA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL*. Obtenido de <https://www.pinzuar.com.co/pinzuar/es/productos/suelos/maquina-digital-ensayos-carga-puntual/>
- Rivas, F. (2011). *Sistema de Adquisición de Datos Automatizado para Pruebas Mecánicas Uniaxial y Triaxial*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Arreglo-de-ensayo-Uniaxial_fig2_281376117
- RSSO, M. D. (2017). *Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería*. LIMA: cOMPAÑIA MINERA ARES.
- Torres, L. (2004). *Determinación de las propiedades físico mecánicas de las rocas y monitoreo de la masa rocosa*. Huaraz: UNASAM LABORATORIO.
- Warren, P., & P, D. (2005, 04 27). *An autochthonous geological model for the eastern Andes of Ecuador*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040195105000260>
- Zarabia, L. (24 de 06 de 2017). *procedimiento del mapeo geomecánico*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/GustavoZarabia/procedimiento-del-mapeo-geomecanico>

ANEXOS

ESTANDAR PARA LA CÁMARA DE CARGUÍO



BOCA MINA RANICHICO A 4800 m.s.n.m



IMAGEN DE LABOR, METRO AVANZADO METRO SOSTENIDO



COLOCADO DE PERNO HIDROBOLT DE 7' CON JUMBO



PROCESO DE CARGUÍO DE MINERAL



CARGANDO MATERIAL PARA RIPIO DE SUPERFICIE DE MINA



JUMBO PREPARADO PARA PERFORAR EL FRENTE DE TRABAJO

PERFORACIÓN DIAMANTINA PARA LA EXPLORACIÓN



GRADO DE ALTERACION EN EL CX 1870



EVALUACIÓN GEOMECANICA PARA GSI



PUNTOS DE CONVERGENCIA EN LA RAMPA 1880




CUADRO GEOMECÁNICO PARA CADA LABOR

MES : JULIO 2014				12/07/2014				
NIVEL	VETA	LABOR	CeCo	SECCION	GRADO DE ESTABILIDAD	RMH	SOSTENIMIENTO	OBSERVACIONES
INFRAESTRUCTURA DE OPERACION								
4155	Pall_Este	RP8358(+)	PALJO14I-02	3.5 x 3.5	MED INESTABLE	50	Malla / P. Split Set 5'	
4200	Pall_Este	AC8524SE	PALJO14I-02	3.5 x 3.5	MED INESTABLE	42	Malla / P. Hydrabolt 5'	
INFRAESTRUCTURA DE RECUSOS								
4380	Yurika	CX. 1880	PALID14I-03	4.5 x 4.5	MUY INESTABLE	29	Shot / Malla/P.Hy 7' shot.	Falta Completar la segunda capa de shot.
4410	Yurika	CX 1720 NW	PALID14I-03	4.5 x 4.5	MUY INESTABLE	28	Shot / Malla/P.Hy 7' shot.	
4375	Charo	CX 1870SE	PALID14I-03	4.5 x 4.5	INESTABLE	38	Malla / P. Hydrabolt 7'/Shot. 2'	
4100	Edit	CX 8157NE	PALJO14I-02	3.5 x 3.5	MED INESTABLE	46	Malla / P. Hydrabolt 5'	
4430	Yurika	VE 1961 NW(RB)	PALJO14I-04	4.0 X 4.0	INESTABLE	38	Shot /P.Hydrabolt 7'	Reparar mallas, pegar y parchar mallas.
4430	Yurika	VE 1962 NW	PALJO14I-04	4.0 X 4.0	INESTABLE	38	Shot /P.Hydrabolt 7'	Presencia de Planos Horizontales
200	V.C	RP +1700	PALJO14I-02	4.5X4.5	INESTABLE	34	Shot /P.Hydrabolt 7'	Se debe de completar el sostenimiento desde la primera camara
DESARROLLOS								
4380	Yurika	GL1950SW	PALDE14I-03	3.5x3.5	MED INESTABLE	44	Malla / P. Split Set 5'/Shot. 2'	Lanzar shotcrete hastial derecha (falla)
4380	Yurika	GL1950NE	PALDE14I-03	3.5x3.5	MED INESTABLE	44	Malla / P. Split Set 5'	Con presencia de falla al Piso d ela estructura.
4376	Luisa	GL1710 SW	PALDE14I-03	3.5 x 3.5	INESTABLE	34	Cuadros de madera.	
4375	Luisa	GL1714 SW	PALDE14I-03	3.5x3.5	INESTABLE	36	Shot / P. Hyd. 5'	
4430	Yurika	GL 1960 SW	PALDE14I-03	3.5 x 3.5	MED INESTABLE	42	Malla / P. Split Set 5'/shot.2'	Lanzar shotcrete hastial derecha (falla), antes de disparar
4430	Yurika	GL 1960 NE	PALDE14I-03	3.5 x 3.5	INESTABLE	36	Shot /P.Hydrabolt 5'	pernos espaciados 1.2x1.2
4165	Pall_Este	SN 8132 SE	PALPR14I-02	3.5 x 4.0	MED INESTABLE	44	Malla / P. Split Set 5'	
4165	Pall_Este	SN 8132 NW	PALPR14I-02	3.5 x 4.0	MED INESTABLE	44	Malla / P. Split Set 5'	No pegarse mucho a la falla
4165	Pall_Este	SN 8156SE	PALPR14I-02	3.5 x 4.0	MED INESTABLE	42	Malla / P. Split Set 5'	Colocar guardacabeza en la corona por fractura abierta
4165	Pall_Este	SN 8156NW	PALPR14I-02	3.5 x 4.0	MED INESTABLE	42	Malla / P. Split Set 5'	

