

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Propuesta de control de la calidad de los elementos de sostenimiento

para la fortificación de las labores mineras en la Mina

Andaychagua

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Jader Angel MENDOZA ESPINOZA

Asesor: Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ

Cerro de Pasco - Perú- 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Propuesta de control de la calidad de los elementos de sostenimiento

para la fortificación de las labores mineras en la Mina

Andaychagua

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA

PRESIDENTE

Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS

MIEMBRO

Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA

MIEMBRO

DEDICATORIA

Este presente trabajo lo dedico de una manera muy especial a Dios, a mis padres Miguel y Hermelinda por brindarme a lo largo de mi vida, su amor, su apoyo, cuidado y por velar siempre por mis necesidades, a todos mis hermanos por ser parte fundamental en mi vida quienes me dieron fuerzas para salir adelante y lograr con mis objetivos trazados.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis amigos y compañeros de trabajo de la unidad minera andaychagua, en especial al área de geomecánica, que con su apoyo contribuyeron a la realización de esta presenta tesis, por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proyecto de investigación.

A la universidad Daniel Alcides Carrión mi alma mater que me permitió aprender una educación de calidad con maestros preparados en sus áreas designados.

A mi asesor el Ing. Teodoro Santiago Almerco quien me asesoro con mucha enseñanza para poder culminar con el informe final de tesis.

A mis docentes de la facultad de ingeniería de minas por sus aportes, consejos y experiencias que han encaminado mi carrera profesional que ahora me permite aplicar en mi labor profesional.

A mi familia por creer y confiar en mí y por ser siempre mis principales motivadores y los formadores de lo que ahora soy como persona

RESUMEN

La presente tesis que tiene por título “propuesta de control de la calidad de los elementos de sostenimiento para la fortificación de las labores mineras en la mina andaychagua”, su objetivo es plantear una propuesta de control de la calidad de los elementos de sostenimiento para la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua.

Dentro del aspecto metodológico vemos: Referente al tipo de investigación, será de tipo aplicado, El nivel de la investigación es descriptivo, El método que emplearemos es deductivo, inductivo y de análisis y síntesis, El diseño de este trabajo es cualitativo no experimental, Técnicas emplearemos el recojo documentario para su análisis, también documentos sobre la normativa y guías tanto nacional como internacionales existentes.

Las principales conclusiones tenemos:

En las labores mineras que se realiza en la mina Andaychagua se puede observar en forma regular inestabilidades de la masa rocosa especialmente del techo, así como en las rampas, tajeos, subniveles, en la que es materia de establecer un control y plan de trabajo para evitar lesiones e incidentes de los riesgos que pueden existir.

La propuesta de control de calidad que se plantea de los elementos de sostenimiento para fortificar las labores se basa en tres aspectos que vienen a ser.

- Programas e inspecciones
- Control de la calidad de los elementos de sostenimiento
- Protocolos geomecánicos para el sostenimiento.

Palabras Clave: control de la calidad, sostenimiento, Shotcrete, pernos de anclaje.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Proposal to control the quality of the support elements for the fortification of the mining activities in the andaychagua mine", its objective is to propose a proposal to control the quality of the support elements for the fortification of the mining works in the andaychagua Mine.

Within the methodological aspect we see: Regarding the type of research, it will be applied, The level of the research is descriptive, The method that we will use is deductive, inductive and analysis and synthesis, The design of this work is qualitative and not experimental, Techniques We will use the documentary collection for its analysis, as well as documents on existing national and international regulations and guides.

The main conclusions we have:

In the mining work carried out at the Andaychagua mine, instabilities of the rock mass, especially the roof, can be observed regularly, as well as in the ramps, tajeos, sublevels, in which it is a matter of establishing a control and work plan to Avoid injuries and incidents of risks that may exist.

The quality control proposal that arises from the support elements to fortify the work is based on three aspects that come to be.

- Programs and inspections
- Quality control of the support elements
- Geomechanical protocols for support.

Keywords: quality control, support, Shotcrete, anchor bolts.

INTRODUCCIÓN

La actividad minera en el Mundo, América y en el Perú no está exenta de riesgos, los cuales, si no son controlados adecuadamente, puede traducirse en accidentes fatales e incapacitantes, desgraciadamente uno de los problemas es el inadecuado y falta de control del sostenimiento de las labores mineras que pueden producir pérdidas de vidas o sufrir lesiones,

La investigación establecerá y reforzará los controles aplicados al macizo rocoso, empleados en las operaciones mineras subterráneas de la Unidad Andaychagua. Estos controles se utilizarán junto con otros documentos controlados relacionados con la gestión del terreno en las operaciones mineras subterráneas.

Haciendo ver cómo la Unidad Andaychagua planificará y operará la gestión de riesgos aplicada a la Falla del Macizo Rocosó en nuestras operaciones. Así mismo, es importante entender que la ejecución efectiva agregará valor a la seguridad, eficiencia y el rendimiento del ciclo de minado. también garantizará el cumplimiento de las Regulaciones de Minería relevantes y garantizará que se tomarán las consideraciones Geomecánicas adecuadas al momento de planificar y diseñar la mina

Frente a esto planteamos realizar la investigación sobre una: “Propuesta de control de la calidad de los elementos de sostenimiento para la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua, para evitar que se produzcan accidentes y tener un sostenimiento adecuado”.

La investigación comprende cuatro capítulos formulados de la siguiente manera.

El capítulo I comprende la problemática de la investigación sobre el control de la calidad de los elementos de sostenimiento para la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua donde plateamos el problema, objetivo, la justificación, importancia

El capítulo II abarca el marco teórico donde se analiza los antecedentes del problema, habiendo revisado 5 tesis en relación al tema de estudio, luego se vio las bases teóricas referente a sostenimiento, también se vio la terminología usada en relación al tema que estamos tratando, luego se formuló la hipótesis y las variables del estudio.

El capítulo III trata sobre la metodología empleada referente al nivel, tipo, método, diseño, población, muestra, recolección de datos, análisis de datos y la orientación ética.

El capítulo IV abarca los resultados de la investigación donde tratamos aspectos como la Inestabilidad del macizo rocoso en la mina, Elementos para el control geomecánico del sostenimiento, CONTROL DE CALIDAD A ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.2.1. Delimitación espacial	3
1.2.2. Delimitación temporal	3
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Justificación de la investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	6
2.2. Bases teóricas – científicas	9
2.2.1. Sostenimiento	9
2.2.2. Clases de sostenimiento.....	9
2.2.3. Pernos	12
2.2.4. Cables	16
2.2.5. Shotcrete	17
2.3. Definición de términos básicos	19
2.4. Formulación de la hipótesis.....	21
2.4.1. Hipótesis General	21
2.4.2. Hipótesis específicas.....	21
2.5. Identificación de variables.....	22
2.6.1. Variables para la hipótesis general	22
2.6.2. Variables para la hipótesis específicas	22
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	22

CAPITULO III
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Nivel de investigación.....	24
3.3. Métodos de investigación	24
3.4. Diseño de investigación	24
3.5. Población y muestra	25
3.5.1. Población	25

3.5.2. Muestra	25
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.6.1. Técnicas	25
3.6.2. Instrumentos	25
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	25
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	26
3.9. Tratamiento estadístico	26
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	26

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	27
4.1.1. Inestabilidad del macizo rocoso	27
4.1.2. Elementos para el control geomecánica del sostenimiento	30
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	38
4.2.1. Control de calidad a los elementos de sostenimiento.	38
4.2.2. Control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting.....	47
4.2.3. Control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting.....	49
Control geomecánica del sostenimiento	49
4.2.4. Control para cuñas y bloques mayores	49
4.2.7. Protocolo de ingreso a labores no sostenidas	65
4.2.8. Protocolo para monitoreo micro-sísmico	70
4.2.9. Protocolo para el uso de softwares geomecánico	76
4.2.10. Protocolos de diseño de soporte	78
4.2.11. Protocolo de generación de TARPS	81
4.2.12. Protocolo para análisis geomecánico de tajeos.....	84

4.3. Prueba de hipótesis.....86

4.4. Discusión de resultados87

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Accidentes mortales en el sector minero	2
Tabla 2. Especificaciones técnicas	17
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	23
Tabla 4. Programa de inspecciones por meses	31
Tabla 5. Cronograma de levantamiento de pasivos 2020	32
Tabla 6. Granulometrías recomendadas	40
Tabla 7. Requisitos de los aditivos	41
Tabla 8. Trabajabilidad del shotcrete	43
Tabla 9. Temperaturas de trabajo	44
Tabla 10. Resistencia a la compresión.....	44
Tabla 11. Adherencia.....	45
Tabla 12. Requisitos mínimos para la resistencia a la adherencia.....	45
Tabla 13. Densidad	45
Tabla 14. Requisitos para medir la Durabilidad	46
Tabla 15. TARP para medición de convergencias	51
Tabla 16. TARP de extensómetro.....	52
Tabla 17. TARP para levantamiento de puntos	52
Tabla 18. Instrumentación y frecuencia del monitoreo	56
Tabla 19. TARP para monitoreo sísmico.	74
Tabla 20. Cronograma de implementación de monitoreo sísmico.	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sostenimiento activo pernos	11
Figura 2. Sostenimiento activo pernos, cables	11
Figura 3. Sostenimiento pasivo mallas, cimbras	12
Figura 4. Sostenimiento pasivo shotcrete, cuadros de madera.....	12
Figura 5. ELEMENTOS DEL PERNO	13
Figura 6. Elementos de un perno.....	14
Figura 7. Sostenimiento activo y pasivo	15
Figura 8. Sostenimiento con pernos	15
Figura 9. Elementos de un cable	16
Figura 10. Comunicaciones de las inspecciones y las alertas	33
Figura 11. Formato de inspecciones geomecánicas- reporte diario	34
Figura 12. Formato de reporte de inspecciones de pasivos (grupo soporte).....	35
Figura 13. Reporte de inspección a la zona del comedor en interior mina	36
Figura 14. Protocolo para inspecciones geomecánicas	37
Figura 15. Formato de inspección de pasivos lineales	37
Figura 16. Niveles de riesgo.....	38
Figura 17. Registro de ensayo Pull test	48
Figura 18. Reporte de actividad sísmica	72

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La actividad minera en el Mundo, América y en el Perú no está exenta de riesgos, los cuales, si no son controlados adecuadamente, puede traducirse en accidentes fatales e incapacitantes, desgraciadamente uno de los problemas es el inadecuado y falta de control del sostenimiento de las labores mineras que pueden producir pérdidas de vidas o sufrir lesiones, pudiendo mencionar como causas de la “FALLA EN EL SOSTENIMIENTO” lo siguiente:

Desabastecimiento de materiales de sostenimiento Liderazgo y compromiso no sostenible.

Estándares inadecuados del sostenimiento. Demora en la instalación del sostenimiento.

Tiempo de autoaporte (demora), velocidad de minado. Crece las dimensiones de la excavación.

Desfase entre el avance del minado y el sostenimiento (relleno). Fallas en los procedimientos de instalación.

Malos hábitos.

Tolerancia a evadir los estándares.

Inexistencia del control de calidad del sostenimiento instalado antes y después (diámetro de taladros, topeados de soporte a la roca, espesor).

Calidad de los elementos de sostenimiento

Todas estas causas van a generar La ocurrencia de accidentes en las minas, especialmente por la caída de rocas, no es más que la consecuencia del desfase entre las nuevas tecnologías geomecánicas de sostenimiento y la minería tradicional empírica que existe en el país, donde la producción del mineral prima sobre cualquier otro planteamiento, incluyendo la vida de los trabajadores, (Osinergmin, 2017, p.80), vemos en el cuadro siguiente la producción de accidentes mortales desde 2001 hasta 2020.

Tabla 1.
Accidentes mortales en el sector minero

ACCIDENTES MORTALES EN EL SECTOR MINERO

PERIODO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
2001	2	9	5	5	8	3	8	8	4	5	4	5	66
2002	20	2	4	6	5	5	4	6	4	8	8	1	73
2003	4	8	5	7	5	3	4	5	3	3	4	3	54
2004	2	9	8	5	2	9	1	3	4	7	5	1	56
2005	3	8	6	6	6	3	5	3	7	5	8	9	69
2006	6	7	6	3	6	5	6	5	4	9	4	4	65
2007	5	6	7	3	7	6	4	6	5	6	5	2	62
2008	12	5	7	6	3	5	6	6	5	3	3	3	64
2009	4	14	6	2	3	8	6	4	2	1	4	2	56
2010	5	13	1	6	5	9	6	4	3	4	4	6	66
2011	4	8	2	5	6	5	4	5	4	5	1	3	52
2012	2	6	8	2	4	2	5	5	3	8	4	4	53
2013	4	6	5	6	1	4	4	4	5	2	4	2	43
2014	6	1	1	1	1	3	7	2	2	0	1	7	32
2015	5	2	7	2	0	2	1	2	2	3	3	0	29
2016	4	3	3	1	6	2	2	3	4	1	2	3	34
2017	5	5	3	2	6	1	3	4	2	8	0	2	41
2018	2	1	2	5	3	2	1	3	2	2	3	1	27
2019	4	2	1	4	4	3	3	3	3	1	6	6	40
2020	2	5	3	0	2	1	1						14

(MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS- PERU, 2020, p.26)

Frente a esto planteamos realizar la investigación sobre una: “Propuesta de control de la calidad de los elementos de sostenimiento para la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua, para evitar que se produzcan accidentes y tener un sostenimiento adecuado”.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La mina Andaychagua propiedad de “Volcán Compañía Minera S.A.A” será el lugar para realizar este informe. Esta mina se ubica en la localidad de Huay-Huay, en la provincia de Yauli y en la región de Junín.

1.2.2. Delimitación temporal

El tiempo que conllevará el desarrollo de la investigación será de 6 meses, entre enero y julio del 2021.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Qué propuestas se planteará para el “Control de la calidad de los elementos de sostenimiento” para la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Qué propuesta se planteará para el Control de calidad del hormigón lanzado (Shotcrete) en la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua?
- b. ¿Qué propuesta se planteará para el Control de calidad para pernos de anclaje y

cables bolting en la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Plantear una propuesta de control de la calidad de los elementos de sostenimiento para la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Plantear una propuesta de control de calidad del hormigón lanzado (Shotcrete) en la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua.
- b. Plantear una propuesta de control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting en la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua.

1.5. Justificación de la investigación

Ante la problemática planteada sobre el control del sostenimiento en la mina Andaychagua, la cual pudiera ocasionar accidentes o lesiones a los trabajadores, resulta de interés plantear una propuesta de cómo debe llevarse a cabo los controles del sostenimiento de las labores mineras.

Nuestra investigación plantea realizar una propuesta de control de los elementos del sostenimiento con el propósito de que se puedan corregir los problemas que se puedan encontrar al realizar los controles.

La investigación proporcionará información que será útil a la Unidad Minera para mejorar sus operaciones debido a que podrá mejorar sus estándares con la que cuenta.

También debo decir que la investigación proporcionara mayor conocimiento sobre el tema contribuyendo con mayores datos sobre el control del sostenimiento.

Todos estos aspectos justifican llevar a cabo este proyecto.

1.6. Limitaciones de la investigación

Sobre las limitaciones del proyecto debo decir, el presupuesto considerado se sustenta con mis recursos y de la empresa por tanto no se considera como una limitación.

En cuanto a la limitación de personal, tampoco tendremos problemas porque se cuenta con personal capacitado para estos trabajos tanto personal técnico, profesional y el mío propio, no encontrando limitación.

En cuanto al tiempo, lo programado se cumplirá ya que se tiene las holguras necesarias para cada actividad y se cuenta con los permisos correspondientes para realizar la investigación.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Al revisar los trabajos relevantes relacionados mi investigación hemos encontrado poca información que trata específicamente sobre control de calidad del sostenimiento en labores mineras, pero si relacionado a temas de sostenimiento del cual haremos uso.

En su tesis, cuyo título es “Concreto lanzado para optimizar el sostenimiento y costos operativos en una excavación minera subterránea, Yauli-Oroya” (CORNEJO, 2020). indica que su objetivo es mejorar el sostenimiento y sus costos usando el concreto lanzado, el tipo de investigación es aplicada, con un nivel correlacional explicativa, un diseño experimental, teniendo como resultados:

Al comparar dos tipos de concreto lanzado uno de 20 kg/m² de fibra metálica y el

otro de 40 kg/m² de fibra metálica se obtuvo a los 28 días una absorción de energía de 1431.01 Joules y 1500.15 Joules respectivamente.

El agregado que se usa el de Pachachaco contiene muchos finos que afecta a la consistencia del concreto.

Como conclusión final se llega a afirmar que el concreto de 40 kg/m² de fibra metálica es la solución más óptimo que ofrece “una adecuada resistencia a la compresión” de $f'c$ de 615 kg/m², esto hace posible la optimización del sostenimiento y bajar los costos al no usar malla ni la segunda capa de concreto.

La tesis que lleva por título “optimización de capex - opex en sostenimiento de labores mineras mediante pernos hidrabolt y malla electrosoldada en la empresa MINERA ARAPA S.A.C. – AREQUIPA – 2019” (**GUILLERMO, 2020**). nos dice que su

objetivo es alcanzar el nivel óptimo del “Capex y Opex en el sostenimiento de la rampa San Vicente en la minera Arapa”, realizando una investigación de tipo descriptiva, y teniendo como conclusión dice al utilizar pernos Hidrabolt y malla electrosoldada se tiene un capex – opex en el sostenimiento de 42.92 \$/m² al realizar la rampa.

los costos al utilizar malla y perno hidrabolt se consiguió reducir en 4.71 \$/m² en la construcción de la rampa San Vicente.

Por su parte en la tesis titulado: “aplicación de sostenimiento activo y pasivo en etapas iniciales de la operación para mejorar la estabilidad y la seguridad, unidad minera el Porvenir Empresa INCIMMET” (**GUTIERREZ, 2019**). cuyo objetivo es realizar sostenimiento de las labores aplicando sostenimiento activo y pasivo, y ver cuando se diseña el sostenimiento mediante el modelo geomecánica este incide en

el sostenimiento final y en el mejoramiento de la estabilidad de las labores mineras, como conclusiones se tiene.

Se logró un nivel cero en el índice de accidentabilidad por deslizamiento rocoso con el uso de mallas electrosoldadas.

Se fortaleció la confianza de los trabajadores debido a contar con un sostenimiento debidamente instalado,

Se logró avances en los frentes y tajeos incrementando la productividad

La caracterización geomecánica de la roca usada para diseñar el sostenimiento garantizo la seguridad de las labores.

En la tesis titulado “uso de cable bolting para explotaciones mineras” (**NINA, 2019**). cuyo objetivo es la comparación del costo del cable bolting en la empresa minara Volcán y la empresa minera Milpo, es una investigación descriptiva analítica, de corte transeccional descriptivo, como resultado se tiene.

El uso de cable bolting es muy económico en el sostenimiento de labores mineras y se obtiene como costo en la mina Volcán de 1.9 \$/m y en compañía minera Milpo de 2.21 \$/m.

En la tesis, titulado “caracterización geomecánica para el análisis de pernos hydrabolt en el sostenimiento de labores subterráneas compañía minera Casapalca” (**BLANCO, 2018**). cuyo objetivo es el de ver la geomecánica de la roca de la mina para poder aplicar pernos Hidrabolt en el sostenimiento de las labores.

El tipo de investigación que usa es aplicado, con un nivel descriptivo y un diseño descriptivo simple, transeccional no experimental, como conclusión se tiene:

Con rocas con un RMR DE 68 Y 59 se debe utilizar pernos de anclaje en el techo y

paredes para garantizar un adecuado sostenimiento.

Los pernos split set, hidrabolt, swellex su anclaje es más uniforme al variar la longitud y su costo asciende a 10.95 \$/m². La barra helicoidal con resina tiene un costo de 50.67 \$/m².

La capacidad de carga de los pernos hidrabolt de 5 pies es de 11.2 toneladas y el de 7 pies es de 10.8 toneladas.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Sostenimiento

Dentro de las distintas definiciones sobre sostenimiento tomamos textualmente de (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 105) que dice:

“El término “sostenimiento” es usado aquí para cubrir los diversos aspectos relacionados con los pernos de roca (de anclaje mecánico, de varillas de fierro corrugado o barras helicoidales ancladas con cemento o con resina, split sets y swellex cables, malla, cintas de acero straps concreto lanzado shotcrete simple y con refuerzo de fibras de acero, cimbras de acero, gatas, madera (paquetes, cuadros y conjuntos de cuadros), relleno y algunas otras técnicas de estabilización de la masa rocosa” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 105).

2.2.2. Clases de sostenimiento

Los diversos actores lo clasifican en dos grandes campos, los de apoyo pasivo y los de apoyo activo.

Sostenimientos pasivos

Son cuando los elementos del sostenimiento soportan los esfuerzos de la roca externamente, (Osinergmin, 2017) “Actúan en la superficie de la excavación o en su interior (cimbras metálicas, cuadros de madera, concreto lanzado y pernos cementados) Estos elementos pasivos requieren que la roca se desplace o deforme para recién empezar a actuar como soporte” (Osinergmin, 2017, p.85).

Tipos

Dentro de los elementos de sostenimiento tenemos una gran variedad que pueden colocarse solos o en combinación, así tenemos:

- Pernos de anclaje Cables de acero.
- Revestimiento de concreto.
- Concreto lanzado (simple o reforzado con fibra) Puntales de madera.
- Paquetes de madera (Wood pack) Cuadros de madera con Encribado de madera.
- Cimbras metálicas Cimbras cedentes
- Gatas hidráulicas
- Malla metálica eslabonada y electrosoldada Relleno (simple o cementado)
- Pernos auto perforantes con relleno cementado (para rocas blandas) Elementos de pre soporte (micropilotes y spilling bars), (Osinergmin, 2017, págs. 94,95).