CUADRO DEL ANÁLISIS DE COSTOS DEL INCIDENTE DEL CX 1870

Incidente CX 1870			
Valoración Económica de los Costos Salariales Directos			
	Hrs		Nuevos Soles
Tiempo Perdido por el Trabajador Accidentado	9.5	Costo Medio trabajadores Implicados	12.3875
Tiempo perdido por otros Trabajadores	0		
Tiempo perdido por la Supervisión	8	Costo Medio Supervisión Implicada	20
	17.5		32.3875
Costos Salariales directos (Nuevos Soles)	566.78125		
Días Perdidos por Accidente Colaborador	1	Salario del Trabajador	49.5
Costos por días perdidos	49.5		
Total costos Salariales	616.28125		
Valoración Económica de los Daños Materiales			
	TN	Costo por Tonelada (\$ 70)	nuevos oles
Producción Perdida (Toneladas de Material)	11583	234.5	2716213.5
Daños a Equipos, estructuras, vehículos, instalaciones, herramientas, etc.			
Reparación Interna		Valor de las Piezas de Repuesto	0
Reparación Externa		Importe Factura	
Reposición (Escalera)		Tener en cuenta amortización	0
Total costos por Daños Materiales	2716213.5		2716213.5
Costos Indirectos			
	Hrs	Costo por hora	Nuevos Soles
Servicios Médicos (Materiales, etc)	S/. -		0
Gastos Legales (Sanciones, multas, etc)	S/. -		0
Servicios de Terceros	S/. -		0
Investigación			
Reunión de Comité	2	56	112
Horas Osinergmin	0	50	0
Horas elaboración de Informes y Reportes	10	56	560
			672
Total Costos Indirectos	672		
Costo Total del Accidente	2717501.78		

FORMATO DE EVALUACIÓN PARA EL INFORME DE INVESTIGACIÓN

	HOCHSCHILD MINING		
SIG-REG-DGG13-02-01			
EVALUACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTE / INCIDENTE			
Unidad / Proyecto: _____	Accidente / Incidente: _____		
Fecha evaluación: _____	Evaluado por: _____		
Area / Sección: _____	Cia / E.C.: _____		
ITEM	FACTORES DE EVALUACION	PUNTOS POSIBLES	PUNTOS OTORGADOS
1	Entregado a tiempo y adecuadamente llenado	11	
2	La información identificada esta completa y correcta.	4	
3	Evaluación del potencial de severidad y el nivel de posible recurrencia	10	
4	Descripción clara y detallada	20	
5	Análisis de causas básicas e inmediatas	20	
6	Adecuadas acciones correctivas y preventivas para que no vuelva a suceder el incidente / accidente	20	
7	Firmas apropiadas y completas	15	
TOTAL		100	
Puntaje > 83 Informe bien realizado Puntaje entre 50 y 83 Informe aceptable Puntaje < 50 Informe deficiente Puntaje < 20 Informe no valida		RESPONSABLE DEL AREA	

SISTEMA INTEGRADO DE GESTION HOCHSCHILD MINING - DNY

CUADRO DE VERIFICACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE INCIDENTES Y/O ACCIDENTES

N°	AREA	CIA / E.C.	LUGAR	FECHA	DESCRIPCIÓN	PLAN DE ACCION	RESPONSABLE	FECHA PROVISIA	% LEVANT
					proceden a retirarse del lugar dejando la camionera en el mismo lugar	Revisión y elaboración del diseño de slot en veras angostas y taladros largos Difundir el incidente de alto potencial a todos los colaboradores de la Unidad	Walter Leyva/Enrique Chávez Enrique Chavez/ Carlos Oliva	30/05/2014 25.05.2014	0% 75%
12	MNA	CIA	T 1879 (1)	18/05/2014	Siendo la 10:15 A.M. se le da la indicación al operador Roberto Sivana Cospana de sacar el mineral del tajo 1879 quien se encontraba operando el Scoop diesel Nro 3403 - 1300, durante el proceso había retirado del Tajo hacia la cámara de carguío Nro 3 de Ramichoo en un número aproximado de 18 lampones; en dichas circunstancias el mencionado colaborador se encontraba haciendo la limpieza de mineral con el telemando y percibe el chispeo de la labor retirando un viaje mas de mineral hacia la cámara, al retornar para el siguiente viaje había colapsado la caja de la labor producto de la falla que se tenía en el techo, y como se percibe en el nivel inferior se tenía un voladizo producto a una sobreescabacion 5.70m de ancho y alto 4.5m y estaba sostenido con diostroete y pernos Hidrobolt de 7 pies que al generar la voladura no tenía punto de apoyo por lo que todo el bloque de voladizo se cae.	RETROALIMENTACION A LA SUPERVISION EN LA IMPORTACIA DE CUMPLIR LOS REQUISITOS PARA CADA METODO DE EXPLOTACION PARA EL PROGRAMA DE PRODUCCION MENSUAL OBLIGATORIAMENTE TIENEN QUE ESTAR PRESENTES TODAS LAS AREAS, MNA, GEOLOGIA PLANEAMIENTO, SEGURIDAD, GEOMECANICA Y MANTENIMIENTO. EN LOS PROYECTOS DE PERFORACION DE TALDRIOS LARGOS DEBE FIGURAR EL DISEÑO DE MALLA DE PERFORACION, ZONEAMIENTO GEOMECANICO FILA A FILA Y TIPO DE EXPLOSIVO A UTILIZAR	Enrique Chavez / Carlos Oliva Augusto Ponte / Enrique Chavez / Edward Llerena / Freddy Zurfiga	31/05/2014 INMEDIATO	0% 100%
13	MNA	ESA	CX 1870 Char	28/06/2014	Aproximadamente a las 02:00 en un momento que el sr. Luis Centeno y su ayudante se encontraban cortando la malla sobrealiente en el hastial izquierdo a 15 metros atrás de la cámara de carguío, en esas circunstancias se desprende una cuña longitudinal de la corona del CX- 1870 y el "z" volquete, aproximadamente de una longitud de 18/19 metros aproximadamente	En la reunión Semanal de Planeamiento, deben participar todas las áreas involucradas para la ejecución de labores programadas. Todo proyecto de labor debe contemplar la Geología a estructural de la zona así como el zoneamiento geomecánico a detalle Realizar la evaluación geomecánica en el terreno para la aprobación de proyecto Realizar la capacitación en el campo a todos los supervisores y colaboradores en geomecarios Difusión del incidente de alto potencial a los colaboradores	David Oliva / Walter Leyva / Edward Llerena Walter Leyva / Edward Llerena Edward Llerena Edward Llerena	Inmediato Inmediato Inmediato 30/06/2014 12/06/2014	100% 50% 100% 100%

**CARATULAS DE PRESENTACIÓN PARA LEVANTAMIENTOS DEL INCIDENTE DE
ALTO POTENCIAL DEL CX 1870**



DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD

**INCIDENTE DE ALTO POTENCIAL
Nº 11
DESPRENDIMIENTO DE ROCA
CX 1870**

E.C. IESA S.A.