Figura 1.
Sostenimiento activo pernos

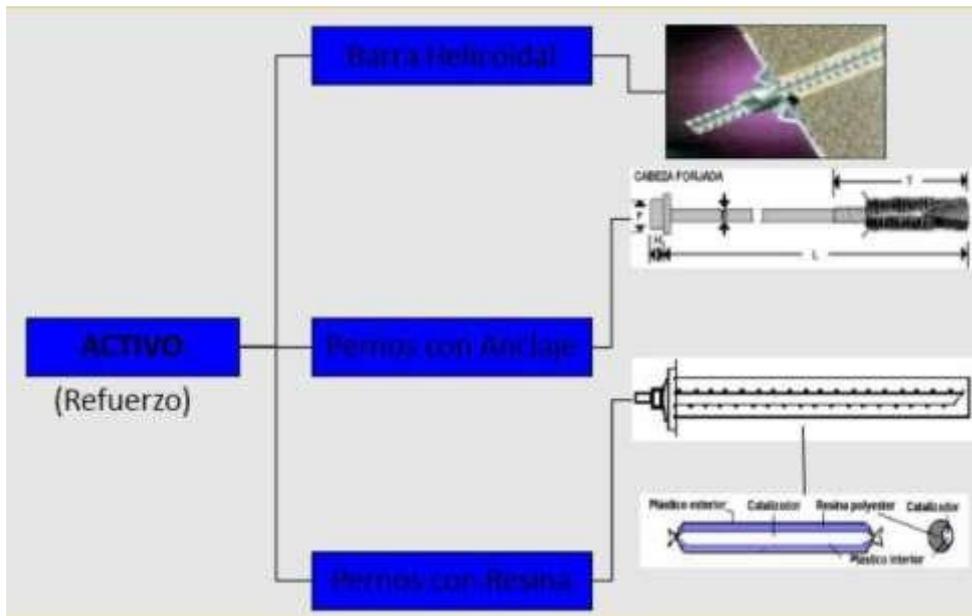


Figura 2.
Sostenimiento activo pernos, cables

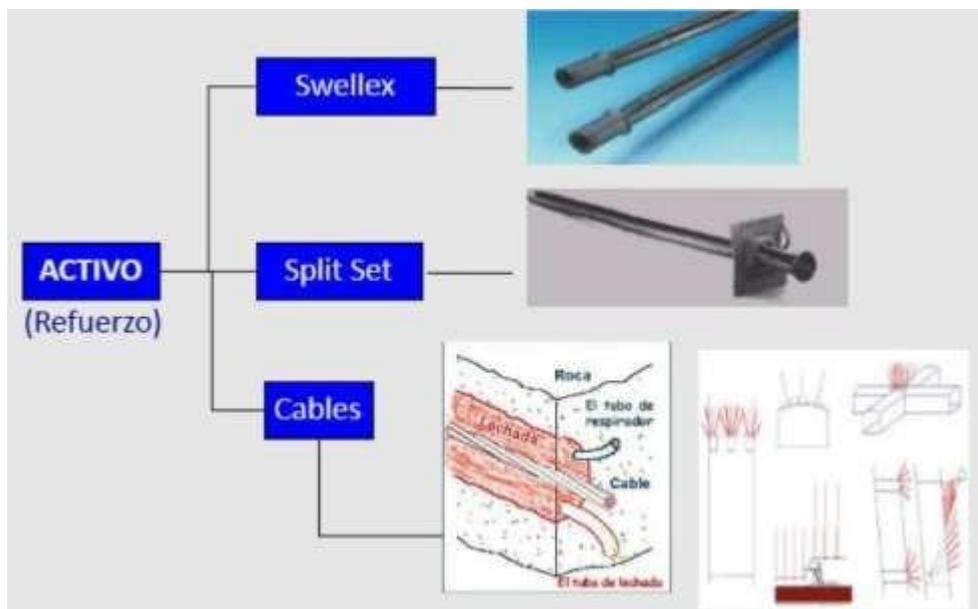


Figura 3.
Sostenimiento pasivo mallas, cimbras

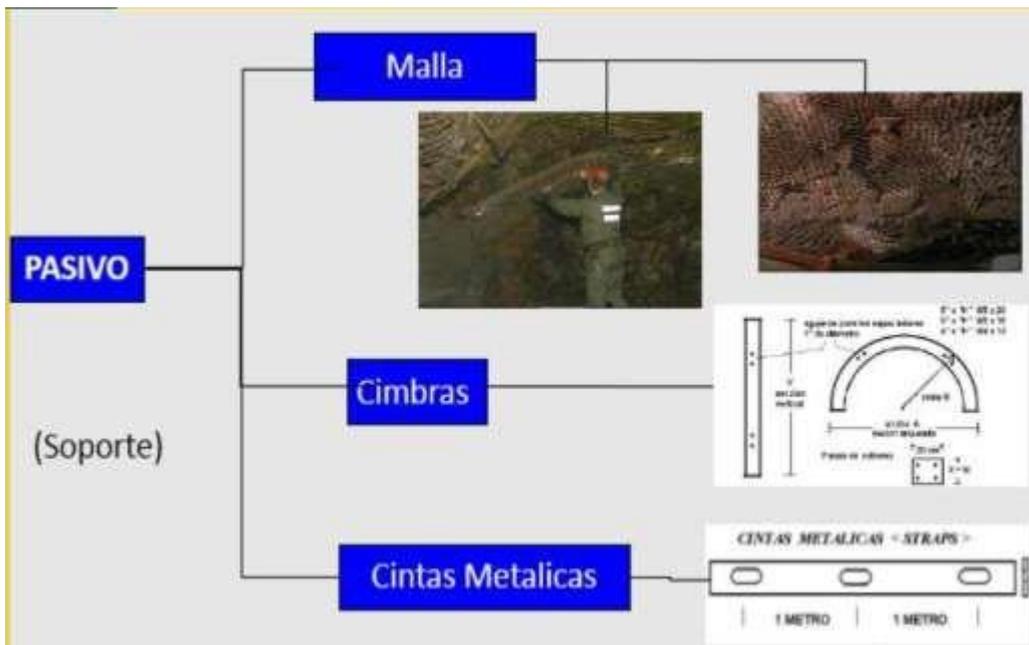
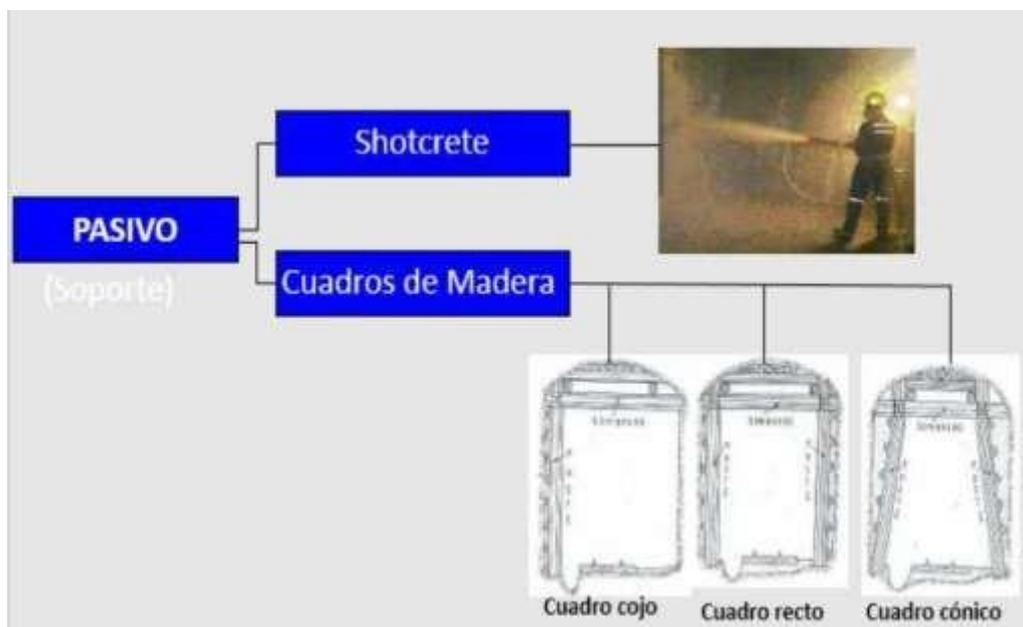


Figura 4.
Sostenimiento pasivo shotcrete, cuadros de madera

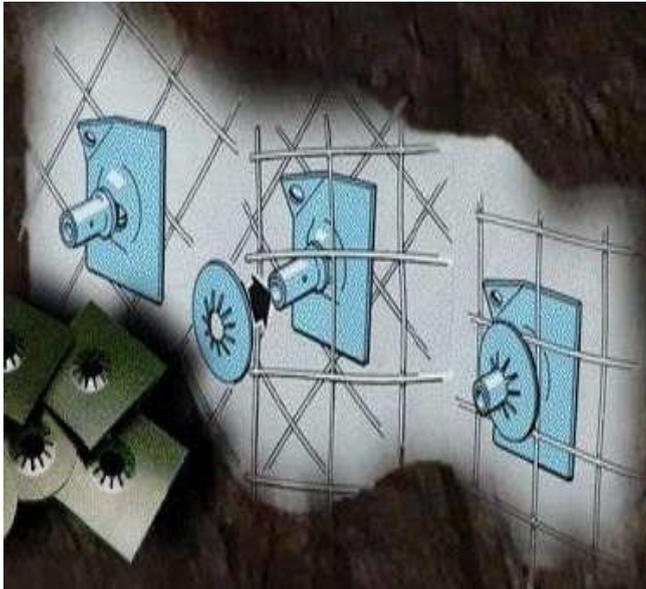


2.2.3. Pernos

La definición general de un anclaje es según la Real Academia Española:
 “un conjunto de elementos destinados a fijar algo firmemente a un suelo” (REAL

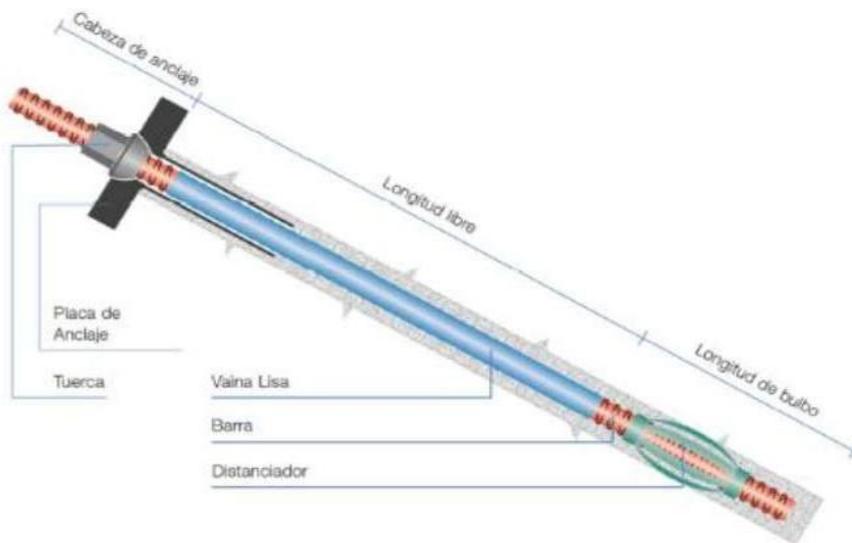
ACADEMIA ESPAÑOLA). A partir de esa definición podemos inferir que en minería se trata de una serie de instrumento que fijan firmemente una cuña de roca a la superficie conexas estable, en una labor subterránea.

Figura 5.
ELEMENTOS DEL PERNO



Dentro de las partes que se puede encontrar en un perno tenemos: “un elemento metálico, material de relleno o aglutinante, usualmente lechada o resina, tubos o mangueras, cabezal del anclaje, platinas metálicas, tuercas y cuñas expansivas, propias de anclajes expansivos, los fijadores o centradores, recubrimientos lisos o vaina lisa, y elementos de traslape” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 105).

Figura 6.
Elementos de un perno



Tipos de anclaje

El anclaje presenta un tipología activa y pasiva.

El anclaje activo

“Es un elemento pre tensionado poco tiempo después de su instalación a un porcentaje entre el 50 y 90 de la carga de trabajo considerada en el diseño, permitiendo que el anclaje aporte gran resistencia rápidamente” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 105)

El anclaje pasivo

“No se tensiona luego de su instalación, permitiendo movimientos en el material circundante inestable hasta lograr el tensionamiento previsto durante el diseño” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 105).

Anclaje mixto

“Son pre tensionados a un bajo porcentaje, permitiendo deformaciones hasta lograr

el tensionamiento de diseño” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 105).

Figura 7.
Sostenimiento activo y pasivo



Figura 8.
Sostenimiento con pernos

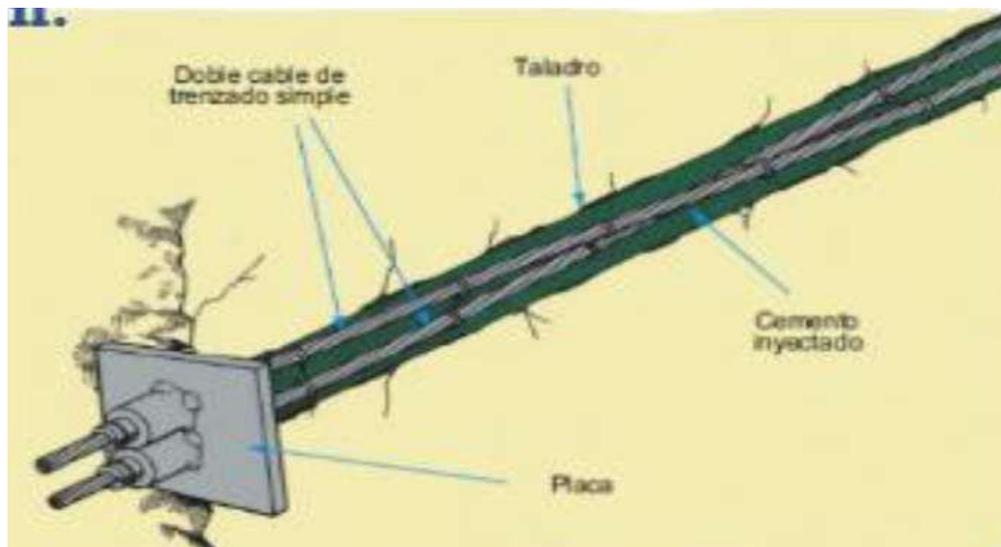


2.2.4. Cables

“Los cables son elementos de reforzamiento, hechos normalmente de alambres de acero trenzados, los cuales son fijados con cemento dentro del taladro en la masa rocosa

Está formado por 6 alambres enrollados alrededor de un séptimo denominado alma o torón formando un solo cuerpo de 15 24 mm de diámetro” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 119)

Figura 9.
Elementos de un cable



Características de los cables

“Son elementos de reforzamiento, Hechos normalmente de alambres de acero trenzados, Son fijados con cemento dentro del taladro en la masa rocosa. El cable comúnmente usado es el denominado “trenzado simple” conformado por 7 alambres, En conjunto tienen 5/8” de diámetro, Capacidad de anclaje de 25 Ton. Pueden ser usados en cualquier longitud, en el rango de 5 a 30 m, ya sea en la modalidad de cable simple o doble” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 119)

Especificaciones técnicas

Tabla 2.
Especificaciones técnicas

	Cable Liso	Perno Cable - Minicage	Perno Cable - Birdcage
Resistencia a la fluencia mínimo	23,9 Ton	23,9 Ton	23,9 Ton
Resistencia a la ruptura mínimo	26,5 Ton	26,5 Ton	26,5 Ton
Alargamiento mínimo	3,5 %	3,5 %	3,5 %
Calidad del acero	ASTM A416-270	ASTM A416-270	ASTM A416-270
Diámetro del cable	35 mm	25 mm	35 mm
Peso lineal	1,10 Kg/mt	1,10 Kg/mt	1,10 Kg/mt

2.2.5. Shotcrete

También llamado concreto lanzado. Se puede definir de la siguiente manera: “material que se coloca y compacta mediante impulsión neumática, proyectándose a gran velocidad sobre una superficie determinada” (MELBYE, 1994).

Características

- Encontramos las siguientes características “Más denso que un concreto normal, Relación de agua cemento es menor,
- Su resistencia mecánica es similar, Menor permeabilidad,
- Buena resistencia al ataque químico, a la abrasión y al desgaste, Gran adherencia al sustrato,
- Fácil colocación y rendimiento de aplicación” (MELBYE, 1994)

Campos de aplicación

Su aplicación es bastante amplia como en: “Túneles, cavernas, labores mineras, Piscinas y reservorios de agua,

Losas de cúpulas, bóvedas, depósitos cilíndricos, chimeneas, Estabilización de rocas, muros de contención, Revestimiento de taludes, Reparación de estructuras” (MELBYE, 1994).

Componentes del concreto proyectado

Dentro de sus componentes tenemos:

- La mezcla de concreto debe contener los siguientes porcentajes de componentes secos (MELBYE, 1994).

Componentes del Shotcrete	
Cemento	15 - 20% en peso
Agregado fino (max. 9.5 mm.)	40 - 50%
Agregado grueso (max. 12.5 mm.)	30-40%
Relación agua/cemento:	
Mezcla seca	0.3 - 0.5
Mezcla húmeda	0.4 - 0.6
Acelerante	15 lt/m ³ .

Clases de concreto lanzado

Hay dos métodos de shotcrete:

- Seco: Mezcla donde se añade agua para la hidratación en la boquilla de proyección,
- Húmedo: Mezcla que contienen agua necesaria para la hidratación

Ambos métodos tienen sus ventajas y desventajas, y la selección de uno y otro dependerá de los requisitos del proyecto y de la experiencia del personal encargado de ejecutarlo. Ambos serán empleados en la industria de la construcción y minera” (MELBYE, 1994)

2.3. Definición de términos básicos

Fortificación de labores

Las labores que necesitan un sostenimiento en determinadas circunstancias son:

Galerías

“Son labores mineras horizontales realizadas en el interior de la mina, que permite el acceso al yacimiento generalmente son paralelos a los cuerpos de mineral” (OYARZUN, 2011).

Cruceros

“Son labores mineras horizontales perpendiculares a los cuerpos de mineral facilitan el acceso a los tajeos” (OYARZUN, 2011).

Tajeos

“Son labores mineras donde se realizan los trabajos de extracción directa del mineral mediante un método de explotación” (OYARZUN, 2011).

Rampas

“Labores mineras con cierta pendiente, de acceso a los cuerpos mineralizados, sirven de acceso directo y para el transporte del mineral” (OYARZUN, 2011)

Masa Rocosa

Se define como “Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas estratos, fallas y otros rasgos estructurales” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 3).

Anclajes de roca

Según el diccionario se define:

“En minería mecanismo utilizado para el sostenimiento de techos en galerías subterráneas o de taludes a cielo abierto; se utilizan pernos de acero anclados en barrenos (hoyos) perforados especialmente con este fin” (REPUBLICA DE COLOMBIA, 2003, pág. 12).

Geotecnia

“Aplicación de los métodos científicos y los principios de la ingeniería a la adquisición, la interpretación y el conocimiento de los materiales de la corteza terrestre, orientados a la solución de los problemas de ingeniería” (REPUBLICA DE COLOMBIA, 2003, p.77)

Sostenimiento

Definido como: “los diversos aspectos relacionados con los pernos de roca (de anclaje mecánico, de varillas de fierro corrugado o barras helicoidales ancladas con cemento o con resina, split sets y swellex), cables, malla, cintas de acero (straps), concreto lanzado (shotcrete)” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 100).

Minería subterránea

Caracterizado por (OYARZUN, 2011) como “los métodos de explotación subterránea se eligen en función de la morfología del cuerpo (regular – irregular) y las características geotécnicas del macizo de roca” (OYARZUN, 2011, pág. 162).

Pernos de anclaje mecánico

“Un perno de anclaje mecánico, consiste en una varilla de acero usualmente de 16 mm de diámetro, dotado en su extremo de un anclaje mecánico de expansión que va al fondo del taladro” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 104)

CONCRETO LANZADO (SHOTCRETE)

Definido como: “Concreto lanzado (shotcrete) es el nombre genérico del concreto cuyos materiales componentes son: cemento, agregados, agua, aditivos y elementos de refuerzo, los cuales son aplicados neumáticamente y compactados dinámicamente a alta velocidad sobre una superficie” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004, pág. 129)

2.4. Formulación de la hipótesis

Debido a que nuestra investigación tiene un diseño descriptivo, donde haremos una propuesta en base a la información que podemos recoger de la empresa u otras empresas sobre nuestro tema de investigación del control de calidad del sostenimiento y no esperemos resultados más que lo que proponemos.

2.4.1. Hipótesis General

No aplica.

2.4.2. Hipótesis específicas

No aplica.

2.5. Identificación de variables

Las variables de nuestra investigación lo determinamos del problema propuesto y estos son:

2.5.1. Variables para la hipótesis general

Control de calidad

Elementos de sostenimiento

2.5.2. Variables para la hipótesis específicas

Hipótesis específicas a.

Control de calidad.

Concreto lanzado (shotcrete).

Hipótesis específica b.

Control de calidad.

Pernos de anclaje y cable bolting.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 3.
Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
Control de calidad del sostenimiento	Establecer y definir los requisitos de calidad del sostenimiento, para la fortificación de labores, fundamentados en el análisis de las propiedades del material, en las recomendaciones de la normativa y guías tanto nacional como internacionales existentes	Esta variable no se va medir porque no se realizará la implementación de la investigación	Normativas guías estándares propiedades del material	Calidad de shotcrete Calidad de pernos Calidad de cable
Shotcrete	Llamado también concreto lanzado, es un material que se coloca y compacta mediante impulsión neumática, proyectándose a gran velocidad sobre una superficie determinada	Esta variable no se va medir porque no se realizará la implementación de la investigación	Normativas guías estándares propiedades del shotcrete	-agregados -agua -relave -aditivos -fibras -temperatura -resistencia a la compresión -rebote -densidad -espesor
Pernos, Cable bolting	- Vemos que un anclaje es un conjunto de elementos destinados a fijar una cuña de roca firmemente al terreno circundante estable, en una excavación subterránea - Los cables son elementos de reforzamiento, hechos normalmente de alambres de acero trenzados, los cuales son fijados con cemento dentro del taladro en la masa rocosa	Esta variable no se va medir porque no se realizará la implementación de la investigación	Normativas guías estándares propiedades del perno, cable bolting	-Prueba de arranque -Operatividad -personal -registro de información -estándares

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Referente al tipo de investigación de nuestro proyecto vemos que mi investigación será de tipo aplicado, porque la investigación es descriptiva sobre el control de calidad del sostenimiento en la mina Andaychagua.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo.

3.3. Métodos de investigación

El método que emplearemos es deductivo, inductivo y de análisis y síntesis.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de este trabajo es cualitativo no experimental porque

investigaremos en base a la información que hay sobre sostenimiento en la mina, información de otras minas, la normatividad, estándares, procedimiento sobre sostenimiento y no haremos ningún experimento o implementación.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El grupo poblacional está conformado por toda la tipología del sostenimiento que se emplea en las labores mineras y donde se aplique el sostenimiento.