UNIDAD OPERATIVA PALLANCATA



DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD

PROBLEMA

LIDERAZGO Y ADMINISTRACIÓN

PLAN DE ACCIÓN

En la reunión Semanal de Planeamiento, deben participar todas las áreas involucradas para la ejecución de labores programadas.

Tener los planos geomecánicas a detalle, actualizados en los paneles informativos de cada labor

E.C. IESA S.A.

UNIDAD OPERATIVA PALLANCATA



DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD

PROBLEMA

INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DEL CAMBIO

PLAN DE ACCIÓN

- Todo proyecto de labor debe contemplar la Geología estructural de la zona así como el zoneamiento geomecánica a detalle.
- Realizar la evaluación geomecánica en el terreno para la aprobación de proyectos.

E.C. IESA S.A.

UNIDAD OPERATIVA PALLANCATA



DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD

PROBLEMA

ENTRENAMIENTO DE CONOCIMIENTOS Y
HABILIDADES

PLAN DE ACCIÓN

Realizar la capacitación en el campo a todos los supervisores y colaboradores en geomecánica.

E.C. IESA S.A.



UNIDAD OPERATIVA PALLANCATA

DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD

PROBLEMA

**COMUNICACIÓN GRUPAL
PLAN DE ACCIÓN**

**Difusión del incidente de alto potencial a los
colaboradores**

E.C. IESA S.A.

UNIDAD OPERATIVA PALLANCATA



TÉCNICA DE ANÁLISIS SISTEMÁTICO DE CAUSAS (TASC®)



DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE O INCIDENTE

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE PÉRDIDA

Severidad del Potencial de Pérdida (A) Grave - Pérdida de vida, incapacidad permanente, Pérdida de proceso, Costo mayor (B) Serio - Pérdida de tiempo por lesiones, No incapacitación, Interrupción del proceso, Costo significativo (C) Leve - Lesión menor, sin pérdida de tiempo, Interrupción parcial del proceso, Costo menor	Probabilidad de Pérdida (A) Alta - Probabilidad de recurrencia a pérdida (B) Moderada - Probabilidad de recurrencia de Pérdida (C) Baja - Probabilidad de recurrencia de pérdida	Frecuencia de Exposición (A) Alta - Muchas personas expuestas muchas veces diariamente (B) Moderada - Moderado número de personas expuestas varias veces diariamente (C) Baja - Pocas personas expuestas en minutos de un día
---	---	--

Tipo de Contacto

1 Golpeo contra (control/obstáculo o impedimento) (Vea CI 1, 2, 4, 5, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 24)	2 Caída a un nivel bajo (Vea CI 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20)	3 Atropello por (Punto fijo/obstáculo) (Vea CI 4, 5, 11, 13, 14, 15, 16, 18)	7 Atropello o otro choque (golpeado o empujado) (Vea CI 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 22, 26)	9 Saltemiento, sobresaltos, sobrecarga, agotamiento (Vea CI 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15)
7 Golpeado por (Objeto en movimiento) (Vea CI 1, 2, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 24)	4 Caída al mismo nivel (golpear y caer, volcarse) (Vea CI 4, 9, 13, 14, 15, 16, 19, 22, 26)	6 Atropello en (seguro, colgado) (Vea CI 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18)	8 Contacto con (electricidad, calor, frío, radiación ionizante, caídas, sustancias tóxicas, bioactivas, radiación) (Vea CI 3, 4, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 28)	10 Saltemiento, sobresaltos, sobrecarga, agotamiento (Vea CI 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15)

Causas Inmediatas / Directas (CI)

PRÁCTICAS/FACTORES SUBSTANDIARES 1 Manejo de equipo sin autorización (Vea CI 2, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 10) 2 Falta de advertencia (Vea CI 2, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 10) 3 Falta de asegurar (Vea CI 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 10) 4 Manejo inadecuado (Vea CI 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 10) 5 Hacer inseguro los instrumentos de seguridad (Vea CI 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 10)	6 Uso de equipo defectuoso (Vea CI 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 10) 7 Uso inadecuado del EPP (Vea CI 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 10) 8 Carga inadecuada (Vea CI 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 10) 9 Aterramiento inadecuado (Vea CI 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 10) 10 Demoras excesivas de concentración/operación 11 Posición de tarea inadecuada (Vea CI 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 10) 12 Mantenimiento de equipo en operación (Vea CI 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 10)	13 Insumos (Vea CI 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 10) 14 Mala información del árbol de causas riesgos (Vea CI 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 10) 15 Uso inadecuado del equipo (Vea CI 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 10) 16 No seguir procedimientos (Vea CI 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 10)	CONDICIONES SUBSTANDIARES 17 Prevención y advertencia inadecuadas (Vea CI 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10) 18 EPP inadecuado o impuro (Vea CI 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 10) 19 Herramienta, equipo o material defectuoso (Vea CI 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 10) 20 Congestión o acción restringida (Vea CI 8, 9, 10) 21 Sistema de advertencia inadecuado (Vea CI 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 10) 22 Peligro de explosión o incendio (Vea CI 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10)	23 Desorden, área deficiente (Vea CI 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10) 24 Exposición a ruido (Vea CI 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10) 25 Exposición a radiación (Vea CI 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14) 26 Exposición a temperaturas extremas (Vea CI 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 10) 27 Aterramiento inadecuado (Vea CI 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10) 28 Ventilación inadecuada (Vea CI 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10) 29 Condiciones ambientales peligrosas (Vea CI 8, 9, 10, 11, 12, 13, 10)
---	---	--	--	---

Causas Básicas / Raíz (CB)