3.5.2. Muestra

La muestra que se tomó para la investigación es el sostenimiento con shotcrete, pernos, cable bolting, que se aplica en galerías y cruceros de la mina.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se empleó en nuestra investigación fueron

3.6.1. Técnicas

Emplearemos el recojo documentario para su análisis, también documentos sobre la normativa y guías tanto nacional como internacionales existentes.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos serán las normativas, guías, estándares y propiedades del material.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La selección de los datos para el desarrollo y elaboración de la presente tesis de investigación se realizó mediante los protocolos e inspecciones diarias,

semanales y mensuales implementados en la unidad y las pruebas de arranque realizados en el campo, tanto al control de calidad del shotcrete, pernos de anclaje (swlleex y cable bolting).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En esta investigación se procederá a realizar un análisis para la elaboración de la propuesta sobre el control de la calidad de sostenimiento que se debe tener en la mina.

3.9. Tratamiento estadístico

En esta investigación no haremos uso de la estadística.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Cumplir lo establecido por “El código de ética de la investigación profesional” es uno de los objetivos de nuestro proyecto. Así mismo, para respetar “la autoría de la información bibliográfica” se aplicó la normativa APA 7ª edición.

En lo concerniente al desarrollo y ejecución, se respetaron la privacidad de datos de la empresa, solicitando los permisos respectivos lo cual garantiza el secreto profesional.

En lo concerniente al desarrollo y ejecución, se respetaron la privacidad de datos de la empresa, solicitando los permisos respectivos lo cual garantiza el secreto profesional.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Inestabilidad del macizo rocoso

A continuación, se muestran eventos sobre “Inestabilidad del Macizo Rocosó en la Mina Andaychagua”.

Evento 1. Rampa 04 – Nivel 620

EVENTO DE CAÍDA DE ROCAS

Lugar: Rampa 04 – Nivel 620

Fecha y hora: 18/02/2019 a las 09:10

Descripción del evento:

En circunstancias en que un operador de volquete de la contrata CNSAC descendía por la rampa 04, a 250 metros del acceso principal, observa un montículo de rocas sobre la vía, aproximadamente 2 toneladas, producto del desprendimiento de rocas del techo de la rampa, de inmediato comunica a la central de operaciones y bloquea el área.

Registro fotográfico:



Respuesta de emergencia:

- Se paralizó el tránsito en la Rampa 04 colocando un bloqueo.
- Activación del comité multidisciplinario liderado por la Gerencia General de Operaciones, iniciando el proceso de investigación
- Se realizó el percutado y lanzamiento de shotcrete en la zona afectada.

Evento 2. TJ 500 E por el AC1322 – Nivel 1300

EVENTO DE CAÍDA DE ROCAS

Lugar: TJ 500 E por el AC1322 – Nivel 1300

Fecha y hora: 04/11/2018 a las 14:50 horas

Descripción del evento:

Al completar el turno noche, el personal de IESA identifica el desprendimiento de roca, hormigón proyectado y malla en el nivel 1250, rampa 04 (-). Desprendimiento: espesor 0.40 m x longitud 3.10 m x anchura 1.70 m desde la coronación de la rampa (06 toneladas aproximadamente). El área había sido sostenida con shotcrete de 2" + malla electrosoldada + perno hydrabolt + shotcrete 2".

Registro fotográfico:



Respuesta de emergencia:

- Se paralizó las operaciones en el área de trabajo.
- Se estableció el plan de trabajo con el equipo multidisciplinario con el fin de entrar de forma segura al área de trabajo y retirar el equipo scaler.

Evento 3. Subnivel 311

EVENTO DE CAÍDA DE ROCAS	
Lugar: Subnivel 311	
Fecha y hora: 13/05/2018 a las 03:10 horas	
Descripción del evento:	Luego de realizado el desate de rocas, el personal y el equipo scaler salen y bloquean la labor, dirigiéndose al taller de mantenimiento del nivel 1150, ya que el equipo había sido impactado por fragmentos de roca producto del desate. A las 03:10 am, el jefe de guardia regresa a verificar las condiciones de la labor, observando que se había desprendido roca de la corona, aproximadamente 80 toneladas.
Registro fotográfico:	
Respuesta de emergencia:	<ul style="list-style-type: none">• Se paraliza la actividad.• Se bloquea el acceso a la labor.• El incidente fue comunicado a los gerentes de la organización.• Se conforma el comité de investigación y se inicia la investigación.

Evento 4. Rampa 06 – Nivel 1050

EVENTO DE CAÍDA DE ROCAS	
Lugar: Rampa 06 – Nivel 1050	
Fecha y hora: 27/04/2018 a las 23:40 horas.	
Descripción del evento:	A las 23:40 horas, el operador de volquete de la contrata CNSAC, cuando transitaba por la rampa 06, observa 100 toneladas de roca que se habían desprendido de la rampa. El conductor informó inmediatamente a su supervisor, la rampa es bloqueada subsecuentemente.
Registro fotográfico:	
Respuesta de emergencia:	<ul style="list-style-type: none">• Se bloquea el tránsito por dicha rampa.• Se realizó la limpieza de la rampa.• Se conforma el comité de investigación y se inicia la investigación.

4.1.2. Elementos para el control geomecánica del sostenimiento

Los elementos de control que se utiliza para poder controlar la estabilidad del sostenimiento son diversos como mostramos a continuación.

Programa de inspecciones sectores productivos e infraestructura

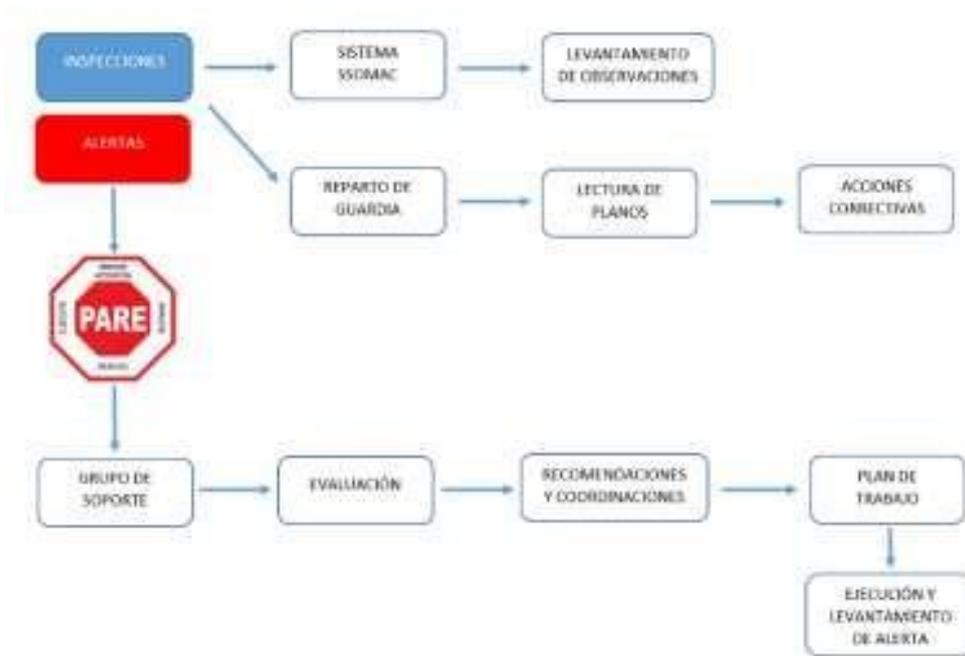
En la unidad Andaychagua se tienen dos tipos de inspecciones: Inspecciones de grupo de soporte y Gerenciales, en los cuales se inspecciona el sostenimiento de todos los componentes en interior mina (labores de avance, vías principales, rampas, by pass, accesos, cruceros, cámaras de bombeo, sub estación eléctrica, pique, comedores, vestidores, etc.) Dichas inspecciones son lideradas por el Gerente General de Operaciones, superintendentes y jefes de área, donde se coordina acciones para el levantamiento de observaciones acerca de deficiencias de sostenimiento, entre otros.

Mostramos el programa de inspecciones por cada mes del año 2020, tanto por el grupo de soporte que inspecciona el trabajo de ejecución del sostenimiento en las diferentes labores, y Inspección gerencial que supervisa el cumplimiento de los estándares.

Protocolo de comunicaciones de las inspecciones y alertas

Después de una inspección, se tienen dos caminos para levantar las observaciones (subir la inspección al sistema SSOMAC y reportarlo directamente o vía correo a operaciones para su levantamiento). Asimismo, el protocolo indica que, ante una alerta de inestabilidad, se realizará el PARE y se convocará el grupo de soporte para su evaluación, recomendaciones y/o coordinaciones para realizar un plan de trabajo y finalmente la ejecución y levantamiento de la alerta.

Figura 10.
Comunicaciones de las inspecciones y las alertas



Reporte y resultados inspecciones de guardias y diarias

Las inspecciones geomecánicas de labores se realiza de manera diaria y en cada guardia, la información y recomendaciones se plasman en un reporte de observaciones de inspecciones, donde se detalla la clasificación geomecánica, verificación de calidad y recomendaciones de sostenimiento, según estándar, de

levantamiento de observaciones realizados por el grupo de soporte.

Figura 12.
Formato de reporte de inspecciones de pasivos (grupo soporte)

VOLCAN													
INSPECCIÓN DE PASIVOS GRUPO DE SOPORTE													
FALLA MACIZO ROCOSO													
RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN													
#	FECHA	NIVEL	LUGAR	OBSERVACION	IPERC	RIESGO CRÍTICO	RECOMENDACIÓN	RESPONSABLE (S)	PLAZO DE EJECUCIÓN	% CUMPL.	ANTES (FOT)	DESPUES	ACCION REALIZADA
1	201032019	120	Intersección de 1200 y 800 (1) a 10 metros de la falla	Se observa fisuración triangular en la falla, se cuenta con el estado de riesgo completo evidenciado, como consecuencia se debe influir en el estado de presencia de agua en la zona.	15	Fallos de terreno	Realizar el periculado y revisar de distancia con video, los datos de periculado de 7 días siguientes a 15 días.	Carlos Castron / Marco Lora	15 de abril	100%			Se realizó el periculado y se revisó con video de 7 días.
2	201032019	120	Apilado fragmentos de 800	Presencia de fisuración en granos de la falla superficial.	15	Fallos de terreno	Realizar periculado y revisar de distancia.	Carlos Castron / Marco Lora	15 de abril	100%			Se realizó el periculado y se revisó con video de 7 días.
3	201032019	120	Intersección entre la 800 y 1200 (2)	Se observa fisuración en la zona, se cuenta con el estado de riesgo completo evidenciado, como consecuencia se debe influir en el estado de presencia de agua en la zona.	15	Fallos de terreno	Realizar el periculado y revisar de distancia, con video de 7 días siguientes a 15 días.	Carlos Castron / Marco Lora	15 de abril	100%			Se realizó el periculado y se revisó con video de 7 días.
4	201032019	120	Intersección entre la 800 y 1200 (1) a 10 metros de la falla	Se observa fisuración triangular en la falla, se cuenta con el estado de riesgo completo evidenciado, como consecuencia se debe influir en el estado de presencia de agua en la zona.	15	Fallos de terreno	Realizar el periculado en la falla y revisar de distancia, con video de 7 días siguientes a 15 días.	Carlos Castron / Marco Lora	23 de marzo	100%			Se completó el periculado y se revisó con video de 7 días.
5	201032019	120	Intersección Ca 800 y 800	Se observa fisuración triangular en la falla, se cuenta con el estado de riesgo completo evidenciado, como consecuencia se debe influir en el estado de presencia de agua en la zona.	15	Fallos de terreno	Realizar periculado y revisar de distancia de 7 días.	Carlos Castron / Marco Lora	15 de abril	100%			Se realizó el periculado y se revisó con video de 7 días.
6	201032019	120	Ca 1200	Se observa fisuración triangular en la falla, se cuenta con el estado de riesgo completo evidenciado, como consecuencia se debe influir en el estado de presencia de agua en la zona.	15	Fallos de terreno	Realizar periculado y revisar de distancia.	Carlos Castron / Marco Lora	15 de abril	100%			Se realizó el periculado y se revisó con video de 7 días.

Reporte inspecciones e infraestructuras

En el programa de inspecciones, se encuentra como objetivo las infraestructuras dentro de mina como sub estación, talleres, vestidores, comedores, etc.

En la siguiente figura, se evidencia la inspección realizada al comedor principal en interior mina.

Figura 14.
Protocolo para inspecciones geomecánicas

	VOLCAN	Código	ESO – CORP – IPL 04
	SISTEMA DE GESTION SSOMAC	Revisión	DAFA
	Título: PROTOCOLO PARA INSPECCIONES GEOMECAÑICAS	Área	GEOMECAÑICA
		Páginas	1 /9

1. OBJETIVO

Establecer, comunicar e implementar un procedimiento adecuado para realizar inspecciones geomecánicas de todas las labores antiguas (pasivos), y labores nuevas en ejecución (áreas activas), de desarrollo, preparación y explotación, así como las infraestructuras permanentes (Cámaras de bombeo, Sub estaciones, comedores, polvorines, etc.).

2. ALCANCE

A toda la Supervisión del área de Geomecanica y a los equipos multidisciplinares conformados para la gestión del PPM#5 (Falla del Macizo Rocosco Estrato) de Volcan Compañía Minera con el propósito de verificar las condiciones de seguridad en todas las labores mineras, infraestructuras, accesos, etc. conformado desde la alta Gerencia, Superintendentes, Jefaturas, Ingenieros, Técnicos y Supervisores de empresas Contratistas y todo aquella persona que por algún motivo ingresen a las instalaciones subterráneas de la compañía.

Figura 15.
Formato de inspección de pasivos lineales

		CHECK LIST DE EVALUACION DE PASIVOS				Código: SSOMAC Fecha de inspección: _____ Fecha de conformación: _____	
Descripción de la labor: _____							
Criterios de Evaluación							
	Baja	Puntuación	Mediocre	Puntuación	Alta	Puntuación	
Ángulo de Acme de Alta Explotación	< 80%	0	80% - 90%	1	> 90%	2	
Ángulo de la Intersección (Eje)	< 10m	0	10m a 15m	1	> 15m a 15m	2	
Tamaño Plano (Falla de Carveles en la Corona)	0.5m	0	0.5m	1	0.5	2	
Calidad de Roca	Índice RMR (RMI) > 60	2	Roca (RMI) 40 - 60	1	Regular (RMR 25 - 40)	0	
Formas, Puntos, etc.	Preparación a la labor	0	No definida en la labor	1	Fallas paralelas a la labor	1	
Temperatura ambiente	< 4 grados	2	< 20m	1	> 2 grados	0	
Presencia de agua	Seco	0	6000	1	Ninguna presencia	2	
Presencia de los permisos de trabajo	Siempre	0	Declarada	1	Declarada / Declinada	0	
Acciones de apoyo de trabajo / Comandos	en condiciones	0	Medio / Bajo	1	Alto	0	
Tamaño de perforación en el sitio	Mediana / Cálculo de RMR	1	Medio / Bajo	0	Alto	0	
Diagrama de Anillo Electrónico / Conexión	completa	0	Medio / Bajo	1	Alto	0	
Presencia de la Malla Electrolítica (Baqueo, Alambres, etc.)	En toda el área de trabajo en caso de ser necesario	0	Medio / Bajo / Medio y Medio	0	Falta de uso material / trabajo	0	
Respeto de Distancia (límites)	< 8 cm	0	8.0 - 8 cm	1	> 8 cm	0	
Existencia o no del elemento de medición de agua	Medición Compañía / Instalación	0	Compañía / Instalación	1	Compañía / Instalación	0	
Tipo de Inspección	en " "	0	Visual	1	Visual	0	

Vista en Planta de la labor



Vista en Sección



Observaciones:	Calificación de Riesgo:						
	<table border="1"> <tr> <td style="background-color: red; color: white;">81 - 50</td> <td>Alto Riesgo</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">40 - 59</td> <td>Mediano Riesgo</td> </tr> <tr> <td style="background-color: green;">30 - 39</td> <td>Bajo Riesgo</td> </tr> </table>	81 - 50	Alto Riesgo	40 - 59	Mediano Riesgo	30 - 39	Bajo Riesgo
81 - 50	Alto Riesgo						
40 - 59	Mediano Riesgo						
30 - 39	Bajo Riesgo						

Figura 16.
Niveles de riesgo

CATEGORÍA DEL RIESGO			ACCIÓN INMEDIATA	SEGUIMIENTO Y CONTROL
RA	RIESGO ALTO	> 68	Bloqueo de excavación, comunicación al Spota de Mina y Geomecánica	Evaluación comité, plazo máximo inmediato, bloquear la labor y gestión del riesgo
RM	RIESGO MEDIO	45 - 68	Señalización del área, plan de gestión del riesgo (15 días de plazo) y autorización entregada por geomecánica según evaluación reciente del sector.	Elaborar plan de trabajo para la rehabilitación, plazo máximo 15 días
RB	RIESGO BAJO	< 45	No restricción por parte de Geomecánica	Monitorio, reevaluación continua cada 30 días

Los niveles de riesgo, varían en su caracterización y se establecen acciones inmediatas y recomendaciones para el seguimiento y control.

Riesgo Alto >68 puntos Bloqueo de la excavación, evaluación de comité, plan de gestión inmediato

Riesgo Medio 45 – 68 puntos Señalización del área, plan de gestión del riesgo (15 días de plazo) y autorización entregada por geomecánica según evaluación reciente del sector.

Riesgo Bajo < 45 puntos Sin restricción alguna, pero requiere monitoreo cada 30 días.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Al realizar la evaluación e interpretación de la propuesta de control de la calidad de los elementos de sostenimiento para la fortificación de las labores mineras en la mina andaychagua, se realizó lo siguiente:

4.2.1. Control de calidad a los elementos de sostenimiento.

Control de calidad del hormigón lanzado (Shotcrete)

Consiste en establecer y definir “los criterios de calidad” que se utilizarán para la elaboración del Shotcrete destinado a la labor de reforzamiento. Estos criterios se fundamentan en la evaluación detallada de las características del material. También intervienen, en forma de referencia, los parámetros normativos vigentes en el Perú

y en el extranjero.

Además, con el fin de garantizar un “criterio técnico en plena labor” se detallan las características específicas de los componentes y las propiedades de Shotcrete. De esta manera, será posible evaluar los resultados de su aplicación identificando la posible causa de algunas fallas o alteraciones de las características del material descrito.

Control de calidad continuo (ccc)

Consiste en establecer y definir “los criterios de calidad” que se utilizaran para la elaboración del Shotcrete destinado a la labor de reforzamiento. Estos

El control de calidad continuo corresponde la ejecución de un Plan de Inspección y Ensayos (Estándar Mínimo), acorde a los Controles y Propiedades del Shotcrete.

En ese sentido, se efectuará la verificación sobre los “Requisitos de los Materiales Constituyentes” para alcanzar los criterios indicados, Dichos criterios deberán ser establecidos por fabricante o por los proveedores y comprobados por el personal del laboratorio de la empresa.

Cuando no se alcancen los criterios establecidos por medio del CCC se tiene que proceder a intensificación de los controles hasta que se obtenga un resultado satisfactorio. Una vez garantizada la calidad del material se puede volver al ritmo de verificación establecido en el plan de ensayo.

Requisitos de materiales constituyentes

El shotcrete se compone básicamente de “cemento, agua, áridos (hasta 10 mm) y otros aditivos menores”. Los criterios que deben satisfacer estos materiales deben estar en concordancia con la normativa: “NTP 334. 009 2011 y NTP 400.037.2014” como se establece en los “Requisitos de Calidad para Calificación de Proveedores

de Hormigón”. Estos requisitos se deben verificar con anterioridad a la realización de prueba de aptitudes del material.

Para el caso de los áridos se propone una curva de Granulometría recomendada para “el hormigón proyectado” que considere los distintos impactos sobre el Shotcrete.

Agregados

Los agregados deben cumplir con la norma NTP 400.012:2001. Si la granulometría de estos agregados se encuentra fuera de la normativa se debe evaluar su uso en base a la eficacia de su aplicación para los fines específicos. A continuación, se presentan los niveles de granulometría de referencia.

Los criterios se fundamentan en la evaluación detallada de las características del material. También intervienen, en forma de referencia, los parámetros

Tabla 6.
Granulometrías recomendadas

Malla (ASTM - mm)	EFNARC (Min – Max)	Austria OBV (Min – Max)	ACI G1 (fina) (Min – Max)	ACI G2 (Gruesa) (Min – Max)
5/8” – 16	100	100	100	100
3/8” – 10	93 - 100	100	100	100
N° 4 – 4.75	77 - 100	70 - 80	95 - 100	70 - 85
N° 8 – 2.40	59 - 92	50 - 60	80 - 98	50 - 70
N°16 – 1.20	41 - 76	33 - 44	50 - 85	35 - 55
N° 30 – 0.60	26 - 56	21 - 29	25 - 60	20 - 35
N° 50 – 0.30	14 - 32	10 - 17	10 - 30	8 - 20
N° 100 – 0.15	6 - 16	6 - 12	2 - 10	2 - 10

Las muestras para el ensayo tienen que ser llevados a cabo por algún laboratorio que cuente con una acreditación para la normativa: NTP 400.012:2001

para Agregados. Los informes de las muestras y ensayos tienen que evidenciar la vigencia de dicha acreditación.

Estas muestras deben ser tomadas directamente de la planta de shotcrete, y a partir de esta información se elaborará un informe de ensayo, que será la evidencia de un

correcto manejo muestral y de sus resultados. Así mismo, la frecuencia de ensayos mínimas de agregado requeridos es de cada 500 m³ de concreto.

- Según normativa NTP 400.012:2001 el nivel de porcentaje más alto de arcilla debe de ser del 1%.

Aditivos

Debe de haber una compatibilidad química entre los insumos de estos aditivos, de preferencia que se trabaje con un solo proveedor.

Pare ello, estos componentes tienen presentar criterios uniformes que se señala en la siguiente tabla. También se tiene que tener en consideración que el criterio de desempeño presentado por los aditivos en un factor determinate para su uso.