FACTORES PERSONALES 1 Capacidad Física/Fisiológica Inadecuada (Vea NS 4, 5, 12, 15, 18) 1.1 Altura, peso, talla, fuerza, alcance, etc. inadecuados 1.2 Movimiento corporal limitado 1.3 Capacidad limitada para sostener posiciones corporales 1.4 Sensibilidad a sustancias o alergias 1.5 Sensibilidad a extremos sensoriales (temperatura, sonido, etc.) 1.6 Deficiencia visual 1.7 Deficiencia auditiva 1.8 Otras deficiencias (fallo, gusto, oído, equilibrio) 1.9 Incapacidad respiratoria 1.10 Otras incapacidades físicas permanentes 1.11 Incapacidades temporales 2 Capacidad Mental/Científica Inadecuada (Vea NS 4, 9, 10, 15, 18) 2.1 Temores y Miedos 2.2 Disturbios emocionales 2.3 Enfermedad mental 2.4 Nivel de inteligencia 2.5 Incapacidad para comprender 2.6 Mal juicio 2.7 Mala coordinación 2.8 Reacción lenta 2.9 Poca agilidad mecánica 2.10 Poca agilidad de aprendizaje 2.11 Falta de memoria 3 Tensión Física o Fisiológica (Vea NS 4, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 18, 20) 3.1 Lesión o Enfermedad 3.2 Falga por carga o duración de tarea 3.3 Falga por falta de descanso 3.4 Falga por sobrecarga sensible 3.5 Exposición a riesgos contra la salud 3.6 Exposición a temperaturas extremas 3.7 Ineficiencia de equipo 3.8 Variación de presión atmosférica 3.9 Movimiento restringido 3.10 Ineficiencias de ajuste en el suero 3.11 Drogas	4 Tensión Mental o Psicológica (Vea NS 1, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 18, 20) 4.1 Sotercarga emocional 4.2 Falga por carga o velocidad de tarea mental 4.3 Demandas excesivas de optimización 4.4 Rutina, monotonía de trabajos no importantes 4.5 Demandas excesivas de concentración/operación 4.6 Actividades "sin sentido" o "degradantes" 4.7 Direcciones y demandas conflictivas 4.8 Posturas conflictivas 4.9 Preocupación por problemas 4.1 Frustración 4.11 Enfermedad mental 5 Falta de conocimiento (Vea NS 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20) 5.1 Falta de experiencia 5.2 Orientación deficiente 5.3 Aterramiento inicial inadecuado 5.4 Aterramiento actualizado deficiente 5.5 Direcciones malentendidas 6 Falta de habilidad (Vea NS 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15, 16) 6.1 Instrucción inicial deficiente 6.2 Práctica insuficiente 6.3 Ejecución poco frecuente 6.4 Falta de preparación/entrenamiento 6.5 Revisión inadecuada de Instrucciones 7 Motivación Inadecuada (Vea NS 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 17, 10) 7.1 Premia (liberación) del desempeño inadecuado 7.2 Castigo del desempeño adecuado 7.3 Falta de incentivos 7.4 Frustración excesiva 7.5 Agradación inadecuada 7.6 Intento inadecuado de ahorrar tiempo y esfuerzo 7.7 Intento inadecuado de evitar la incomodidad 7.8 Intento inadecuado de captar la atención 7.9 Eficacia inadecuada 7.10 Presión inadecuada de los compañeros 7.11 Ejemplo inadecuado de supervisión 7.12 Reconocimiento deficiente del desempeño 7.13 Refuerzo deficiente del comportamiento inadecuado	7.14 Incentivos de producción inadecuada FACTORES DE TRABAJO 8 Liderazgo y/o Supervisión Inadecuada (Vea NS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) 8.1 Relaciones jerárquicas poco claras o conflictivas 8.2 Asignación de responsabilidad poco clara o conflictiva 8.3 Delegación insuficiente o inadecuada 8.4 Dar pautas, procedimientos, prácticas o pautas de acción inadecuadas 8.5 Dar objetivos, metas, normas contradictorias 8.6 Programación o planificación inadecuada de trabajo 8.7 Instrucción/orientación y/o preparación deficiente 8.8 Documentos de referencia, instrucciones y publicaciones de asesoramiento 8.9 Identificación y evaluación deficiente de exposiciones a pérdida 8.10 Conocimiento inadecuado del trabajo de supervisión/administración 8.11 Asignación inadecuada del trabajador a las exigencias de la tarea 8.12 Medición y evaluación deficiente del desempeño 8.13 Retroalimentación deficiente o incorrecta del desempeño 9 Ingeniería Inadecuada (Vea NS 1, 3, 4, 5, 12, 14) 9.1 Evaluación inadecuada de las exposiciones a pérdidas 9.2 Consideración deficiente de factores ergonómicos/humanos 9.3 Estándares y especificaciones y/o criterios de diseño deficientes 9.4 Control inadecuado de la construcción 9.5 Evaluación inadecuada de condiciones operacionales 9.6 Controles inadecuados 9.7 Mantenimiento y operación inicial inadecuado 9.8 Evaluación inadecuada del cambio 10 Adquisiciones Inadecuadas (Vea NS 1, 3, 4, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 10) 10.1 Especificaciones deficientes de órdenes y pedidos 10.2 Investigación inadecuada del material/equipo 10.3 Especificaciones inadecuadas a proveedores 10.4 Medialidad o falta de reemplazo inadecuado	10.5 Inspección de recepción deficiente 10.6 Comunicación inadecuada de información de salud y seguridad 10.7 Manejo inadecuado de materiales 10.8 Almacenamiento inadecuado de materiales 10.9 Transporte inadecuado de materiales 10.10 Identificación deficiente de materiales peligrosos 10.11 Disposición inadecuada de residuos y desperdicios 10.12 Selección inadecuada de contratistas 11 Mantenimiento Inadecuado 11.1 Prevención inadecuada 11.1.1 Evaluación de necesidades 11.1.2 Lubricación y servicio 11.1.3 Aperturamiento 11.1.4 Limpieza y pulimento 11.2 Reparación inadecuada 11.2.1 Comprobación de necesidades 11.2.2 Planeamiento del trabajo 11.2.3 Examinación de unidades 11.2.4 Substitución de partes 12 Herramientas y Equipos Inadecuados 12.1 Evaluación deficiente de necesidades y riesgos 12.2 Consideración inadecuada de factores humanos/ergonómicos 12.3 Estándares o especificaciones inadecuadas 12.4 Disponibilidad inadecuada 12.5 Ajuste/separación/mantenimiento deficiente 12.6 Saltemiento y reclamación inadecuada 12.7 Inadecuada remoción y reemplazo de artículos deficientes 13 Estándares de Trabajo Inadecuados (Vea NS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 19) 13.1 Desarrollo inadecuado de estándares para: 13.1.1 Inventario y evaluación de exposiciones y necesidades 13.1.2 Coordinación en el diseño del proceso 13.1.3 Producción del empleado 13.1.4 Estándares, procedimientos, reglas 13.2 Comunicación de estándares para: 13.2.1 Publicaciones 13.2.2 Distribución 13.2.3 Traducción a idiomas apropiados	13.2.4 Entrenamiento 13.2.5 Reforzamiento con símbolos, códigos, símbolos de color y 13.3 Mantenimiento inadecuado de estándares para 13.3.1 Soportamiento de flujos de trabajo 13.3.2 Actualización 13.3.3 Monitoreo del uso de estándares para 13.4 Monitoreo inadecuado del cumplimiento 14 Uso y Desgaste Excesivo (Vea NS 3, 4, 6, 9, 10, 13, 14, 15) 14.1 Planificación inadecuada de uso 14.2 Extensión inadecuada de uso 14.3 Inspección y/o control deficiente 14.4 Carga o proporción de uso deficiente 14.5 Mantenimiento deficiente 14.6 Uso por personas no calificadas/entrenadas 14.7 Uso para propósitos indebidos 15 Abuseo o Mal Uso (Vea NS 1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19) 15.1 Conducir inadecuado concurrido 15.1.1 Intencional 15.1.2 No intencional 15.2 Conducir inadecuado permitida 15.2.1 Intencional 15.2.2 No intencional
--	---	---	--	--