Tabla 7.
Requisitos de los aditivos

Ítem	Propiedad	Método de Ensayo	Requisitos (ÖBV, 2013)
1	Homogeneidad	Inspección Visual (a)	Sin segregación
2	Color	Inspección Visual	Color uniforme y acorde a lo indicado por el fabricante
3	Densidad Relativa	<u>NCh 2281/1</u>	D + 0,03 sí D > 1.10 D + 0,02 sí D < 1.10 D: Densidad especificada por el fabricante
4	Contenido de sólidos	<u>NCh 2281/2</u>	0,95 T < X < 1,05 T, si T > 20% en peso. 0,90 T < X < 1,00 T, si T < 20% en peso. T: Contenido de sólidos especificado por fabricante. X: Resultado del ensayo.
5	<u>Ph</u>	<u>NCh 413</u> Método <u>Esclerométrico</u>	Valor especificado por el fabricante con una tolerancia de + 0,2. Adicionalmente el <u>Ph</u> debe ser: 2.0 < <u>Ph</u> < 8.0
6	Contenido de Cloruros	<u>NCh 2281/4</u>	< 0,1 % y no superior al establecido por el fabricante.
7	Cloruros solubles en agua	EN 480-10	< 0,1 % y no superior al establecido por el fabricante.
8	Contenido de Alkali equivalente (Na ₂ O)	EN 480-12	< 1,0 % y no superior al establecido por el fabricante.
9	Comportamiento a la corrosión	EN 480-14	Sin iniciación de corrosión en el acero de refuerzo.

Fibras de refuerzo.

Las fibras, de acuerdo con el tipo deberán cumplir con:

UNE – EN 14889 -1 Fibras para hormigón – Parte 1: Fibras de acero –

UNE – EN 14889 -2 Fibras para hormigón – Parte 2: Fibras de acero –

Definiciones, especificaciones y conformidad

Se podrían combinar varias con la finalidad de incrementar el factor de resistencia a los impactos, así como estabilizar la retracción. Se papel primordial es:” proporcionar capacidad de carga después de la fisuración del hormigón proyectado, con el uso de macro fibras en acero o sintéticas”. Además, se debe señalar que estas fibras “no aumentan la resistencia a la tracción o resistencia a la flexión de la matriz de hormigón” para el caso de proporciones de material usuales.

El cumplimiento de los requisitos de las fibras, deberán verificarse por cada lote y cada seis meses. El laboratorio del proveedor o fabricante será responsable de esta verificación, mediante un informe que cumpla con la normativa. Además, un laboratorio externo deberá certificar la “verificación cada seis meses”.

Pruebas de aptitud.

Evaluar la aptitud tienen como objetivo verificar a través de resultados de pruebas de laboratorio los siguientes aspectos asociados al proceso del shotcrete:

- Evaluar operadores
- Verificar diseño de las dosificaciones
- Evaluar procesos productivos
- Evaluar equipos, sistemas de bombeo y rendimiento.

Las pruebas de aptitud deberán ejecutarse después de verificar el cumplimiento de la calidad de todos los materiales constituyentes del hormigón proyectado y al menos 2 meses previos al inicio de los trabajos de shotcrete y conforme a sus resultados se podrá iniciar la proyección en obra

Paneles de Prueba

Los paneles para ensayos de flexo tracción, deberán ser de madera terciada de mínimo 18 mm, o de acero inoxidable de mínimo 4 mm espesor, indeformables, idealmente rigidizadas. Dimensiones 60x60 cm de fondo, espesor mínimo de 10 cm. Los laterales de estos paneles deberán ser rectos

Controles y propiedades del hormigón proyectado

a. Trabajabilidad:

Se denomina trabajabilidad a la: “facilidad de colocación, consolidación y acabado del hormigón y el grado que resiste a la segregación”.

Para el hormigón proyectado, los indicadores de trabajabilidad son la docilidad y/o la consistencia, los cuales deberán medirse y cumplir con los siguientes:

Tabla 8.
Trabajabilidad del shotcrete

Medición de la Trabajabilidad	Métodos	Parámetro de medición	Requisito (EFNARC)
Docilidad	NCh 1019 ASTM C143	Asentamiento (Descenso en cm)	18 a 22 cm.
Consistencia o Flujo	EN 12350-5 (Mesa de Sacudidas)	Escurrimiento (Diámetro en cm)	50 a 55 cm.

Estas variables de control Docilidad y Consistencia sirven en la evaluación del desempeño de la mezcla antes de su bombeo y proyección.

También es necesaria la medición de la temperatura ambiente, del hormigón proyectado y del sustrato que recibirá el shotcrete.

Tabla 9.
Temperaturas de trabajo

Temperatura Ambiente	ASTM C1064	Temperatura (°C)	(EFNARC/NCh170) 5°C a 30°C
Temperatura del Shotcrete	ASTM C1064	Temperatura (°C)	(EFNARC) 15°C a 30°C, ideal 20°C
Temperatura del Sustrato (dependerá del proyecto su registro)	ASTM C1064	Temperatura (°C)	(EFNARC) Mayor a 5°C

b. Resistencia a Compresión:

El shotcrete puede presentar tres tipos de resistencia a la compresión, a continuación, se presentan los métodos a considerar para este fin.

Tabla 10.
Resistencia a la compresión

Desarrollo de	Método	Instrumento	Rango Resistencia	Tiempo (Edad)
Resistencia Inicial	Aguja de Penetración de 3 mm.	Penetrómetro Digital	< 1,5 MPa	0 – 3 hrs.
Resistencia Temprana	Hincado de Clavos	Pistola	3 a 20 MPa	3 -24 hrs.
Resistencia Final (Medida en testigos,	Testigos	Testiguera / Prensa	10 a 100 MPa	3 días. 28 días.

c. Adherencia

Es la propiedad que consiste en la: “resistencia de unión entre una capa de hormigón y un sustrato adyacente”. Distintos elementos influyen en esta propiedad, entre ellos “la condición del sustrato”.

Tabla 11.
Adherencia

Adherencia	Métodos	Parámetro de medición	Requisito
Adherencia	UNE-EN 14488-4 EN 1542 (para reparación) *Podría existir algún método alternativo presentado y avalado por estudios o recomendaciones comprobadas de publicaciones que avalen su desempeño, pudiendo existir una correlación para un reemplazo de métodos.	Resistencia de adherencia (MPa) a los 28 días. Podría existir una medición anticipada de la resistencia si el contratista o proyecto, presenta o desarrolla un estudio que permita evidenciar su efectividad y cumplimiento de los criterios	EFNARC 9.5.1 (Ver Tabla 12)

Tabla 12.
Requisitos mínimos para la resistencia a la adherencia.

Tipo adherencia	Resistencia mínima de adherencia al concreto (MPa)	Resistencia mínima de adherencia a la roca (MPa)
No estructural	0,5	0,1
Estructural	1,0	0,5

Densidad o Masa volumétrica

Se define la densidad como “la masa por una unidad de volumen”. En condiciones normales este factor en el hormigón oscila de los 2.100 a 2.500 kg/m³.

Dos elementos que impactan directamente con este factor son “el rendimiento del hormigón y el contenido de aire”. Por ese motivo se los debe de tener bajo control como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 13.
Densidad

Densidad / Rendimiento / Contenido de Aire	Métodos	Parámetro de medición	Requisito
Densidad del hormigón fresco.	NCh 1564	Densidad aparente (Kg/m ³) Rendimiento (m ³)	-
Contenido de Aire en el hormigón fresco	NCh 2184 ASTM C231	Contenido de aire (%)	ACI 506: Rango 7 a 10%
(Shotcrete endurecido) Absorción Volumen de Vacíos	ASTM C642	Máxima Absorción (%) Máximo volumen de vacíos Permeables (%)	ACI 506: Máxima absorción 8% Máximo volumen de vacíos permeables 8%

d. Durabilidad

Es la capacidad de resistencia a “las condiciones de acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión”, sin modificar las características diseñadas inicialmente.

El factor y tipo de curabilidad está en relación al tipo de hormigón, además depende del grado al que están expuestos al ambiente y condiciones estimadas como normales.

El factor de durabilidad se puede establecer de la siguiente manera:

Tabla 14.
Requisitos para medir la Durabilidad

Durabilidad	Métodos	Parámetro de medición	Requisito (EFNARC)
Permeabilidad	NCh 2262 EN 12390-8	Máximo de Penetración (mm)	Máx. 50 mm y Promedio menor a 20 mm
Resistencia a Congelación deshielo	NCh 2185 ASTM C 666 ASTM C 672 (y con exposición de sal)	-	Determinado por el proyecto de acuerdo a necesidades propias.
Resistencia a los sulfatos	ASTM C 1012	-	Determinado por el proyecto de acuerdo a necesidades propias.
Reactividad Alkali-Sílice	ASTM C 1260 / C 1293 ASTM C 856 (Endurecido)	-	Determinado por el proyecto de acuerdo a necesidades propias.

e. Control de rebote

Aunque no es una característica propia del shotcrete es importante incluirlo como parte de los factores que entran en juego por esta propiedad es necesaria e importante si se quiere conseguir la reducción del material proyectado que rebota.

Para ello se utilizará el método **UNE 83-608**, “al menos cada 500 m³ o una vez al mes (lo que se cumpla primero), por cada operador/equipo y por cada tipo de mezcla. **El rebote no deberá exceder el 10%**”.

f. Control del Espesor:

Este factor es determinante para alcanzar un diseño adecuado de una fortificación mediante el uso del shotcrete. Específicamente, para calibrar el nivel del espesor se usa la metodología de la normativa: “EN 14488 – 6”.

4.2.2. Control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting

Tiene como objetivo describir el método para controlar de calidad de los Pernos de anclaje y Cable Bolt instalados en las labores a partir de pruebas de arranque (Pull Test), de una manera segura, identificando los peligros y controlando y/o minimizando los riesgos propios de la actividad, con el fin de alcanzar una producción de calidad conforme al asignado.

El presente protocolo está alineado con D.S. N° 023-2017-EM que define los estándares mínimos de seguridad para las minas subterráneas. En él se describe en el Art 214 inc. b que “se requiere 1% de elementos, para control de calidad” que debe de incluir el siguiente plan de trabajo:

- a) Coordinación de las tareas a realizar, con el supervisor de operaciones.
- b) Prueba de operatividad de equipo Pull Test
- c) Evaluación del nivel de fatiga y somnolencia.
- d) Niveles de fatiga:
- e) Traslado del personal a interior mina
- f) Traslado del equipo a la labor donde se realizarán las pruebas
- g) Liberación de la labor
- h) Inspección del equipo de Pull Test en punto de ensayo.

- i) Control de calidad para pernos de anclaje
- j) Instalación del equipo Pull Test
- k) Inicio y Registro de información de Ensayo Pull test Figura N° 12. Registro de ensayo Pull test

Figura 17.
Registro de ensayo Pull test

FORMATO DE REGISTRO (EXCEL E IMPRIMIBLE)

		FORMATO										
		CONTROL DE PRUEBAS DE TRACCIÓN DE PERNOS DE SOSTENIMIENTO										
		AREA: GEOMECANICA										
		FECHA DE VIGENCIA: 2021										
N° Registro:	004	RESPONSABLE GEOMECANICA:		Ing. Miguel Monago								
NIVEL:	1400			PRUEBA REALIZADA POR:	Tec. Roel Aponte Padilla							
LABOR:	CA 1400-SAL N-322											
FECHA:	10/02/2021											
	PRUEBA N° 15			PRUEBA N° 16			PRUEBA N° 17			PRUEBA N° 18		
LITOLOGIA	Roca filita silicificada			Roca filita silicificada			Roca filita silicificada			Roca filita silicificada		
"RMR"	30			30			30			30		
TIPO DE PERNO (L, Ø)	Omega 2.10mt			Omega 2.10mt			Omega 2.10mt			Omega 2.10mt		
MORTERO	perno expansivo			perno expansivo			perno expansivo			perno expansivo		
Ø BROCA (mm)	36			36			36			36		
Lecturas	Carga (PSI)	Carga (Ton.)	Elongación (mm)	Carga (PSI)	Carga (Ton.)	Elongación (mm)	Carga (PSI)	Carga (Ton.)	Elongación (mm)	Carga (PSI)	Carga (Ton.)	Elongación (mm)
1		0	0		0	0		0	0		0	0
2		5	5		5	6		5	7		5	7
3		10	11		10	12		10	13		10	11
4		12	13		12	15		12	15		12	16

- l) Control de calidad para el cable bolting
- m) Instalación de equipo Pull test
- n) Inicio y Registro de información de ensayo Pull test
- o) Desinstalación de equipo Pull test

4.2.3. Control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting

Control geomecánica del sostenimiento

Control geomecánico

Con el fin de preveer y controlar las situaciones de emergencias se establecen métodos y procedimientos que garanticen una correcta acción en estas situaciones.

Específicamente, se identifican todos los factores que puedan influir en el proceso, y a partir de ese punto se implementan planes coordinados y uniformados para un determinado “acción critica”. Estas acciones deben tener en consideración “todas las variables de riesgo que puedan afectar a determinado proceso, además de los lineamientos a seguir”. Es importante señalar que cada situación o proceso se da en un contexto determinado, que requieren un protocolo específico. El objetivo siempre es: la identificación de probables riesgos, realizar la evaluación para determinar los “controles de seguridad serán las más efectivos para contrarrestarlas, evadirlas o tratar de disminuir el daño potencial que puedan generar”.

4.2.4. Control para cuñas y bloques mayores

Objetivo

El objetivo de este protocolo es eliminar o minimizar el potencial de fatalidades, lesiones e incidentes resultantes de los riesgos relacionados con cuñas y bloques mayores, ya sea por perturbación del macizo o causas naturales, en circunstancias de minado y no minado.

Ingeniería geomecánica

El primer paso consiste en la recolección de información, geológica, estructural y geomecánica, la cual será posteriormente analizada e interpretada para la

generación del diseño geomecánico y aplicación de medidas de control (sostenimiento, monitoreo, etc.). Implica la identificación de los parámetros geomecánicos necesarios para su posterior aplicación en los diseños.

Este proceso contempla las siguientes actividades:

- Caracterización del macizo rocoso: mapeo geomecánico por celdas y logeo geotécnico de sondajes, donde se registra información litológica, distribución de discontinuidades, clasificación del macizo rocoso en sistemas RMR, Q y GSI.
- Caracterización estructural: Determinación de propiedades de las discontinuidades, orientación y buzamiento, persistencia, espaciamiento, resistencia superficial, relleno y meteorización.
- Ensayos de laboratorio que determinen “las propiedades físicas y de resistencia de la roca”.
- Determinación de dominios geomecánicos y estructurales
- Determinación y/o estimación del campo de esfuerzos.
- Análisis de presencia e impacto de aguas subterráneas en la estabilidad.

Identificación de peligros y evaluación de riesgos

El primer paso consiste en la recolección de información, geológica, estructural y geomecánica, la cual será posteriormente analizada e interpretada para la

Esta evaluación considera los siguientes aspectos: geología, ingeniería geomecánica, hidrogeología y sismicidad. La Evaluación de Riesgos considera como relevante lo siguiente: identificación de peligros y evaluación de riesgos

- Diseño actual o propuesto del proyecto o excavación.

- Falla por caída de cuñas y sobre-excavación: dimensiones máximas (span) y dimensionamiento de tajeos.
- Exposición de personal.
- Sistemas de sostenimiento (evaluación de los existentes y diseño según requerimientos).

Se desarrollaron Planes de Respuesta ante Alertas (TARP por sus siglas en inglés) de acuerdo al modo de falla analizado. En Andaychagua, se tienen tres sistemas de monitoreo de control desplazamientos y deformaciones, medición de convergencias, extensómetros y levantamiento de puntos topográficos, los cuales cuentan con su TARP respectivo donde se detallan las consideraciones a tomar en caso de los distintos niveles de alertas definidos según la evaluación geomecánica del modo de falla por condición estructural.

Tabla 15.
TARP para medición de convergencias

	Normal	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
TRIGGER	No se registran desplazamientos ni deformaciones importantes (< 5 mm) No se aprecia daño al sostenimiento instalado.	Se registran desplazamientos y deformaciones menores entre 5 y 20 mm Se observan pequeñas fisuras en el shotcrete instalado.	Se registran desplazamientos y deformaciones menores entre 20 y 50 mm. Se observa craquelamiento de shotcrete y daño a los elementos de sostenimiento (pernos).	Se registran desplazamientos y deformaciones mayores a 50 mm. Se observa abertura en el shotcrete, mayor a 2 pulgadas y daño a los elementos de sostenimiento (pernos). Se aprecia zonas de activación de fallas o deformaciones importantes a simple vista (grietas, fallas, etc.)
Ingeniero geomecánico	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el área de trabajo • Recolectar información para la base de datos • Se continúa con el proceso de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el área de trabajo • Recolectar información para la base de datos • Evaluar el sostenimiento y determinar si existe la necesidad de rehabilitar • Se continúa con el proceso de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el área de trabajo. • Recolectar información para la base de datos. • Evaluar el sostenimiento y definir un plan de rehabilitación completo. • Se continúa con el proceso de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el área de trabajo. • Bloquear la zona y evacuar al personal a zona segura. • Evaluar el sostenimiento y definir un plan de rehabilitación completo. • Seguimiento a los trabajos de rehabilitación.
Superintendente de Geomecánica	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar y validar el plan de rehabilitación. • Informar a las jefaturas del plan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar y validar el plan de rehabilitación. • Informar a las jefaturas del plan.

Tabla 16.
TARP de extensómetro

	Normal	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
TRIGGER	No se registran desplazamientos ni deformaciones importantes (NULO) No se aprecia daño al sostenimiento instalado.	Se registran desplazamientos y deformaciones menores entre 0 y 2 mm Se observan pequeñas fisuras en el shotcrete instalado.	Se registran desplazamientos y deformaciones menores entre 2 y 4 mm. Se observa craquelamiento de shotcrete y daño a los elementos de sostenimiento (pernos).	Se registran desplazamientos y deformaciones mayores a 5 mm. Se observa abertura en el shotcrete mayor a 2 pulgadas y daño a los elementos de sostenimiento (pernos). Se aprecia zonas de activación de fallas o deformaciones importantes a simple vista (grietas, fallas, etc.)
Ingeniero geomecánico	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Recolectar información para la base de datos. Se continúa con el proceso de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Recolectar información para la base de datos. Evaluar el sostenimiento y determinar si existe la necesidad de rehabilitar Se continúa con el proceso de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Recolectar información para la base de datos. Evaluar el sostenimiento y definir un plan de rehabilitación completo. Se continúa con el proceso de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Bloquear la zona y evacuar al personal a zona segura. Evaluar el sostenimiento y definir un plan de rehabilitación completo. Seguimiento a los trabajos de rehabilitación.
Superintendente de Geomecánica	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar y validar el plan de rehabilitación. Informar a las jefaturas del plan. 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar y validar el plan de rehabilitación. Informar a las jefaturas del plan.

Tabla 17.
TARP para levantamiento de puntos

	Normal	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
TRIGGER	No se registran desplazamientos ni deformaciones importantes (< 5 mm) No se aprecia daño al sostenimiento instalado.	Se registran desplazamientos y deformaciones menores entre 5 y 20 mm Se observan pequeñas fisuras en el shotcrete instalado.	Se registran desplazamientos y deformaciones menores entre 20 y 50 mm. Se observa craquelamiento de shotcrete y daño a los elementos de sostenimiento (pernos).	Se registran desplazamientos y deformaciones mayores a 50 mm. Se observa abertura en el shotcrete mayor a 2 pulgadas y daño a los elementos de sostenimiento (pernos). Se aprecia zonas de activación de fallas o deformaciones importantes a simple vista (grietas, fallas, etc.)
Ingeniero geomecánico	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Recolectar información para la base de datos. Se continúa con el proceso de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Recolectar información para la base de datos. Evaluar el sostenimiento y determinar si existe la necesidad de rehabilitar Se continúa con el proceso de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Recolectar información para la base de datos. Evaluar el sostenimiento y definir un plan de rehabilitación completo. Se continúa con el proceso de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Bloquear la zona y evacuar al personal a zona segura. Evaluar el sostenimiento y definir un plan de rehabilitación completo. Seguimiento a los trabajos de rehabilitación.
Superintendente de Geomecánica	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar y validar el plan de rehabilitación. Informar a las jefaturas del plan. 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar y validar el plan de rehabilitación. Informar a las jefaturas del plan.

Diseño geomecánico

Este proceso contempla el procesamiento de la información obtenida a partir del trabajo de ingeniería geomecánica. El diseño geomecánico se realiza a través de métodos empíricos, analíticos y numéricos, para ello se debe asegurar la siguiente:

- Verificación de la información geotécnica a utilizar.
- Revisión de los diseños o proyectos a evaluar.
- Selección del método de análisis y diseño adecuado para el tipo de falla esperado, tipo de excavación y condiciones geomecánicas.
- Verificar los criterios de aceptación en base a los riesgos asociados y tipos de excavaciones.
- Identificar los cambios de diseño o proyectos no viables para realizar el replanteo o re-evaluación necesaria.

En el proceso de diseño geomecánico para la evaluación correspondiente al análisis de falla por caída de cuñas y sobre-excavación se requiere la aplicación de los siguientes puntos:

- Análisis estructural con proyecciones estereográficas para la identificación de cuñas.
- Análisis de direcciones preferenciales de avances respecto a la condición estructural
- Determinación de aberturas máximas para excavaciones temporales y permanentes en base al método empírico que correlaciona el span y calidad de roca (RMR).
- Dimensionamiento de tajeos de explotación mediante el método empírico de

gráfico de estabilidad modificado.

- Simulación numérica de aberturas para la evaluación de esfuerzos y deformaciones.
- Simulación numérica para evaluar el sostenimiento en excavaciones.
- Aplicación de la cartilla GSI de sostenimiento para la determinación de sostenimiento de labores temporales y permanentes
- Emisión de la evaluación geomecánica con el análisis completo de cada proyecto planificado.
- Para el diseño del sostenimiento determinado en el paso anterior, se debe asegurar lo siguiente:
 - Las propiedades físicas de los componentes del sostenimiento, detalladas en los PETS y estándares correspondientes
 - La secuencia de instalación del sostenimiento, en los diagramas de los PETS y estándares de sostenimiento.
 - La densidad de soporte (espaciamiento entre pernos o espesor del shotcrete), evidenciada en las recomendaciones brindadas en los proyectos geomecánicos y en campo (cuaderno geomecánico de labor)
 - La distancia que se puede minar antes de instalar el sostenimiento, evidenciada en las recomendaciones geomecánicas (proyectos y cuaderno de labor).
- “Control de calidad de los elementos de sostenimiento”, que se representan con ensayos de pull test (1% al mes como mínimo) de cada tipo de perno empleado en la unidad y pruebas de resistencia a edades tempranas de

shotcrete, propiedades físicas y de resistencia según normativa.

Requerimientos de gestión

Las acciones listadas en el presente protocolo como mínimo cumplen con los requerimientos establecidos por el Ministerio del sector, a través de la “Dirección General de Minería” estableciendo normas y políticas de “Seguridad y Salud Ocupacional” reglamentado en el “DS-024-2016-EM y su modificatoria DS-023-2017- EM”. Asimismo, las medidas aplicadas se encuentran en concordancia con la legislación interna definida por el PPM05 Falla del macizo rocoso y por las normas internas definidas en los PETS y estándares de Geomecánica.

Inspección y monitoreo

Dentro del plan de monitoreo geomecánico de Andaychagua, se encuentra el monitoreo de desplazamientos y deformaciones, lo cuales son los parámetros claves en el proceso de inestabilidad generado por cuñas y sobre-excavaciones. Las inspecciones y monitoreo detectan deformaciones de manera oportuna, de modo que se pueda detectar una caída de roca o movimiento importante lo suficientemente rápido como para alertar y evacuar al personal del área.

Para cumplir con ese propósito, se ha definido la instrumentación, frecuencia, valores límites, TARP y plan de contingencia en caso de observarse una falla potencial.

Es importante señalar que los modos de monitoreo fueron seleccionados en base a la necesidad y recursos con los que cuenta la unidad, los modos de monitoreo se detallan a continuación:

- Estaciones de convergencia

- Extensómetros multipunto
- Levantamiento de puntos con estación total

Tabla 18.
Instrumentación y frecuencia del monitoreo

Tipo de monitoreo	Instrumentación	Criterio	Frecuencia de medición
Monitoreo de desplazamiento y deformaciones	Medición de convergencia	RMR 40 – 60	1 vez por mes
		RMR 30 – 40	2 – 3 veces por mes
		RMR < 30	1 vez por semana
		Zonas de realce y sostenimiento pasivo	1 vez por semana
	Extensómetro multipunto	RMR 40 – 60	1 vez por mes
		RMR 30 – 40	2 – 3 veces por mes
		RMR < 30	1 vez por semana
		Zonas de realce y sostenimiento pasivo	1 vez por semana
	Levantamiento de puntos con estación total	RMR 40 – 60	1 vez por mes
		RMR 30 – 40	2 – 3 veces por mes
		RMR < 30	1 vez por semana
		Zonas de realce y sostenimiento pasivo	1 vez por semana

Funciones, capacitación y recursos

Las funciones detalladas en el presente protocolo son desarrolladas por el personal del área de Geomecánica, conformados por el Superintendente, Ingenieros Geomecánicos, Técnicos Geomecánicos, los cuales están capacitados para desempeñar sus funciones de manera eficaz y competente.

Todo el proceso realizado es documentado y archivado, ya sea de manera física y/o digital. Desde los formatos de mapeos hasta los informes de evaluaciones geomecánicas por proyectos. Asimismo, se programan capacitaciones periódicas para el personal en el tema del PPM05 Falla del macizo rocoso (programa anual de capacitación geomecánica).

4.2.5. Protocolo para retomar en labores paralizadas

geomecánicas por proyectos. Asimismo, se programan capacitaciones

Objetivo

El objetivo de este protocolo es eliminar o minimizar el potencial de fatalidades, lesiones e incidentes resultantes de los riesgos relacionados a retomar actividades en labores paralizadas, ya sea por perturbación del macizo o causas naturales.

Ingeniería geomecánica

Se inicia recolectando información, geológica, estructural y geomecánica, la cual será posteriormente analizada e interpretada para determinar las condiciones de estabilidad de la labor y recomendar las medidas de remediación de ser necesarias.

El principal problema en este tipo de actividades son la alteración del medio debido al tiempo de exposición de la labor y el sostenimiento dañado producto de las condiciones adversas o de abandono de la labor. Es por ello, que se ha visto conveniente la implementación del estándar de rehabilitación de labores antiguas, donde se incluye también las labores de pasivos.

Este proceso contempla las siguientes actividades:

- Caracterización del macizo rocoso: De ser posible una inspección visual de la labor, caso contrario recopilar la información existente de la labor.
- Caracterización estructural: Evidenciar la presencia de estructuras mayores (fallas) y sistemas de discontinuidades.
- Análisis de efectos de reacomodo de esfuerzos (grietas, craquelamiento).
- Análisis de presencia e impacto de aguas subterráneas en la estabilidad.
- Inspección de las condiciones de estabilidad de la labor.

- Identificación de elementos de sostenimiento dañados.
- Recomendación del método de instrumentación y monitoreo geomecánico que evidencia desplazamientos y deformaciones importantes (de ser requeridos previa evaluación geomecánica).

Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Esta evaluación considera los siguientes aspectos: geología, ingeniería geomecánica, hidrogeología y sismicidad. La Evaluación de Riesgos considera como relevante lo siguiente:

- Condición geomecánica de la labor (tipo de roca, discontinuidades, esfuerzos).
- Condiciones físicas de la labor (deformaciones, agrietamientos, desprendimiento de roca etc.)
- Evidencia de sostenimiento con daño significativos (pernos con fisuras o cortados, shotcrete craquelado, etc.)
- Tipo de labor y grado de exposición del personal.

Se desarrollaron Planes de Respuesta ante Alertas (TARP por sus siglas en inglés) de acuerdo al modo de falla analizado. En Andaychagua, se tienen tres sistemas de monitoreo de control desplazamientos y deformaciones, medición de convergencias, extensómetros y levantamiento de puntos topográficos, los cuales cuentan con su TARP respectivo donde se detallan las consideraciones a tomar en caso de los distintos niveles de alertas definidos según la evaluación geomecánica del modo de falla por condición estructural.

Diseño geomecánico

Este proceso contempla el procesamiento de la información obtenida a partir del trabajo de ingeniería geomecánica. El diseño geomecánico se realiza a través de métodos empíricos, analíticos y/o numéricos, para ello se debe asegurar la siguiente:

- Verificación de la información geotécnica (mapeos y caracterizaciones geomecánicas de la labor).
- Revisión de la condición previa y actual de la labor.
- Selección del método de análisis y diseño adecuado para el tipo de falla esperado, tipo de excavación y condiciones geomecánicas.
- En el proceso de diseño geomecánico para la evaluación correspondiente al retomar actividades de labores paralizadas, se requiere la aplicación de los siguientes puntos, previa requerimiento geomecánico:
 - Análisis estructural para la identificación de cuñas potenciales.
 - Simulación numérica para evaluar el comportamiento tenso-deformacional de la labor y determinar la zona alterada.
 - Determinación de las medidas de remediación y/o rehabilitación en base al análisis geomecánico realizado para la labor (plan de trabajo).
 - Determinación del sostenimiento necesario para estabilizar la labor en base a los estándares y procedimientos de la mina.

Todas las medidas dictadas líneas arriba, siguen un proceso secuencial que establece el lineamiento para retomar actividades de labores paralizadas y/o antiguas.

Requerimientos de gestión

Las acciones listadas en el presente protocolo como mínimo cumplen con los requerimientos establecidos por el Ministerio del sector.

Inspección y monitoreo

Como se mencionó anteriormente, se cuenta con el estándar de rehabilitación de labores, en este se detalla la importancia de la inspección previa antes de ejecutar actividad alguna. Asimismo, las funciones del personal de Geomecánica involucran la inspección diaria de labores, la cual sirve de base de datos con información concerniente del estado previo de las labores antes de que hayan sido paralizadas y/o abandonadas.

Dentro del plan de monitoreo geomecánico de Andaychagua, se encuentra el monitoreo de desplazamientos y deformaciones, lo cuales son los parámetros claves en el proceso de inestabilidad generado por cuñas y sobre-excavaciones.

Las inspecciones y monitoreo detectan deformaciones de manera oportuna, de modo que se pueda detectar una caída de roca o movimiento importante lo suficientemente rápido como para alertar y evacuar al personal del área.

Es importante señalar que los modos de monitoreo fueron seleccionados en base a la necesidad y recursos con los que cuenta la unidad, los modos de monitoreo se detallan a continuación:

- Estaciones de convergencia
- Extensómetros multipunto
- Levantamiento de puntos con estación total

Funciones, capacitación y recursos

Las funciones detalladas en el presente protocolo son desarrolladas por el personal del área de Geomecánica, conformados por el Superintendente, Ingenieros Geomecánicos, y Técnicos Geomecánicos, los cuales están capacitados para desempeñar sus funciones de manera eficaz y competente.

4.2.6. Protocolo de control de calidad de elementos de sostenimiento

Objetivo

El objetivo de este protocolo es eliminar o minimizar el potencial de fatalidades, lesiones e incidentes resultantes de los riesgos relacionados con el control de calidad de los pernos y el shotcrete, elementos determinantes para el sostenimiento.

Ingeniería geomecánica

El primer paso es identificar los elementos que se someterán al control de calidad y los métodos que se emplearán para realizarlos. Los elementos de sostenimiento que se someterán a control son los pernos y el shotcrete debido a que constituyen la principal fuente de elementos de soporte que se utilizan en la mina.

El método empleado para evaluar la calidad de los pernos es la evaluación de pull test o arranque, el cual determina la capacidad a la tracción de los pernos y se verifica que cumplan con las especificaciones técnicas brindadas por los proveedores a fin de identificar su correcto funcionamiento y evaluar medidas de control en cuanto a la aplicación/instalación de los mismos o realizar procedimientos de refuerzos en zonas donde se considere conveniente. Es preciso señalar que se cuenta con un estándar y PETS del proceso de prueba de pull test que establece las pautas y requerimientos de este proceso para que sea ejecutados de manera eficiente y óptima

El proceso de pull test considera los siguientes puntos:

- Identificación de las zonas a evaluar, en base a criterios y requerimientos geomecánicos.
- Delimitación del área de trabajo y bloqueo correspondiente.
- Determinación del tipo de prueba (arranque hasta el cumplimiento de la carga nominal o destructiva).
- Registro y ejecución de la prueba de arranque según estándar. Codificación de la zona con evidencia del resultado en campo. Recomendaciones de refuerzo en caso de ser necesario.

En cuanto al shotcrete, las pruebas de calidad incluyen las pruebas físicas y granulometría de los componentes que la conforman a fin de asegurar que el shotcrete cumpla con los requisitos de diseño y se eviten problemas de bombeo o segregación de los elementos. Asimismo, se definen ensayos de resistencia a edades tempranas para determinar el tiempo de fraga para entrar a labor, resistencia a edades de 1, 7, 14, 21 y 28 días; así como ensayos de flexión y absorción de energía. Asimismo, se debe señalar que se cuenta con un estándar y PETS del proceso de lanzado de shotcrete y ensayos de calidad del shotcrete, donde se describen los requerimientos de este proceso para que sea ejecutados de manera eficiente y óptima

El proceso ensayo de resistencia del shotcrete se deben seguir los pasos establecidos en el estándar y PETS señalados, cabe señalar que los ensayos de resistencia a edades tempranas son los que se realizan en las labores por lo que se detallan algunas de las consideraciones más relevantes:

- Identificación de las zonas a evaluar, en base a criterios y requerimientos geomecánicos.

- Delimitación del área de trabajo y bloqueo correspondiente. Registro y ejecución del ensayo según estándar.
- Retiro de los paneles de shotcrete ensayados.
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos
- La Evaluación de Riesgos considera como relevante lo siguiente:
- Condición geomecánica de la labor (tipo de roca, discontinuidades, esfuerzos). Condiciones físicas de la labor (deformaciones, agrietamientos, desprendimiento de roca etc).
- Evidencia de sostenimiento con daño significativos (pernos dañados, shotcrete craquelado, etc).
- Tipo de labor y grado de exposición del personal.

Como se mencionó, se cuenta con estándares y PETS correspondientes para los ensayos de calidad de sostenimiento (ver Anexo 9), los cuales contienen las actividades necesarias para ejecutar los ensayos siguiendo las normas internacionales, los equipos necesarios para desarrollar las pruebas de manera eficiente y medidas de control para evitar accidentes.

Requerimientos de gestión

Las acciones listadas en el presente protocolo como mínimo cumplen con los requerimientos establecidos por el Ministerio del sector.

En base a lo señalado, la frecuencia de ensayos de calidad relacionado a los pernos (pull test), es preciso señalar que estos se realizan de manera mensual y la cantidad de pernos ensayados se encuentra en el orden de 1 a 1.5% del total de pernos instalados en dicho periodo. Es así que en la unidad minera Andaychagua, se

cumple con el requerimiento legal establecido por la normativa peruana, que define la cantidad mínima de 1% del total de elementos instalados que deben someterse a pruebas de arranque.

Por otro lado, respecto al shotcrete, se siguen los criterios que se establecen en la normativa internacional de calidad de sostenimiento con shotcrete para todos los ensayos. Asimismo, dentro del estándar de sostenimiento con shotcrete se establece el valor de 4 MPa de resistencia requerida del shotcrete para ingresar a la labor y continuar con el proceso, es así que la última actualización de dicho estándar permitió definir un tiempo de fragua de 2 horas para reingresar a una labor.

Inspección y monitoreo

Las funciones del personal de Geomecánica involucran la inspección diaria de labores, en las cuales se realiza la verificación de los elementos de sostenimiento, cumplimiento de los estándares de instalación, recomendaciones operativas en caso de evidenciarse algún desvío, retroalimentación a los colaboradores, entre otros.

Asimismo, es importante señalar que Andaychagua cuenta con un plan de monitoreo geomecánico, el cual considera el monitoreo de desplazamientos y deformaciones, los cuales pueden evidenciar algún problema concerniente a los elementos de sostenimiento o condiciones que puedan interferir en una adecuada operación de estos.

Las inspecciones y monitoreo detectan deformaciones de manera oportuna, de modo que se pueda detectar una caída de roca o movimiento importante lo suficientemente rápido como para alertar y evacuar al personal del área.

Para cumplir con ese propósito, se ha definido la instrumentación, frecuencia, valores límites, TARP y plan de contingencia en caso de observarse daño

significativo a los elementos de soporte, todo ello se encuentra detallado en el Plan de Monitoreo Geomecánico de Andaychagua.

Es importante señalar que los modos de monitoreo fueron seleccionados en base a la necesidad y recursos con los que cuenta la unidad, los modos de monitoreo se detallan a continuación:

- Estaciones de convergencia
- Extensómetros multipunto
- Levantamiento de puntos con estación total

Funciones, capacitación y recursos

Las funciones detalladas en el presente protocolo son desarrolladas por el personal del área de Geomecánica, conformados por el Superintendente, Ingenieros Geomecánicos, Técnicos Geomecánicos y Técnicos de control de planta, los cuales están capacitados para desempeñar sus funciones de manera eficaz y competente.

Las herramientas con las que se desarrollan los ensayos son calibradas de manera periódica, el cual considera un tiempo mínimo de 1 año, lo cual garantiza que los registros obtenidos a partir de los ensayos son confiables.

4.2.7. Protocolo de ingreso a labores no sostenidas

Objetivo

El objetivo de este protocolo es eliminar o minimizar el potencial de fatalidades, lesiones e incidentes resultantes de los riesgos relacionados al ingreso a labores no sostenidas.

Ingeniería geomecánica

El primer paso consiste en la recolección de información, geológica, estructural y

geomecánica, la cual será posteriormente analizada e interpretada para determinar las condiciones de estabilidad de la labor y recomendar las medidas de remediación de ser necesarias.

El ingreso a labores no sostenidas está relacionado con labores denominadas pasivos de sostenimiento, esta actividad se encuentra definida en el estándar de rehabilitación de labores antiguas. Andaychagua es una mina antigua, por tal motivo tiene zonas que en su momento no fueron sostenidas adecuadamente y han sufrido el deterioro de los componentes de soporte o en su defecto carecen de elemento alguno. Por tal motivo, es importante definir el protocolo y las medidas correspondientes para mitigar los riesgos relacionados con esta actividad.

Este proceso contempla las siguientes actividades:

- Caracterización del macizo rocoso: De ser posible una inspección visual de la labor, caso contrario recopilar la información existente de la labor.
- Caracterización estructural: Evidenciar la presencia de estructuras mayores (fallas) y sistemas de discontinuidades.
- Análisis de efectos de reacomodo de esfuerzos (grietas, craquelamiento).
Análisis de presencia e impacto de aguas subterráneas en la estabilidad.
Inspección de las condiciones de estabilidad de la labor.
- Identificación de elementos de sostenimiento dañados.
- Recomendación del método de instrumentación y monitoreo geomecánico que evidencia desplazamientos y deformaciones importantes (de ser requeridos previa evaluación geomecánica).
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos

- Esta evaluación considerar los siguientes aspectos: geología, ingeniería geomecánica, hidrogeología y sismicidad. La Evaluación de Riesgos considera como relevante lo siguiente:
- Condición geomecánica de la labor (tipo de roca, discontinuidades, esfuerzos). Condiciones físicas de la labor (deformaciones, agrietamientos, desprendimiento de roca etc.)
- Evidencia de sostenimiento con daño significativos (pernos con fisuras o cortados, shotcrete craquelado, etc.)
- Tipo de labor y grado de exposición del personal.

Se desarrollaron Planes de Respuesta ante Alertas (TARP por sus siglas en inglés) de acuerdo al modo de falla analizado. En Andaychagua, se tienen tres sistemas de monitoreo de control desplazamientos y deformaciones, medición de convergencias, extensómetros y levantamiento de puntos topográficos, los cuales cuentan con su TARP respectivo donde se detallan las consideraciones a tomar en caso de los distintos niveles de alertas definidos según la evaluación geomecánica del modo de falla por condición estructural.

Como se mencionó, se cuenta con un estándar de rehabilitación de labores, el cual establece las pautas y acciones correspondientes para el proceso de remediación de una labor. Asimismo, se cuenta con un plan de monitoreo geomecánico de desplazamientos, deformaciones y sismicidad, los cuales pueden ser empleados en caso de que se crea conveniente y necesario antes de realizar alguna actividad en la labor, tal que se pueda garantizar la seguridad del personal para realizar el proceso de remediación y que el reinicio de las actividades se realice sin ningún inconveniente.

Diseño geomecánico

Este proceso contempla el procesamiento de la información obtenida a partir del trabajo de ingeniería geomecánica. El diseño geomecánico se realiza a través de métodos empíricos, analíticos y/o numéricos, para ello se debe asegurar la siguiente:

- Verificación de la información geotécnica (mapeos y caracterizaciones geomecánicas de la labor).
- Revisión de la condición previa (en caso de existir) y actual de la labor.
- Selección del método de análisis y diseño adecuado para el tipo de falla esperado, tipo de excavación y condiciones geomecánicas.
- En el proceso de diseño geomecánico para la evaluación correspondiente al retomar actividades de labores paralizadas, se requiere la aplicación de los siguientes puntos, previa requerimiento geomecánico:
 - Análisis estructural para la identificación de cuñas potenciales.
 - Simulación numérica para evaluar el comportamiento tenso-deformacional de la labor y determinar la zona alterada.
 - Determinación de las medidas de remediación y/o rehabilitación en base al análisis geomecánico realizado para la labor.
 - Determinación del sostenimiento necesario para estabilizar la labor en base a los estándares y procedimientos de la mina.

Todas las medidas dictadas líneas arriba, siguen un proceso secuencial que establece el lineamiento para el ingreso a labores sin sostenimiento.

Requerimientos de gestión

Las acciones listadas en el presente protocolo como mínimo cumplen con los requerimientos establecidos por el Ministerio del sector.

Inspección y monitoreo

Como se mencionó anteriormente, se cuenta con el estándar de rehabilitación de labores, en este se detalla la importancia de la inspección previa antes de ejecutar actividad alguna.

Dentro del plan de monitoreo geomecánico de Andaychagua, se encuentra el monitoreo de desplazamientos y deformaciones, los cuales pueden brindar información valiosa para determinar el grado de inestabilidad de una zona determinada.

Las inspecciones y monitoreo detectan deformaciones de manera oportuna, de modo que se pueda detectar una caída de roca o movimiento importante lo suficientemente rápido como para alertar y evacuar al personal del área.

Para cumplir con ese propósito, se ha definido la instrumentación, frecuencia, valores límites, TARP y plan de contingencia en caso de observarse una falla potencial, todo ello se encuentra detallado en el Plan de Monitoreo Geomecánico de Andaychagua.

Es importante señalar que los modos de monitoreo fueron seleccionados en base a la necesidad y recursos con los que cuenta la unidad, los modos de monitoreo se detallan a continuación:

- Estaciones de convergencia Extensómetros multipunto
- Levantamiento de puntos con estación total

Funciones, capacitación y recursos

Las funciones detalladas en el presente protocolo son desarrolladas por el personal del área de Geomecánica, conformados por el Superintendente, Ingenieros Geomecánicos, y Técnicos Geomecánicos, los cuales están capacitados para desempeñar sus funciones de manera eficaz y competente.

4.2.8. Protocolo para monitoreo micro-sísmico

La actividad sísmica está asociada a la alteración del estado y distribución de esfuerzos en la mina. Asimismo, la sismicidad puede ser utilizada para estimar el proceso de fractura durante el proceso de explotación y validar las predicciones de los modelos geomecánicos.

En la unidad minera Andaychagua, no se tiene registros de eventos por estallido de roca debido a que no presenta las características necesarias para que se dé este tipo de suceso; sin embargo, debido a la generación de aberturas, distribución espacial de las mismas, esfuerzos inducidos y su reacomodo, actividades en proceso de profundización y condiciones estructurales (presencia de fallas), se ha visto conveniente la implementación de un plan de monitoreo sísmico para evaluar la actividad sísmica dentro de las operaciones y su efecto en la estabilidad.

Actualmente, en la unidad Andaychagua, no se cuenta con un sistema de monitoreo sísmico debido a que no se tienen reportes oficiales de evento alguno relacionado con sismicidad inducida. Es por ello que se ha preparado un plan de implementación por Fases, detallado más adelante, que será ejecutado por fases, Fase 1 y Fase 2, y de manera progresiva de acuerdo a las necesidades de la unidad, en el cual, se puedan reportar los eventos y determinar sus características respectivas (magnitud y velocidad).

Plan de implementación de monitoreo sísmico

El plan de implementación de monitoreo sísmico está compuesto por tres fases: Fase 1 (evaluación cualitativa), Fase 2 (instrumentación) y Fase 3 (implementación). Para la unidad Andaychagua se ha planificado la implementación de las dos primeras fases hasta mayo del 2020, y será evaluada según requerimiento operativo.