Necesidades del Sistema (NS)

1 LIDERAZGO Y ADMINISTRACIÓN 1.1 Política General 1.2 Coordinador de Control de Pérdidas 1.3 Participación de la Gerencia Superior y Media 1.4 Estándares de Desempeño de Control de Pérdidas 1.5 Participación en Actividades de Control de Pérdidas 1.6 Revisiones de la Gerencia 1.7 Manual de Referencia de Control de Pérdidas 1.8 Auditorías Internas 1.9 Responsabilidad Individual de Control de Pérdidas 1.10 Objetivos Anuales de Control de Pérdidas 1.11 Comités Conjuntos de Seguridad y Salud y Representantes de Seguridad y Salud 1.12 Negativa a Trabajar Debido a Peligros de Control de Pérdidas 1.13 Bibliografía de Referencia 1.14 Control de Documentos 1.15 Regulaciones, Códigos y Estándares 1.16 Comunicaciones Externas	2 ENTRENAMIENTO DE LIDERAZGO 2.1 Análisis de necesidades de Entrenamiento 2.2 Orientación/Inducción de Liderazgo en Control de Pérdidas 2.3 Entrenamiento Formal Inicial de la Gerencia Superior. 2.4 Repaso, Actualización y Entrenamiento Formal Avanzado de la Gerencia Superior. 2.5 Entrenamiento Formal Inicial del Liderazgo en Control de Pérdidas. 2.6 Repaso, Actualización y Entrenamiento Formal Avanzado del Liderazgo en Control de Pérdidas. 2.7 Entrenamiento Formal del Coordinador de Control de Pérdidas 2.8 Registros de Entrenamiento	3 INSPECCIONES PLANEADAS Y MANTENIMIENTO 3.1 Inspecciones Generales Planeadas 3.2 Sistema de Seguimiento 3.3 Análisis del Informe de Inspección 3.4 Partes/Artículos Críticos 3.5 Mantenimiento Preventivo 3.6 Inspecciones de Sistemas Especiales 3.7 Inspecciones de Pre-Usos del Equipo 3.8 Sistema Alterno para Reportar Condiciones Substandiars 3.9 Requisitos de Cumplimiento	4 ANÁLISIS Y PROCEDIMIENTOS DE TAREAS CRÍTICAS 4.1 Administración 4.2 Inventario de Tareas Críticas 4.3 Objetivos del Análisis y Procedimientos de Tareas Críticas 4.4 Análisis y Procedimientos de Tareas Críticas 4.5 Identificación y Control de Pérdidas Potenciales	5 INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES / INCIDENTES 5.1 Sistema de Investigación de Accidentes/Incidentes 5.2 Participación de la Gerencia Operativa 5.3 Accidentes/Incidentes Graves y con Alto Potencial 5.4 Acciones Correctivas y de Seguimiento 5.5 Investigación y Reporte de Incidentes (Casi-Accidentes) 5.6 Mantenimiento de Informes de Accidentes/Incidentes	6 OBSERVACIÓN DE TAREAS 6.1 Administración 6.2 Observación parcial/Selectiva de Tareas 6.3 Observación Completa de Tareas 6.4 Observación de Tareas Críticas 6.5 Sistema de Seguimiento 6.6 Análisis de Informes de Observaciones de Tareas	7 PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS 7.1 Administración 7.2 Análisis de Reacción a Emergencias 7.3 Plan de Emergencia 7.4 Emergencias Externas 7.5 Controles de Fuentes de Energía 7.6 Sistemas de Protección y Rescate 7.7 Equipos de Emergencia 7.8 Sistema de Experiencias Adquiridas 7.9 Primeros Auxilios 7.10 Ayuda Mutua y Asistencia Externa Organizada 7.11 Planeamiento después del Evento 7.12 Comunicación de Caso de Emergencia 7.13 Comunicados a la Comunidad.	8 REGLAS Y PERMISOS DE TRABAJO 8.1 Reglas Generales de Control de Pérdidas 8.2 Reglas de Trabajo Especializado 8.3 Sistema de Permisos de Trabajo Especializado 8.4 Sistema de Permisos de Operación 8.5 Aprendizaje y Revisión de Reglas 8.6 Cumplimiento y reconocimiento de las reglas 8.7 Uso de Letreros de Instrucción y Códigos de Colores	9 ANÁLISIS DE ACCIDENTES/INCIDENTES 9.1 Mediciones de Consecuencia 9.2 Análisis de Causa y Control 9.3 Identificación y Análisis del Daño a la Propiedad/Proceso 9.4 Análisis de Incidentes (Casi-accidentes) 9.5 Equipos para la Solución de Problemas	10 ENTRENAMIENTO DE CONOCIMIENTO Y HABILIDADES 10.1 Administración 10.2 Análisis de Necesidades de Entrenamiento 10.3 Calificaciones del Instructor 10.4 Sistemas de Entrenamiento 10.5 Evaluación del Sistema de Entrenamiento y Seguimiento	11 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL 11.1 Identificación de Necesidades de Equipo de Protección Personal 11.2 Registros de Equipo de Protección Personal 11.3 Cumplimiento con los estándares	12 CONTROL DE SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL 12.1 Administración 12.2 Identificación y Evaluación de Riesgos a la Salud 12.3 Control de Riesgos a la Salud 12.4 Control de Salud Ocupacional e Higiene Industrial 12.5 Información y Entrenamiento 12.6 Sistema de Cuidados de Salud 12.7 Asistencia Profesional 12.8 Comunicaciones 12.9 Registros	13 EVALUACIÓN DEL SISTEMA 13.1 Evaluación de Requisitos de Control de Pérdidas 13.2 Evaluación Regular del Sistema 13.3 Evaluación del Cumplimiento con los Estándares del Sistema 13.4 Encuestas de Percepción 13.5 Mantenimiento de Registros.	14 INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DEL CAMBIO 14.1 Administración 14.2 Identificación de Riesgos y Evaluación de Peligros 14.3 Revisión de Proyectos y Administración del Cambio 14.4 Controles de Operación y Procesos de Trabajo	16 COMUNICACIONES EN GRUPO 16.1 Reuniones de Control de Pérdidas 16.2 Mantenimiento de Registros 16.3 Participación de la Administración	17 PROMOCIÓN GENERAL 17.1 Tableros para Avances de Control de Pérdidas 17.2 Uso de Estándares de Accidentes/Incidentes 17.3 Promoción de Temas Críticos 17.4 Premios y Reconocimiento a Individuos 17.8 Publicaciones de Control de Pérdidas 17.6 Premios y Reconocimientos a Grupos 17.7 Promoción del Sistema de Orden y Limpieza 17.9 Promociones Externas 18 Registro de las Actividades de Promoción	18 CONTRATACIÓN Y COLOCACIÓN 18.1 Requisitos de Capacidad 18.2 Examen Médico 18.3 Orientación/Inducción General 18.4 Revisión de Calificaciones de Pre-Employee Pre-Colocación	19 ADMINISTRACIÓN DE MATERIALES Y SERVICIOS 19.1 Compras de Mercancías 19.2 Selección de Contratistas 19.3 Administración de Contratistas.	20 SEGURIDAD FUERA DEL TRABAJO 20.1 Identificación y análisis del Problema 20.2 Educación de Seguridad Fuera del Trabajo
--	---	--	--	---	--	---	---	---	---	---	---	--	---	--	---	---	--	---

LEYENDA DE NECESIDADES
 P - No es parte de nuestro sistema
 S - Estándares inadecuados
 C - Cumplimiento inadecuado de nuestros estándares