FASE 1

Se realizará una evaluación cualitativa, que consistirá en lo siguiente:

- Formatos de reporte al personal sobre ruidos y eventos asociados a sismicidad inducida.
- Sensibilización al personal de mina Generación de un TARP

Generación de Formatos de Reporte

En este sentido, se plantea la creación de formatos como el “Reporte de actividad sísmica” para el personal de mina. El reporte a emplear no debe basarse en aspectos geomecánicos para hacerlo disponible a todo el personal de la mina y generar una base de datos que vaya registrando cada observación desde la perspectiva mínima de ubicación espacial y tipo de observación. Este catálogo “cualitativo” de observaciones entregará valiosa información al cruzarse contra la data cuantitativa que generará el sistema de monitoreo micro-sísmico, a la vez que permitirá desarrollar una cultura de autocuidado y alerta en todo el personal de la mina.

Figura 18.
Reporte de actividad sísmica

REPORTE DE ACTIVIDAD SÍSMICA FECHA Y HORA: _____ LUGAR: _____ NOMBRE DEL REPORTANTE: _____ ACTIVIDAD QUE REALIZABA: _____					
QUE INTENSIDAD DE EVENTO REPORTA					
GRADO	INTENSIDAD DEL EVENTO	PRESCRIPCIÓN SONORA (AUDITIVA)	CONSECUENCIAS DEL EVENTO (EN LA ROCA)	DESCRIPCIÓN	MARQUE "X"
1	Suave	Sonido	Relajamiento sin proyección de roca	Se escucha uno o varios sonidos a pocos o varios metros del origen, no se evidencia daño en el macizo rocoso y/o sostenimiento.	
2	Moderado	Sonido Leve	Daños al Macizo Rocoso sin proyección de roca	Se escucha uno o varios sonidos/crujidos, se evidencia agrietamiento en el macizo rocoso y fisuramiento/ craquelamiento en el Shotcrete.	
3	Fuerte	Sonido Fuerte con movimiento	Reventazón con proyección de roca	Empuje de roca en ángulo de reposo, con corte o daño de pernos y/o cables, desprendimiento de planchuelas de cables, desprendimiento de mallas electrosoldadas o mallas cargadas con material movilizado.	
4	Muy Fuerte	Sonido intenso con movimiento	Estallido con proyección de roca	La roca es expulsada en forma violenta con proyección de sostenimiento, generado por movimiento sísmico capaz de sentirse a más de 1 km de hipocentro.	

DESCRIPCIÓN DEL EVENTO: _____

Sensibilización del personal de la mina

En línea con lo indicado anteriormente, se considera relevante difundir al interior de la organización el escenario que se abre hacia el futuro de la operación, en el sentido que la microsismicidad y su importancia en la estabilidad de las excavaciones y seguridad del personal.

FASE 2

Paralelo a los reportes del periodo de Fase 1, se debe de tener un plan de instrumentación como mínimo de 04 geófonos sea portátiles o permanentes el cual inicie en un lapso de evaluación de 03 meses el cual indique lo siguiente:

Identificación de eventos sísmicos (Magnitud y velocidad) Ubicación de eventos sísmicos (Epicentro)

Generación de un TARP

Implementación de sostenimiento dinámico si requiere

Generación de un TARP

La Generación de un TARP es importante para que el personal de interior mina tenga las acciones claras frente a un evento sísmico y poder catalogarlo según nivel de atención que corresponde

Tabla 19.
TARP para monitoreo sísmico.

	Normal	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
TRIGGER	<p>El registro del monitoreo no evidencia actividad significativa.</p> <p>Se registra un valor de PES menor a 50 kJ/m³, y un b-value mayores a 1.1</p>	<p>El evento sísmico se produce en una zona alejada o aislada (no activa).</p> <p>No hay heridos, ni incidente de alto riesgo potencial (HPRI).</p> <p>Se registra un valor de PES entre 100 y 150 kJ/m³, y un b-value entre 1.0 y 1.1</p>	<p>Incidente de alto riesgo potencial registrado.</p> <p>Se registra evento sísmico con o sin evidencia física de daño en el macizo rocoso.</p> <p>Se registra un valor de PES entre 100 y 150 kJ/m³, y un b-value entre 0.9 y 1.0.</p>	<p>HPRI: Personal herido o incapacitado.</p> <p>Se registra evento sísmico con evidencia física de daño en el macizo rocoso y/o sostenimiento. Acceso es bloqueado debido al evento sísmico que provocó proyección de roca.</p> <p>Se registra un valor de PES mayor a 200 kJ/m³, y un b-value menor a 0.9.</p>
Personal de mina	<ul style="list-style-type: none"> Realizar el IPERC e inspección del lugar de trabajo. Continuidad de la actividad. Informar al supervisor de evidenciar alguna condición. 	<ul style="list-style-type: none"> Bloquear la labor. Notificar al supervisor or. Llenar el formato de reporte de actividad sísmica. 	<ul style="list-style-type: none"> Evacuar a una zona segura. Bloquear la labor. Notificar al supervisor or. Llenar el formato de reporte de actividad sísmica. 	<ul style="list-style-type: none"> Evacuar a una zona segura. Bloquear la labor. Reportar la emergencia a la central según el protocolo. Llenar el formato de reporte de actividad sísmica.
	Normal	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Ingeniero de Operaciones	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Levantar las condiciones u observaciones registradas. Asegurar las condiciones del área de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Verificar el bloqueo y asegurar con el cumplimiento de acuerdo al estándar. Contactar con el equipo amarillo de respuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> Formar parte del equipo de respuesta naranja. Inspeccionar el área de trabajo y verificar que no haya personal. Verificar el bloqueo y asegurar con el cumplimiento de acuerdo al estándar. Contactar por radio para comunicar la restricción de acceso a la zona afectada. Notificar al gerente de unidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área de trabajo. Verificar el bloqueo y asegurar con el cumplimiento de acuerdo al estándar. Formar parte del equipo rojo de respuesta. Seguir el protocolo de respuesta de emergencia. Participar de la elaboración del plan de remediación o

				acción.
Ingeniero geomecánico	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el área de trabajo. • Recolectar información para la base de datos. • Continuar con el monitoreo programado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar parte del equipo amarillo de respuesta. • Reunirse con los supervisores del área operativa. • Inspeccionar el área y brindar recomendaciones pertinentes de ser necesario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar parte del equipo de respuesta naranja. • Analizar la información del monitoreo y validación. • Inspeccionar el área, realizar la evaluación del daño y determinar el plan de acción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar parte del equipo rojo de respuesta. • Seguir el protocolo de respuesta de emergencia. • Analizar la información del monitoreo y validación.
			<ul style="list-style-type: none"> • Notificar a la gerencia del plan y de los resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración del plan de remediación o acción. • Notificar a la gerencia del plan y de los resultados.
Ingeniero de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el área de trabajo. • Comunicar de evidenciar alguna observación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el área. • Formar parte del equipo amarillo de respuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el área. • Formar parte del equipo de respuesta naranja. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar parte del equipo rojo de respuesta. • Seguir el protocolo de respuesta de emergencia. • Realizar seguimiento del cumplimiento de las medidas recomendadas.
Gerente de unidad			<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el plan de acción y reportar el evento a las distintas áreas operativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar parte del equipo rojo de respuesta. • Seguir el protocolo de respuesta de emergencia. • Validar el plan de remediación generado.

FASE 3

En esta fase, se desarrolla la implementación del sistema de monitoreo sísmico completo debido a que se tiene identificado claramente la magnitud y ubicación de los eventos. Para la unidad Andaychagua, como se mencionó líneas arriba se ha programado la implementación de la Fase 1 y 2, de acuerdo con lo obtenido se analizará la necesidad o no de pasar a la Fase 3.

Tabla 20.
Cronograma de implementación de monitoreo sísmico.

Plan de implementación de monitoreo sísmico por fases		
Andaychagua	Octubre	Noviembre
Fase 1		
Fase 2		
Fase 3		
Planeado		

4.2.9. Protocolo para el uso de softwares geomecánico

Objetivo

El objetivo de este protocolo es establecer los lineamientos y criterios para el uso de softwares geomecánicos para evaluaciones geomecánicas.

Ingeniería geomecánica

El primer paso consiste en la recolección de información, geológica, estructural y geomecánica, la cual será posteriormente analizada e interpretada con los softwares geomecánicos. En Andaychagua, se emplean el paquete de programas de Rocscience que está conformado por Dips, RocData, Unwedge, Phase2 y RS3.

El proceso de uso de softwares geomecánicos contempla los siguientes puntos:

- Caracterización del macizo rocoso: De ser posible una inspección visual de la labor, caso contrario recopilar la información existente de la labor.
- Caracterización estructural: Evidenciar la presencia de estructuras mayores (fallas) y sistemas de discontinuidades.
- Identificación del modo de falla potencial.

- Selección del software adecuado para la evaluación.

Diseño geomecánico

Este proceso contempla el procesamiento de la información obtenida a partir del trabajo de ingeniería geomecánica. El diseño geomecánico se realiza a través de modelamientos y evaluaciones con los softwares, para ello se debe asegurar la siguiente:

- Verificación de la información geotécnica (mapeos y caracterizaciones geomecánicas de la labor).
- Selección del software apropiado para la evaluación geomecánica.
- Definir los criterios de aceptabilidad, tales como factor de seguridad o probabilidad de falla.
- Definir los parámetros de análisis, tales como esfuerzos principales, factor de resistencia, deformaciones, factor de reducción de esfuerzos (SSR), entre otros.
- Aplicación del software, mediante corridas y/o simulaciones.
- Análisis de resultados e interpretaciones.
- Retro-análisis para corroborar el modelo (en caso de considerar necesario).
- Emisión de informe con resultados y recomendaciones.

Requerimientos de gestión

Las acciones listadas en el presente protocolo como mínimo cumplen con los requerimientos establecidos por el Ministerio del sector.

Funciones, capacitación y recursos

Las funciones detalladas en el presente protocolo son desarrolladas por el personal del área de Geomecánica, conformados por el Superintendente, Ingenieros

Geomecánicos, y Técnicos Geomecánico, los cuales están capacitados para desempeñar sus funciones de manera eficaz y competente.

Asimismo, el personal cuenta con un programa anual de capacitación para reforzar los conocimientos en el uso de programas de simulación y modelamiento geomecánico.

4.2.10. Protocolos de diseño de soporte

Objetivo

El objetivo de este protocolo es establecer los lineamientos y criterios para diseñar el soporte de excavaciones en las labores mineras.

Ingeniería geomecánica

El primer paso consiste en la recolección de información, geológica, estructural y geomecánica, la cual será posteriormente analizada e interpretada para la generación del diseño de soporte necesario para la estabilización de excavaciones.

Este proceso contempla las siguientes actividades:

- **Caracterización del macizo rocoso:** mapeo geomecánico por celdas y logeo geotécnico de sondajes, donde se registra información litológica, distribución de discontinuidades, clasificación del macizo rocoso en sistemas RMR, Q y GSI.
- **Caracterización estructural:** Determinación de propiedades de las

discontinuidades, orientación y buzamiento, persistencia, espaciamiento, resistencia superficial, relleno y meteorización.

- Ensayos de laboratorio que determinen las propiedades físicas y de resistencia de la roca.
- Determinación de dominios geomecánicos y estructurales.
- Determinación y/o estimación del campo de esfuerzos.
- Análisis de presencia e impacto de aguas subterráneas en la estabilidad.

Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Esta evaluación considerar los siguientes aspectos: geología, ingeniería geomecánica, hidrogeología y sismicidad. La Evaluación de Riesgos considera como relevante lo siguiente:

- Diseño y características geométricas de la excavación (temporal, permanente o tajeo).
- Determinación del modo de falla del macizo rocoso.
- Exposición del personal.
- Evaluación de cuñas y/o modelamiento numérico.
- Dimensionamiento de cuñas y sobre-roturas probables.
- Sistemas de sostenimiento (malla y espaciamiento).
- Elementos de refuerzo adicionales.
- Diseño geomecánico

Este proceso contempla el procesamiento de la información obtenida a partir del trabajo de ingeniería geomecánica. El diseño geomecánico de sostenimiento se

realiza a través de métodos empíricos, analíticos y numéricos, para ello se debe asegurar la siguiente:

- Verificación de la información geotécnica a utilizar.
- Revisión del proyecto de aberturas (geometrías y orientaciones).
- Análisis estructural con proyecciones estereográficas para la identificación de cuñas.
- Determinación de aberturas máximas para excavaciones temporales y permanentes.
- Selección del método de análisis (empírico, analítico o numérico) adecuado para el tipo de falla esperado, tipo de excavación y condiciones geomecánicas.
- Análisis cinemático de cuñas y determinación de ápex de cuñas.
- Análisis tenso-deformacional para determinar zonas de alteración o plastificadas.
- Verificar los criterios de aceptación en base a los riesgos asociados y tipos de excavaciones.
- Determinación del sostenimiento necesario para asegurar la estabilidad mediante un FS aceptable de acuerdo al tipo de excavación y labor.

Para el diseño del sostenimiento determinado en el paso anterior, se debe asegurar lo siguiente:

- Las propiedades físicas de los componentes del sostenimiento, detalladas en los PETS y estándares correspondientes.
- Definir un factor de seguridad que garantice la estabilidad de la labor

mediante la aplicación del sostenimiento recomendado.

- La secuencia de instalación del sostenimiento.
- La densidad de soporte (espaciamiento entre pernos o espesor del shotcrete),

Todas las medidas dictadas líneas arriba, siguen un proceso secuencial que establece el lineamiento diseñar el sistema de soporte.

Requerimientos de gestión

Las acciones listadas en el presente protocolo como mínimo cumplen con los requerimientos establecidos por el Ministerio del sector.

Funciones, capacitación y recursos

Las funciones detalladas en el presente protocolo son desarrolladas por el personal del área de Geomecánica, conformados por el Superintendente, Ingenieros Geomecánicos, Técnicos Geomecánicos y Técnicos de control de planta, los cuales están capacitados para desempeñar sus funciones de manera eficaz y competente. Asimismo, el personal cuenta con las herramientas necesarias para aplicar los análisis y diseño de soporte.

4.2.11. Protocolo de generación de TARPS

Objetivo

El objetivo de este protocolo es establecer los lineamientos y criterios la generación de TARPS.

La Generación de un TARP (Trigger Action Response Plan) es importante para que el personal de interior mina tenga las acciones claras frente a un determinado evento y poder catalogarlo según nivel de atención que corresponda.

Consiste en un conjunto de peligros documentados y conocidos, en el lugar de

trabajo, que deben ser verificados continuamente. Asimismo, Permite pre-clasificar el nivel de riesgo y definir la persona responsable que realizará la inspección acuerdo al plan. Una vez que se identifica el riesgo, se activa un proceso de remediación que escalará el problema al nivel de responsabilidad requerido para enfrentar dicho riesgo.

El objetivo del TARP es garantizar que las zonas de acceso o trabajo sean evaluadas exhaustivamente antes del ingreso del personal; así como, identificar los riesgos relacionados con la caída de rocas y garantizar que reciba la atención adecuada al nivel adecuado de gestión y experiencia.

Ingeniería geomecánica

El primer paso consiste en la recolección de información, geológica, estructural y geomecánica, la cual será posteriormente analizada e interpretada. Los riesgos relacionados al sistema TARP se clasifican en tres componentes:

Riesgo menor – Verde: Se puede manejar el nivel de riesgo y rectificar según el estándar de mina para continuar con las actividades normalmente. Se registrarán las acciones tomadas (en caso de haber) en el documento de declaración de seguridad.

Riesgo moderado – Amarillo: Se detiene la actividad y se bloquea la labor, el “equipo amarillo” es llamado para brindar asistencia. El equipo está conformado por el Superintendente de Geomecánica y/o ingeniero geomecánico, Superintendente de mina y/o jefe de guardia, y líder de equipo y / o representante de salud y seguridad, quienes evaluarán la situación y elaborarán un plan de remediación adecuado y lo comunicarán al equipo completo.

Riesgo moderado-alto – Naranja: Se detiene la actividad y se bloquea la labor, el “equipo anaranjado” es llamado para brindar asistencia. El equipo está conformado

por el Superintendente de Geomecánica y/o ingeniero geomecánico, Superintendente de mina y/o jefe de guardia, y líder de equipo y / o representante de salud y seguridad, quienes evaluarán la situación y elaborarán un plan de remediación adecuado y lo comunicarán al equipo completo.

Riesgo alto – Rojo: Se paraliza la actividad y se bloquea la labor o zona, se llama al "equipo amarillo" para solicitar asistencia. Este equipo, además de los miembros del equipo Amarillo, incluye al Gerente de Unidad, un profesional calificado en Ingeniería de Rocas y Geólogo. Se realiza una evaluación de la situación y las acciones correctivas se registran en un informe TARP. Solo una vez que Superintendente de mina o Gerente haya firmado y validado que se han cumplido las medidas correctivas establecidas, el trabajo puede retomarse.

Diseño geomecánico

Este proceso contempla el procesamiento de la información obtenida a partir del trabajo de ingeniería geomecánica. El diseño geomecánico de generación de TARPS involucra las siguientes tareas:

- Analizar la información (reportes e informes) sobre la actividad de interés para establecer lineamientos base que servirán de guía para definir los niveles de riesgo.
- Definir los responsables y participantes de la actividad a analizar.
- Establecer los rangos de valores de los parámetros que servirán para clasificar los niveles de riesgo para la actividad en cuestión.
- Definir los niveles de riesgo de acuerdo a la criticidad.
- Definir los grupos de respuesta de acuerdo a los niveles de riesgos.

- Definir las acciones a tomar por parte del personal involucrado en la actividad, desde el nivel más bajo hasta las cabezas de gestión (superintendentes y gerentes) para cada nivel de riesgo identificado.

Requerimientos de gestión

Las acciones listadas en el presente protocolo como mínimo cumplen con los requerimientos establecidos por el Ministerio del sector.

Funciones, capacitación y recursos

Las funciones detalladas en el presente protocolo son desarrolladas por el personal del área de Geomecánica, conformados por el Superintendente, Ingenieros Geomecánicos, y personal involucrado de acuerdo a la naturaleza de la actividad a analizar, los cuales están capacitados para desempeñar sus funciones de manera eficaz y competente.

4.2.12. Protocolo para análisis geomecánico de tajeos

Objetivo

El objetivo de este protocolo es establecer los lineamientos y criterios para el análisis geomecánico de tajeos

Ingeniería geomecánica

El primer paso consiste en la “recolección de información geológica, estructural y geomecánica del macizo rocoso” que contiene el análisis, en este caso, a los tajeos.

El proceso de análisis geomecánico de tajeos contempla los siguientes puntos:

- Caracterización del macizo rocoso circundante a los tajeos.
- Caracterización estructural: Evidenciar la presencia de estructuras mayores (fallas) y sistemas de discontinuidades.

- Identificación del modo de falla potencial.
- Método empírico de gráfico de estabilidad modificada (MGE).
- Método numérico tenso-deformacional (Phase2, RS3).
- Interpretación.

Diseño geomecánico

Este proceso contempla el procesamiento de la información obtenida a partir del trabajo de ingeniería geomecánica. Para el análisis geomecánico de tajeos, se aplicarán las siguientes actividades.

- Verificación de la información geotécnica (mapeos y caracterizaciones geomecánicas de la labor).
- Selección del software apropiado para la evaluación geomecánica (2D o 3D).
- Definir los criterios de aceptabilidad, tales como factor de seguridad o probabilidad de falla.
- Geometría real de las excavaciones proyectadas y actuales.
- Aplicación del “método gráfico de estabilidad” modificado para el dimensionamiento de los tajeos (aberturas máximas) y sistema de cable bolting (de ser necesario).
- Definir los parámetros de análisis, tales como esfuerzos principales, factor de resistencia, deformaciones, factor de reducción de esfuerzos (SSR), entre otros.
- Modelamiento numérico para la evaluación del nivel de estabilización de las excavaciones y secuencias de minado.

- Proponer medidas de optimización para controlar la estabilidad mediante modificaciones en las secuencias de minado, dimensiones de tajeos, relleno, etc.
- Análisis de resultados e interpretaciones.
- Retro-análisis para corroborar el modelo (en caso de considerar necesario).
- Emisión de informe con resultados y recomendaciones.

Requerimientos de gestión

Las acciones listadas en el presente protocolo como mínimo cumplen con los requerimientos establecidos por el Ministerio del sector.

Funciones, capacitación y recursos

Las funciones detalladas en el presente protocolo son desarrolladas por el personal del área de Geomecánica, conformados por el Superintendente, Ingenieros Geomecánicos, Técnicos Geomecánicos, los cuales están capacitados para desempeñar sus funciones de manera eficaz y competente. Asimismo, el personal cuenta con un programa anual de capacitación para reforzar los conocimientos en el uso de programas de simulación y modelamiento geomecánico.

4.3. Prueba de hipótesis

Debido a que nuestra investigación tiene un diseño descriptivo, donde haremos una propuesta en base a la información que podemos recoger de la empresa u otras empresas sobre nuestro tema de investigación del “control de calidad de los elementos de sostenimiento para la fortificación de las labores mineras en la mina andaychagua” y no esperemos resultados más que lo que proponemos.

Actualmente se viene aplicando la propuesta planteada en la unidad, mediante los

controles como, los programas e inspecciones, control de calidad a los elementos sostenimiento, los protocolos geomecánicos de sostenimiento y garantizando realizar un adecuado sostenimiento, se evidencia que hay una gran reducción de accidentes producidos en la unidad durante el año, ocasionados por la falla del macizo rocoso o desprendimiento de rocas.

4.4. Discusión de resultados

En las labores mineras que se realizó en la mina Andaychagua se puede observar en forma regular inestabilidades de la masa rocosa especialmente del techo, así como en las rampas, tajeos, subniveles, en la que es materia de establecer un control y plan de trabajo para evitar lesiones e incidentes de los riesgos que pueden existir.

Para poder afrontar estos inconvenientes se planteó una serie de alternativas y una de ellas es el control de la calidad de los elementos de sostenimiento. Dentro de estos controles se planteó la siguiente propuesta.

A. Programas e inspecciones

- Programa de inspecciones sectores productivos e infraestructura
- Programa de levantamiento de pasivos
- Protocolo de comunicaciones de las inspecciones y las alertas Reporte y resultados inspecciones de guardias y diarias Reporte y resultados inspecciones mensuales
- Reporte inspecciones e infraestructura Inspecciones geomecánicas a pasivos

B. Control de calidad a los elementos de sostenimiento

- Control de calidad del hormigón lanzado (Shotcrete)

- Control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting Control geomecánico del sostenimiento

C. Protocolos geomecanicos para el sostenimiento

- Protocolo para retomar actividades en labores paralizadas Protocolo de control de calidad de elementos de sostenimiento Protocolo de ingreso a labores no sostenidas
- Protocolo para monitoreo micro-sísmico Protocolo para el uso de softwares geomecánico
- Protocolos de diseño de soporte Protocolo de generación de TARPS
- Protocolo para análisis geomecánico de tajeos
- Programas e inspecciones
- Programa de inspecciones sectores productivos e infraestructura

Vemos que las inspecciones se realizan por parte del grupo operativo de la mina y la gerencia, donde se inspecciona el estado del sostenimiento de todas labores que hay en el interior mina, mediante una programación establecida.

- Programa de levantamiento de pasivos
- Se viene realizando todos los trabajos de sostenimiento del programa de rehabilitación desde el Nv 540 hasta el Nv 800
- Protocolo de comunicaciones de las inspecciones y las alertas

Las comunicaciones de las inspecciones y alertas se realizan de dos maneras una subir la inspección al sistema SSOMAC y el otro reportarlo directamente o vía correo a operaciones para su levantamiento

- Reporte y resultados inspecciones de guardias y diarias

Las inspecciones geomecánicas de labores se realiza de manera diaria y en cada guardia, la información y recomendaciones se plasman en un reporte de observaciones de inspecciones, donde se detalla la clasificación geomecánica, verificación de calidad y recomendaciones de sostenimiento, según estándar, de todas las labores visitadas durante la jornada

- Reporte y resultados inspecciones mensuales

Se realiza las inspecciones a los pasivos evidenciando el antes y después del estado de las labores, para verificar el estado de avance del levantamiento de observaciones realizadas

- Reporte inspecciones e infraestructura

Estas inspecciones se realizan a todas las infraestructuras dentro de mina como sub estación, talleres, vestidores, comedores, etc. Para poder verificar su estado geomecánico en la que se encuentran.

- Inspecciones geomecánicas a pasivos

Esta referido a las inspecciones en línea o los llamados “Check list” de las labores, esto es inspecciones geotécnicas de las labores

D. Control de calidad a los elementos de sostenimiento

- Control de calidad del hormigón lanzado (Shotcrete)

En esta propuesta se planteó controlar los parámetros para utilizar el shotcrete, teniendo como referencias los parámetros normativos vigentes en el Perú y en el extranjero, para lo cual se debe realizar un control de la calidad en forma continua, bajo un plan y un cronograma.

En este control se verificará los requisitos de los materiales como el cemento, los agregados, agua y otros aditivos, estos deben cumplir con la normativa: “NTP 334.009 2011 y NTP 400.037.2014”.

Los agregados deben cumplir con la norma NTP 400.012:2001 el tamaño recomendado para una malla 100 ASTM esta entre 2 a 10 mm, el porcentaje de arcilla debe ser de 1% como máximo.

En Los aditivos se debe trabajar con un solo proveedor de preferencia y debe cumplir con los requisitos establecidos como homogeneidad, color, densidad, Ph, contenidos de cloruros, comportamiento a la corrosión.

Los paneles para ensayos de flexo tracción, deberán ser de madera terciada de mínimo 18 mm, o de acero inoxidable de mínimo 4 mm espesor, indeformables, idealmente rigidizadas. Dimensiones 60x60 cm de fondo, espesor mínimo de 10 cm.

En cuanto a los controles y propiedades del shotcrete que se debe considerar en los trabajos tenemos:

Trabajabilidad

“Facilidad de colocación, consolidación y acabado del hormigón y el grado que resiste a la segregación”

Temperaturas de trabajo

La temperatura del shotcrete debe esta entre 15°C a 30°C ideal 20°C

Resistencia a Compresión

Presenta tres tipos de resistencia a la compresión, resistencia inicial que es menor a 1.5 MPa en un tiempo de 0 a 3 hrs, resistencia temprana de 3 a 20 MPa en un tiempo

de 3 a 24 hrs, y resistencia final de 10 a 100 MPa en un tiempo de 3 a 28 días.

Adherencia

Es la propiedad que consiste en la: “resistencia de unión entre una capa de hormigón y un sustrato adyacente”

Densidad

“la masa por una unidad de volumen”. En condiciones normales este factor en el hormigón oscila de los 2.100 a 2.500 kg/m³.

Durabilidad

Es la capacidad de resistencia a “las condiciones de acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión”, influyen varios factores como su permeabilidad, resistencia a congelación deshielo, resistencia a los sulfatos, resistencia a los álcalis y sílice.

Control de Rebote

El rebote no debe exceder del 10%.

Control del Espesor

El espesor proyectado del shotcrete debe estar en 2” en condiciones normales. Y de acuerdo a la normativa: “EN 14488 – 6”.

Control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting

El control de calidad de los pernos y cable bolting se hará el control mediante las pruebas de arranque (Pull Test), alineado con D.S. N° 023-2017-EM.

El control de calidad para los pernos de anclaje consiste en: Instalación del equipo Pull Test

Inicio y Registro de información de Ensayo Pull test Desinstalación del Equipo Pull Test

E. Control geomecánico del sostenimiento

- **Control geomecánico**

Va a comprender la identificación de probables riesgos, se debe realizar la evaluación para determinar los controles de seguridad que serán las más efectivos para contrarrestarlas, evadirlas o tratar de disminuir el daño potencial que puedan generar.

En estos controles se ha seguido la siguiente secuencia:

Objetivo

- Ingeniería geomecánica
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos
- Diseño geomecánico
- Requerimientos de gestión
- Inspección y monitoreo
- Funciones, capacitaciones y recursos

Control para cuñas y bloques mayores

En el proceso de diseño geomecánico para la evaluación correspondiente al análisis de falla por caída de cuñas y sobre-excavación se requiere la aplicación de los siguientes puntos:

- Análisis estructural con proyecciones estereográficas Análisis de direcciones preferenciales

- Determinación de aberturas máximas Dimensionamiento de tajeos de explotación Simulación numérica de aberturas
- Simulación numérica para evaluar el sostenimiento en excavaciones
Aplicación de la cartilla GSI de sostenimiento
- Emisión de la evaluación geomecánica con el análisis completo

Protocolo para retomar actividades en labores paralizadas

El principal problema en este tipo de actividades son la alteración del medio debido al tiempo de exposición de la labor y el sostenimiento dañado producto de las condiciones adversas o de abandono de la labor. Es por ello, que se ha visto conveniente la implementación del estándar de rehabilitación de labores antiguas, donde se incluye también las labores de pasivos.

Protocolo de control de calidad de elementos de sostenimiento

El primer paso es identificar los elementos que se someterán al control de calidad y los métodos que se emplearán para realizarlos. Los elementos de sostenimiento que se someterán a control son los pernos y el shotcrete debido a que constituyen la principal fuente de elementos de soporte que se utilizan en la mina.

Protocolo de ingreso a labores no sostenidas

El ingreso a labores no sostenidas está relacionado con labores denominadas pasivos de sostenimiento, esta actividad se encuentra definida en el estándar de rehabilitación de labores antiguas. Andaychagua es una mina antigua, por tal motivo tiene zonas que en su momento no fueron sostenidas adecuadamente y han sufrido el deterioro de los componentes de soporte o en su defecto carecen de elemento alguno. Por tal motivo, es importante definir el protocolo y las medidas

correspondientes para mitigar los riesgos relacionados con esta actividad

Protocolo para monitoreo micro-sísmico

En la unidad minera Andaychagua, no se tiene registros de eventos por estallido de roca debido a que no presenta las características necesarias para que se dé este tipo de suceso; sin embargo, debido a la generación de aberturas, distribución espacial de las mismas, esfuerzos inducidos y su reacomodo, actividades en proceso de profundización y condiciones estructurales (presencia de fallas), se ha visto conveniente la implementación de un plan de monitoreo sísmico para evaluar la actividad sísmica dentro de las operaciones y su efecto en la estabilidad

Protocolo para el uso de softwares geomecánico

El primer paso consiste en la recolección de información, geológica, estructural y geomecánica, la cual será posteriormente analizada e interpretada con los softwares geomecánicos. En Andaychagua, se emplean el paquete de programas de Rocscience que está conformado por Dips, RocData, Unwedge, Phase2 y RS3.

Protocolos de diseño de soporte

El primer paso consiste en la recolección de información, geológica, estructural y geomecánica, la cual será posteriormente analizada e interpretada para la generación del diseño de soporte necesario para la estabilización de excavaciones

Protocolo de generación de TARPS

El plan de respuesta ante alertas (TARPS), Consiste en un conjunto de peligros documentados y conocidos, en el lugar de trabajo, que deben ser verificados continuamente. Asimismo, Permite pre-clasificar el nivel de riesgo y definir la persona responsable que realizará la inspección acuerdo al plan. Una vez que se identifica el riesgo, se activa un proceso de remediación que escalará el problema

al nivel de responsabilidad requerido para enfrentar dicho riesgo.

Protocolo para análisis geomecánico de tajeos

El primer paso consiste en la “recolección de información geológica, estructural y geomecánica del macizo rocoso” que contiene el análisis, en este caso, a los tajeos.

CONCLUSIONES

1. En las labores mineras que se realiza en la mina Andaychagua se puede observar en forma regular inestabilidades de la masa rocosa especialmente del techo, así como en las rampas, tajeos, subniveles, en la que es materia de establecer un control y plan de trabajo para evitar lesiones e incidentes de los riesgos que pueden existir.
2. La propuesta de control de calidad que se plantea de los elementos de sostenimiento para fortificar las labores se basa en tres aspectos que vienen a ser.
 - Programas e inspecciones
 - Control de la calidad de los elementos de sostenimiento
 - Protocolos geomecanicos para el sostenimiento
3. En cuanto a los programas e inspecciones se planteó las siguientes acciones:
 - Programa de inspecciones sectores productivos e infraestructura.
 - Programa de levantamiento de pasivos.
 - Protocolo de comunicaciones de las inspecciones y las alertas.
 - Reporte y resultados inspecciones de guardias y diarias.
 - Reporte y resultados inspecciones mensuales.
 - Reporte inspecciones e infraestructura.
 - Inspecciones geomecánicas a pasivos.
4. Referente al control de calidad a los elementos de sostenimiento fue dirigido a los sostenimientos más empleados en las labores mineras como son:
 - Control de calidad del hormigón lanzado (Shotcrete).

- Control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting Control geomecánico del sostenimiento.
5. En lo concerniente a los Protocolos geomecánicos para el sostenimiento se trabajó mediante protocolos los cuales son:
- Protocolo para retomar actividades en labores paralizadas.
 - Protocolo de control de calidad de elementos de sostenimiento.
 - Protocolo de ingreso a labores no sostenidas
 - Protocolo para monitoreo micro-sísmico.
 - Protocolo para el uso de softwares geomecánico Protocolos de diseño de soporte.
 - Protocolo de generación de TARPS.
 - Protocolo para análisis geomecánico de tajeos.

RECOMENDACIONES

1. Esta propuesta conjuntamente con el plan de gestión de control de terreno, debe ser de uso cotidiano en las operaciones mineras subterráneas de la Unidad Andaychagua y debe ser utilizado por todo el personal
2. En la aplicación de esta propuesta se tendrá en cuenta las responsabilidades y los requisitos de todo el personal involucrado en el control del macizo rocoso.
3. Se debe proporcionar a la Unidad Andaychagua, los parámetros de seguridad para controlar los peligros respecto a la Falla del Macizo Rocosó y las operaciones mineras.
4. Se debe mantener el ancho y la altura de los tajeos dentro de los parámetros establecidos en los cálculos de la geomecánica desarrollados para cada unidad de operación.
5. Informar, instruir y capacitar con respecto al conocimiento de los riesgos y controles de falla de macizo rocoso y realizar evaluaciones de competencias. Proveer a la supervisión de competencias y capacidades en estos temas.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ BLANCO, J. (2018). CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA PARA EL ANÁLISIS DE PERNOS HYDRABOLT EN EL SOSTENIMIENTO DE LABORES SUBTERRÁNEAS COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA. [tesis de licenciatura, U.N.D. Alcides Carrión]repositorio institucional U.N.D. Alces Carrión.
- ❖ CORNEJO, C. (2020). Concreto lanzado para optimizar el sostenimiento y costos operativos en una excavación minera subterránea, Yauli-Oroya. [tesis de licenciatura, U. Cesar Vallejo]repositorio institucional U. Cesar Vallejo.
- ❖ ESCRIBA, E. (2018). [tesis de licenciatura, U. N. San Agustín de Arequipa]repositorio institucional U.N. San Agustín de Arequipa.
- ❖ GUILLERMO, K. (2020). OPTIMIZACIÓN DE CAPEX - OPEX EN SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS MEDIANTE PERNOS HYDRABOLT Y MALLA ELECTROSOLDADA EN LA EMPRESA MINERA ARAPA S.A.C. – AREQUIPA – 2019. [tesis d licenciatura, U.N. del Altiplano]repositorio institucional U.N. del Altiplano - Puno.
- ❖ GUTIERREZ, E. (2019). APLICACIÓN DE SOSTENIMIENTO ACTIVO Y PASIVO EN ETAPAS INICIALES DE LA OPERACIÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD Y LA SEGURIDAD, UNIDAD MINERA EL PORVENIR EMPRESA INCIMMET. [tesis de licenciatura, U.N. San Agustín de Arequipa]repositorio institucional U.N. San Agustín de Arequipa.

- ❖ Instituto Geológico y Minero de España. (1987). Manual de perforación y voladura de rocas. Instituto Geológico y Minero de España.

- ❖ MELBYE, T. (1994). Shotcrete para soporte de rocas. Degussa Construction Chemicals.

- ❖ NINA, D. (2019). USO DE CABLE BOLTING PARA EXPLOTACIONES MINERAS. [Trabajo de suficiencia profesional, U.N.del Altiplano]repositorio U.N. del Altiplano Puno.

- ❖ Osinergmin. (2017). Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas. INVERSIONES IAKOB S.A.C.

- ❖ OYARZUN, R. (2011). Introducción a la geología de minas Exploración & Evaluación. Ediciones GEMM - Aula2punto.net.

- ❖ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). Diccionario de la lengua española, 23.a ed., [versión 23.4 en línea]. Recuperado el 06 de 06 de 2021, de <https://dle.rae.es>

- ❖ REPUBLICA DE COLOMBIA. (2003). Glosario técnico minero. Ministerio de Minas y Energía.

- ❖ SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA. (2004). Manual de geomecánica aplicado a la prevención de accidentes por caída de rocas.

ANEXOS

ANEXO 1: INSTRUMENTOS DE RECOJO DE INFORMACIÓN

Formato de inspecciones geomecánicas- reporte diario

VOLCAN ANDAVACACIA		DIRECCION GENERAL				PUNTO DE VIGILANCIA: Jefe de Desplazamiento Andavacacia		LEGENDA DE RIESGO					
NIVEL	VEGA	LUNAR	EVALUACION RIESGO	CLASIFICACION DE RIESGOS			UBICACION DE LA LARVA	MENSAJE Y TIPO DE RIESGOS	RESPONSABLE	FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE	FECHA DE VIGILANCIA	ESTADO DE LA LARVA	
				SE	NE	TE							
ZONA BAJA													
186	ATAVACACIA	TEJADA	1	CP. MRE. CP. SE. CP. MRE. CP. SE. CP. MRE. CP. SE.	CP. MRE. CP. SE.	CP. MRE. CP. SE.	CP. MRE. CP. SE.	CP. MRE. CP. SE.	CP. MRE. CP. SE.	CP. MRE. CP. SE.	CP. MRE. CP. SE.	CP. MRE. CP. SE.	CP. MRE. CP. SE.
186	ATAVACACIA	CAN 186	1	MRE	SE	TE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
186	ATAVACACIA	ACUQUE	1	MRE	SE	TE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE

Formato de reporte de inspecciones de pasivos (grupo soporte)

VOLCAN		INSPECCIÓN DE PASIVOS GRUPO DE SOPORTE										LEGENDA DE RIESGO	
FALLA MACIZO ROCOSO													
RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN													
Nº	FECHA	NIVEL	LUNAR	OBSERVACION	RIESGO	RIESGO CRITICO	RECOMENDACION	RESPONSABLE (S)	PLAZO DE EJECUCION	% CUMPL.	ANTES (Foto)	DESPUES (Foto)	ACCION REALIZADA
0	20/03/2018	1300	Inspección en 1000 y 800 (1) a 10 metros de la falla	Se observa el conducto rocoso en la falla, se observa un estado de conservación completo, no se observa presencia de agua en la zona.	10	Fallos menores	Revisar el pericardio y revisar de estructura con cables, colocación de pernos hidráulicos de 7 filos espaciados a 1.0 m.	Daniel Caceres / Marco Lora	10 de mayo	100%			Se realizó el diagnóstico y se revisó con el equipo 2"
1	20/03/2018	1300	800 Proyección en 800	Presencia de 10 toneladas en greda en las 200 del lado.	10	Fallos menores	Revisar pericardio y revisar de estructura.	Daniel Caceres / Marco Lora	10 de mayo	100%			Se realizó el diagnóstico y se revisó con el equipo 2"
2	20/03/2018	1225	Inspección en la 800 (1)	Observación al lado de la zona, presencia de 10 toneladas de la estructura del agua en el lado.	10	Fallos menores	Revisar el pericardio y revisar de estructura, colocación de cables en la zona.	Daniel Caceres / Marco Lora	10 de mayo	100%			Se realizó el diagnóstico y se revisó con el equipo 2"
4	20/03/2018	1225	Inspección en la 800 (1) a 10 metros de la falla	Se observa el conducto rocoso en la zona del conducto y zona, con altura mayor a 2 m, estructura con cables del conducto en presencia en un lado de la zona.	10	Fallos menores	Revisar el pericardio en las 200 y revisar de estructura, colocar el conducto con el equipo 2" + MRE + TE, hidráulico + estructura 2"	Daniel Caceres / Marco Lora	20 de mayo	100%			Se completó el mantenimiento preventivo
5	20/03/2018	1300	Inspección en 800 (1) y 800 (2)	Se observa el conducto rocoso al lado de la zona, a 2.00 m del lado.	10	Fallos menores	Revisar pericardio de estructura y revisar de estructura 2".	Daniel Caceres / Marco Lora	10 de mayo	100%			Se realizó el diagnóstico y se revisó con el equipo 2"
6	20/03/2018	1300	Aus 1200	Se observa el conducto al lado de la zona, estructura de cables.	10	Fallos menores	Revisar pericardio y revisar de estructura.	Daniel Caceres / Marco Lora	10 de mayo	100%			Se realizó el diagnóstico y se revisó con el equipo 2"

Formato de Reporte de inspección a la zona del comedor en interior mina

VOLCAN		FORMATO				CODIGO: F-IND-0014					
		REPORTE DE INSPECCION				VERSIÓN: 01					
						FECHA: 21 de 01					
RAZÓN SOCIAL	RUC	SERVICIO	ACTIVIDAD ECONOMICA	Nº TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL	SEVERIDAD	IMPACTO	MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS				
MINERA S.A.	20274858	San Juan de Ambato, Píscos, Departamento	Mina		1 Catastrófica	Defecto Extremo	1 2 3 4 5 11				
AREA	PROFESIONISTA	RESPONSABLE DEL AREA	Jefe de Oficina	INSPECTOR	2 Catastrófica	Defecto Mayor	6 9 12 15				
COMITÉ INSPECTOR		COMITÉ INSPECTOR		SEGUROS AUTOSERVICIO	3 Peligrosa	Defecto Moderado	8 10 13 16 20				
NOMBRE Y APELLIDOS	CARGO	FIRMA	NOMBRE Y APELLIDOS	CARGO	FIRMA	4 Temperada	14 18 21 24 25				
						5 Menor	15 17 19 22 26 27				
FECHA: 14/04	HORA: 10:00	FECHA: 14/04	HORA: 10:00	TIPO DE INSPECCION		FRECUENCIA					
COMITÉ INSPECTOR		COMITÉ INSPECTOR		Puede ser: No Planada [X] Olla []		Suave: Continuada, Ha Suavizado, Poca Suavizado, Rara que Suaviza, Procedible que Suaviza					
CODIGO ZONAL:		CODIGO ZONAL:		TITULO:		SISTEMA DE CONTROL					
CUANTO DE LA INSPECCION											
CONTAR HORIZONTALMENTE EN SU ESTADO PARA REALIZAR LOS TABULOS											
Nº	NIVEL	LUGAR	ORGANIZACIÓN	PMAC	PMI / RIESGO CRITICO	RECOMENDACIÓN	RESPONSABLE (R)	PLAZO DE EJECUCIÓN	% CUMPL.	AVISO (RAC)	ORDEN (RAC)
1	NIVEL 1108	SALA DE REUNIONES	Se observa que en esta habitación el ambiente en la sala de reuniones.		FALLA DE TERMINO SUSTRATO	Realizar el detalle para limpiar mejor el ambiente de la sala.	Jefe de Oficina CP. MINA	IMEDIATO	100%		
2	NIVEL 1108	INTERIORES A ZONA DE LAVADO COMEDOR	No se ingresó en la zona donde se debe hacer uso de ambiente de ventilación de ambientes.		FALLA DE TERMINO SUSTRATO	Realizar detalle mejorado, para limpiar mejor el ambiente de la sala.	Jefe de Oficina CP. MINA. SERVICIO	IMEDIATO	100%		
3	NIVEL 1108	COMEDOR	Se observa que en la zona donde se realiza el servicio de alimentos, ambiente de ventilación de ambientes.		FALLA DE TERMINO SUSTRATO	Realizar el detalle de zona húmeda y proteger mejor.	Jefe de Oficina CP. MINA	IMEDIATO	100%		

Formato de inspección de pasivos lineales

VOLCAN		CHECK LIST DE EVALUACIÓN DE PASIVOS				Codigo: 150MAC	
		Fecha de Inspección				Fecha de actualización	
		Empresa				Labor	
Ejecutar check list, esta basado en los criterios y parámetros de evaluación de conexiones, referencias de planos							
Criterios de Evaluación	Bajo	Puntuación	Moderada	Puntuación	Alta	Puntuación	
Nivel de Arriete de Alta Tracción	< 90%	3	70% - 90%	3	70% >	4	
Abertura de la Intersección (Españ)	< 10m	3	10m a 10m	3	10m a 10m	3	
Techo Plano (Falta de Curvatura en la Corona)	3.0m	2	3.0m	3	3.0	3	
Calidad de Acero	Muy Buena (BMB - 60)	2	Buena (BMB 40 - 60)	2	Regular (BMB 20 - 40)	1	
Juntas, Puntos, Aberturas, etc	Perpendicular a la labor	0	Inclinada con la labor	1	Faltas paralelas a la labor	1	
Tiempo de Abertura	< 6 meses	2	< 3 años	1	Entre 3 años	1	
Presencia de agua	Seco	0	Grave	1	Flejo considerable	1	
Placas de los pernos de anclaje	Secas	0	Graves	3	Graves / Dobladas	0	
Estado del perno de Anclaje (Corrosión)	en-corrosión	0	Moderada - Ligera	6	Alta	0	
Tipos de pernos de anclaje	Helicoidal / C/Ano Bulking	5	Helicoidal/Suavlex	6	SRI SRI	11	
Suporte de Malla Electroconductiva (Corrosión)	en-corrosión	0	Moderada - Ligera	5	Alta	0	
Perfil superior de la Malla Electroconductiva (Rugosidad, Abierta, en-Cable, etc)	Cebolla el mayor radio en sección completa	0	Mal Cebolla / Trajeado y rugoso	5	Enchufe con material / rugoso	0	
Suporte de Malla (Orientación)	< 8 mm	5	2.5 - 8 mm	4	> 2.5 mm	0	
Perfil superior del alambre (Anclamiento de alambre)	Sección Completa / espesor en "I"	5	Cumple el 80% de la sección	5	Cumple el 80% de la sección	0	
Tipo de Intersección		2	Seguro	3	Cruz	4	
Vista en Planta de la labor				Vista en Sección			
Observaciones				Calificación de Riesgos			
				81 - 60			
				40 - 59			
				30 - 39			
				Alto Riesgo			
				Mediano Riesgo			
				Bajo Riesgo			

Reporte de actividad sísmica

REPORTE DE ACTIVIDAD SÍSMICA

FECHA Y HORA: LUGAR:

.....

NOMBRE DEL REPORTANTE:

.....

ACTIVIDAD QUE REALIZABA:

.....

QUE INTENSIDAD DE EVENTO REPORTA:

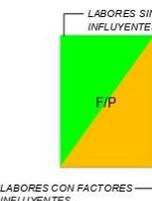
GRADO	INTENSIDAD DEL EVENTO	PRESCRIPCIÓN SONORA (AUDITIVA)	CONSECUENCIAS DEL EVENTO (EN LA ROCA)	DESCRIPCIÓN	MARQUE "X"
1	Suave	Sonido	Relajamiento sin proyección de roca	Se escucha uno o varios sonidos a pocos o varios metros del origen, no se evidencia daño en el macizo rocoso y/o sostenimiento	
2	Moderado	Sonido Leve	Daños al Macizo Rocosos sin proyección de roca	Se escucha uno o varios sonidos/crujidos, se evidencia agrietamiento en el macizo rocoso y fisuramiento/ craquelamiento en el Shotcrete.	
3	Fuerte	Sonido Fuerte con movimiento	Reventazón con proyección de roca	Empuje de roca en ángulo de reposo, con corte o daño de pernos y/o cables, desprendimiento de planchuelas de cables, desprendimiento de mallas electrosoldadas o mallas cargadas con material movilizado.	
4	Muy Fuerte	Sonido intenso con movimiento	Estallido con proyección de roca	La roca es expulsada en forma violenta con proyección de sostenimiento, generado por movimiento sísmico capaz de sentirse a más de 1 km de hipocentro.	

DESCRIPCIÓN DEL EVENTO:

Tabla 21.
GSI

RECOMENDACION DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI)		CONDICIÓN SUPERFICIAL				
MINA ANDAYCHAGUA PARA LABORES TEMPORALES DE 3.5 A 10.00 m bajo techo A SHOTCRETE 2" a 5" ESPECIAL / PERNO EXPANSIVO 7" SISTEMÁTICO O PUNTUALES. B PERNO EXPANSIVO 7" MALLA+PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2x1.2m /O SHOTCRETE 2"/(M). C SHOTCRETE 2"/(M)+ PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M. /O SHOTCRETE 3" ESPECIAL (7"/M). D SHOTCRETE 2"/(M) + PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M. E SHOTCRETE 2"/(M)+MALLA + PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M./O SHOTCRETE 2" + MALLA + PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M. + SHOTCRETE 2"/(5/7) 1/0 CABLE BOLTING. F SHOTCRETE 2"/(5/7)(M)+MALLA + PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M + SHOTCRETE 2"/(5/7) O SHOTCRETE 2" + CARRAS CH6. PARA LABORES PERMANENTES A SHOTCRETE 2" a 5" ESPECIAL / PERNO EXPANSIVO 7" SISTEMÁTICO O PUNTUALES. B PERNOS EXPANSIVOS 7" SISTEMÁTICO /O MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2. C SHOTCRETE 2"/(M) + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.5 x 1.5M. /O MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2. D SHOTCRETE 2"/(5/7)(M) + MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2M. E SHOTCRETE 2"/(5/7) (F/M) + MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2M + SHOTCRETE 2"/(5/7) 1/0 CABLE BOLTING. F SHOTCRETE 2"/(5/7) (F/M) + MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2M + SHOTCRETE 2"/(5/7), O SHOTCRETE 2" + CARRAS CH6.		CONDICIÓN SUPERFICIAL BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION. (RC 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA E.M. VOLCÁNICO) REGULAR (MODER. RESIST., LEVE A MODER. ALTER.) DISCONTINUIDADES LISAS, MOD. ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (RC 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA E.M. FILA-VOLCÁNICO) POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) DISCONTINUIDADES MUY ABIERTAS, MOD. ALTERADA, O CON FRAGMENTOS DE ROCA (RC 25 A 50 MPa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE E.M. FIL. SATU/VOL. ARG.) MUY POBRE (MUY BLANDA, EXTREMAD. ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (RC < 25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE E.M. GAUNGE DE FALLAS)				
ESTRUCTURA 		70	F/B	F/R	F/P	-
		60	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
		50	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP
		-	-	T/P	T/MP	-

U. P. ANDAYCHAGUA V N°06
G.S.I.



TODA INTERSECCIÓN DE LABORES, INDEPENDIEMENTE DEL TIEMPO DE LA LABOR Y LA CALIDAD DE LA ROCA, TIENE QUE LLEVAR SOSTENIMIENTO PESADO (SHOTCRETE 2" C/F+ MALLA ELECTROSOLDADA + PERNO EXPANSIVO 1.20 X 1.20 m + SHOTCRETE 2" S/F)

LA INSTALACIÓN DE CABLES BOLTING DE 6 y 9 m SE REALIZARÁ EN LOS TAJOS SLS y UCF, O DONDE EL ÁREA DE GEOMECÁNICA LO CONSIDERE NECESARIO PARA REFORZAR LA ESTABILIDAD DE LA LABOR CON SUSTENTO TÉCNICO GEOMECÁNICO

TIPO DE ROCA

TIPO	ÍNDICE "GSI"	ÍNDICE "RMR"	ÍNDICE "Q"	CALIDAD DE ROCA	TIEMPO DE AUTOSOPORTE
I	F/MB, LF/MB, LF/B	81 - 100	55 - 500	Muy Buena	8 Meses Aprox.
II	F/B, LF/R, F/R	61 - 80	6 - 55	Buena	2 Meses Aprox.
III A	MF/R, MF/B	51 - 60	2 - 6	Regular	1 Mes Aprox.
III B	MF/P, F/P	41 - 50	0.6 - 2	Regular	2 Semanas Aprox.
IV A	IF/R	31 - 40	0.2 - 0.6	Mala	60 Horas Aprox.
IV B	IF/P, MF/MP	21 - 30	0.07 - 0.2	Mala	20 Horas Aprox.
V	IF/MP, T/MP	< 20	< 0.07	Muy Mala	8 Horas Aprox.

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD PARA EL SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS
 CUANDO EN EL AVANCE DE LAS LABORES MINERAS SE ENCUENTRE ROCAS INCOMPETENTES SE PROCEDERÁ A SU SOSTENIMIENTO INMEDIATO ANTES DE CONTINUAR LAS PERFORACIONES EN EL FRENTE DE AVANCE APLICANDO EL PRINCIPIO DE "LABOR AVANZADA, LABOR SOSTENIDA".

EN EL PLAN DE MINADO DEBEN CONSIDERARSE LAS CONDICIONES MAS DESFAVORABLES DE LA MASA ROCOSA PARA ELEGIR EL METODO DE EXPLOTACION DE MENOR RIESGO QUE PERMITA LA SEGURIDAD DEL PERSONAL, MAQUINARIAS, ESTABILIDAD DE LAS EXCAVACIONES Y LA BUENA PRODUCTIVIDAD.

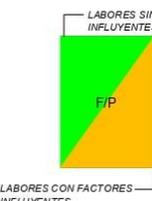
CONSIDERAR INSPECCIONAR LAS LABORES, VERIFICAR LAS CONDICIONES DEL TERRENO ANTES DE ENTRAR A LA ZONA NO SOSTENIDA, DESATAR Y ELIMINAR TODAS LAS ROCAS SUELTAS ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LOS CICLOS DE MINADO, CONSERVAR EL ORDEN Y LIMPIEZA EN EL ÁREA DE TRABAJO Y TENER LAS SALIDAS DE ESCAPE DESPEJADAS.

LOS SOPORTES PARA LOS TECHOS, PAREDES Y/O PISOS DEBEN UBICARSE DE MANERA UNIFORME RESPETANDO LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO ESTABLECIDAS EN LA RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA.

ES NECESARIO COMPRENDER QUE UN BUEN SOSTENIMIENTO SE DEFINE EN: "COLOCAR EL SOSTENIMIENTO ADECUADO EN EL MOMENTO OPORTUNO"; "METRO AVANZADO, METRO SOSTENIDO"

RECOMENDACION DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO EN FUNCIÓN DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI)		CONDICIÓN SUPERFICIAL				
MINA ANDAYCHAGUA PARA LABORES TEMPORALES DE 3.5 A 10.00 m bajo techo A SHOTCRETE 2" a 5" ESPECIAL / PERNO EXPANSIVO 7" SISTEMÁTICO O PUNTUALES. B PERNO EXPANSIVO 7" MALLA+PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2x1.2m /O SHOTCRETE 2"/(M). C SHOTCRETE 2"/(M)+ PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M. /O SHOTCRETE 3" ESPECIAL (7"/M). D SHOTCRETE 2"/(M) + PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M. E SHOTCRETE 2"/(M)+MALLA + PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M./O SHOTCRETE 2" + MALLA + PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M. + SHOTCRETE 2"/(5/7) 1/0 CABLE BOLTING. F SHOTCRETE 2"/(5/7)(M)+MALLA + PERNOS EXPANSIVO 7" 1.2 x 1.2M + SHOTCRETE 2"/(5/7) O SHOTCRETE 2" + CARRAS CH6. PARA LABORES PERMANENTES A SHOTCRETE 2" a 5" ESPECIAL / PERNO EXPANSIVO 7" SISTEMÁTICO O PUNTUALES. B PERNOS EXPANSIVOS 7" SISTEMÁTICO /O MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2. C SHOTCRETE 2"/(M) + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.5 x 1.5M. /O MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2. D SHOTCRETE 2"/(5/7)(M) + MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2M. E SHOTCRETE 2"/(5/7) (F/M) + MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2M + SHOTCRETE 2"/(5/7) 1/0 CABLE BOLTING. F SHOTCRETE 2"/(5/7) (F/M) + MALLA + PERNOS EXPANSIVOS 7" 1.2 x 1.2M + SHOTCRETE 2"/(5/7), O SHOTCRETE 2" + CARRAS CH6.		CONDICIÓN SUPERFICIAL BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION. (RC 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA E.M. VOLCÁNICO) REGULAR (MODER. RESIST., LEVE A MODER. ALTER.) DISCONTINUIDADES LISAS, MOD. ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (RC 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA E.M. FILA-VOLCÁNICO) POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) DISCONTINUIDADES MUY ABIERTAS, MOD. ALTERADA, O CON FRAGMENTOS DE ROCA (RC 25 A 50 MPa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE E.M. FIL. SATU/VOL. ARG.) MUY POBRE (MUY BLANDA, EXTREMAD. ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (RC < 25 MPa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE E.M. GAUNGE DE FALLAS)				
ESTRUCTURA 		70	F/B	F/R	F/P	-
		60	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
		50	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP
		-	-	T/P	T/MP	-

U. P. ANDAYCHAGUA V N°06
G.S.I.



TODA INTERSECCIÓN DE LABORES, INDEPENDIEMENTE DEL TIEMPO DE LA LABOR Y LA CALIDAD DE LA ROCA, TIENE QUE LLEVAR SOSTENIMIENTO PESADO (SHOTCRETE 2" C/F+ MALLA ELECTROSOLDADA + PERNO EXPANSIVO 1.20 X 1.20 m + SHOTCRETE 2" S/F)

LA INSTALACIÓN DE CABLES BOLTING DE 6 y 9 m SE REALIZARÁ EN LOS TAJOS SLS y UCF, O DONDE EL ÁREA DE GEOMECÁNICA LO CONSIDERE NECESARIO PARA REFORZAR LA ESTABILIDAD DE LA LABOR CON SUSTENTO TÉCNICO GEOMECÁNICO

TIPO DE ROCA

TIPO	ÍNDICE "GSI"	ÍNDICE "RMR"	ÍNDICE "Q"	CALIDAD DE ROCA	TIEMPO DE AUTOSOPORTE
I	F/MB, LF/MB, LF/B	81 - 100	55 - 500	Muy Buena	8 Meses Aprox.
II	F/B, LF/R, F/R	61 - 80	6 - 55	Buena	2 Meses Aprox.
III A	MF/R, MF/B	51 - 60	2 - 6	Regular	1 Mes Aprox.
III B	MF/P, F/P	41 - 50	0.6 - 2	Regular	2 Semanas Aprox.
IV A	IF/R	31 - 40	0.2 - 0.6	Mala	60 Horas Aprox.
IV B	IF/P, MF/MP	21 - 30	0.07 - 0.2	Mala	20 Horas Aprox.
V	IF/MP, T/MP	< 20	< 0.07	Muy Mala	8 Horas Aprox.

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD PARA EL SOSTENIMIENTO DE LABORES MINERAS
 CUANDO EN EL AVANCE DE LAS LABORES MINERAS SE ENCUENTRE ROCAS INCOMPETENTES SE PROCEDERÁ A SU SOSTENIMIENTO INMEDIATO ANTES DE CONTINUAR LAS PERFORACIONES EN EL FRENTE DE AVANCE APLICANDO EL PRINCIPIO DE "LABOR AVANZADA, LABOR SOSTENIDA".

EN EL PLAN DE MINADO DEBEN CONSIDERARSE LAS CONDICIONES MAS DESFAVORABLES DE LA MASA ROCOSA PARA ELEGIR EL METODO DE EXPLOTACION DE MENOR RIESGO QUE PERMITA LA SEGURIDAD DEL PERSONAL, MAQUINARIAS, ESTABILIDAD DE LAS EXCAVACIONES Y LA BUENA PRODUCTIVIDAD.

CONSIDERAR INSPECCIONAR LAS LABORES, VERIFICAR LAS CONDICIONES DEL TERRENO ANTES DE ENTRAR A LA ZONA NO SOSTENIDA, DESATAR Y ELIMINAR TODAS LAS ROCAS SUELTAS ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LOS CICLOS DE MINADO, CONSERVAR EL ORDEN Y LIMPIEZA EN EL ÁREA DE TRABAJO Y TENER LAS SALIDAS DE ESCAPE DESPEJADAS.

LOS SOPORTES PARA LOS TECHOS, PAREDES Y/O PISOS DEBEN UBICARSE DE MANERA UNIFORME RESPETANDO LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO ESTABLECIDAS EN LA RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA.

ES NECESARIO COMPRENDER QUE UN BUEN SOSTENIMIENTO SE DEFINE EN: "COLOCAR EL SOSTENIMIENTO ADECUADO EN EL MOMENTO OPORTUNO"; "METRO AVANZADO, METRO SOSTENIDO"

ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Propuesta de Control de la Calidad de los Elementos de Sostenimiento Para la Fortificación de las Labores Mineras en la Mina Andaychagua

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
<p>Principal</p> <p>¿Qué propuestas se planteará para el “Control de la calidad de los elementos de sostenimiento” para la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Qué propuesta se planteará para el Control de calidad del hormigón lanzado (Shotcrete) en la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua?</p> <p>¿Qué propuesta se planteará para el Control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting en la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua?</p>	<p>General</p> <p>Plantear una propuesta de control de la calidad de los elementos de sostenimiento para la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a) Plantear una propuesta de control de calidad del hormigón lanzado (Shotcrete) en la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua.</p> <p>b) Plantear una propuesta de control de calidad para pernos de anclaje y cables bolting en la fortificación de las labores mineras en la Mina Andaychagua.</p>	<p>Debido a que nuestra investigación tiene un diseño descriptivo, donde haremos una propuesta en base a la información que podemos recoger de la empresa u otras empresas sobre nuestro tema de investigación del control de calidad del sostenimiento y no esperemos resultados más que lo que proponemos.</p> <p>Hipótesis general</p> <p>No aplica.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>No aplica.</p>	<p>Variable Para la hipótesis general</p> <p>Control de calidad de elementos de sostenimiento.</p> <p>Variable para la hipótesis específicas a.</p> <p>Control de calidad. Concreto lanzado (shotcrete).</p> <p>Variable para la hipótesis específicas b.</p> <p>Control de calidad. Pernos de anclaje y cable bolting</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>La evaluación presentada en este proyecto de tesis, será de tipo aplicado, porque la investigación es descriptiva sobre el control de calidad del sostenimiento en la mina Andaychagua.</p> <p>El nivel de la investigación es descriptivo.</p> <p>El método que emplearemos es deductivo, inductivo y de análisis y síntesis.</p> <p>El diseño de este trabajo es cualitativo no experimental porque investigaremos en base a la información que hay sobre sostenimiento en la mina, información de otras minas, la normatividad, estándares, procedimiento sobre sostenimiento y no haremos ningún experimento o implementación.</p>	<p>Población</p> <p>El grupo poblacional está conformado por toda la tipología del sostenimiento que se emplea en las labores mineras y donde se aplique el sostenimiento.</p> <p>Muestra</p> <p>La muestra que se tomó para la investigación es el sostenimiento con shotcrete, pernos, cable bolting, que se aplica en galerías y cruceros de la mina.</p>

ANEXO N° 3: FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Validación de Instrumento

Nombre del Experto:

Profesión:

Teniendo como base los criterios mencionados en la ficha de recolección de información, se solicita su opinión sobre el instrumento que se adjunta. Marcando con una X (aspa) en SI o NO en cada criterio según su opinión. Marque SI, cuando el Ítem cumple con el criterio señalado o NO cuando no cumpla con el criterio.

			OPINIÓN
CRITERIOS	SI	NO	Observación
1.El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación			
2. El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio			
3. La estructura del instrumento es adecuado			
4. Los ítems del instrumento responden a la operacionalización de variables			
5. La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento			
6. Los ítems son claros y entendibles			
7. El número de ítems es adecuado para su aplicación			

Aportes o sugerencias para mejorar el instrumento:

--

Firma

ANEXO 4: VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD POR ING. AYLAS JARA E.

Validación de Instrumento

Nombre del Experto: ELMER JESUS AYLAS JARA.

Profesión : INGENIERO DE MINAS.

Teniendo como base los criterios mencionados en la ficha de recolección de información, se solicita su opinión sobre el instrumento que se adjunta.

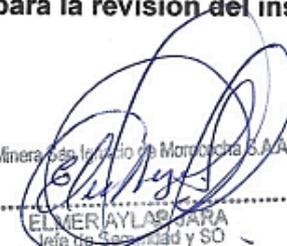
Marcando con una X (aspa) en SI o NO en cada criterio según su opinión.

Marque SI, cuando el Ítem cumple con el criterio señalado o NO cuando no cumpla con el criterio.

CRITERIOS	OPINIÓN		Observación
	SI	NO	
1.El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación	X		
2. El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio	X		
3. La estructura del instrumento es adecuado	X		
4. Los ítems del instrumento responden a la operacionalización de variables	X		
5. La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento	X		
6. Los ítems son claros y entendibles	X		
7. El número de ítems es adecuado para su aplicación	X		

Aportes o sugerencias para mejorar el instrumento:

- 1) Definir la revisión del instrumento periódicamente, para adicionar mejoras en el proceso.
- 2) Participación de todos los expertos para la revisión del instrumento.

Cia Minera San Isidro de Morococha S.A.A.

.....
ELMER AYLAS JARA
Jefe de Seguridad y SO
CIP. 98946

**ANEXO N°5. FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR ING.
SÁNCHEZ ESPINOZA E.**

Validación de Instrumento

Nombre del Experto: SANCHEZ ESPINOZA EDWIN

Profesión: Ingeniero de Minas

Teniendo como base los criterios mencionados en la ficha de recolección de información, se solicita su opinión sobre el instrumento que se adjunta. Marcando con una X (aspa) en SI o NO en cada criterio según su opinión. Marque SI, cuando el Ítem cumple con el criterio señalado o NO cuando no cumpla con el criterio.

			OPINIÓN
CRITERIOS	SI	NO	Observación
1.El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación	X		
2. El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio	X		
3. La estructura del instrumento es adecuado	X		
4. Los ítems del instrumento responden a la operacionalización de variables	X		
5. La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento	X		
6. Los ítems son claros y entendibles	X		
7. El número de ítems es adecuado para su aplicación	x		

Aportes o sugerencias para mejorar el instrumento:

--



Mg. Edwin Elías Sánchez Espinoza

Firma

ANEXO 6: VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

VALIDEZ DE CONTENIDO: JUICIO DE EXPERTOS

luego de solicitar la evaluación mediante la ficha de expertos, a 2 Ingenieros Expertos en el tema, se procedió a calcular el grado de concordancia entre las respuestas de los expertos de cada ítem.

VALIDACION			
ITEM	EXPERTO 1	EXPERTO 2	PUNTAJE
1	1	1	2
2	1	1	2
3	1	1	2
4	1	1	2
5	1	1	2
6	1	1	2
7	1	1	2
TOTAL	7	7	14

Total, de acuerdo: 14, Total en desacuerdo: 0, Total de respuestas: 14

Observamos que el grado de concordancia es en un 100% (14/14) por lo que se considera validos los ítems planteados, por lo que afirmamos que los instrumentos son validos y es concordante su aplicación.